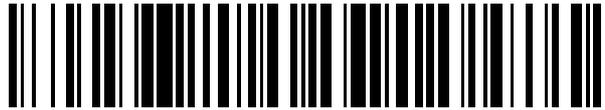


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 421**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.10.2012 PCT/EP2012/069667**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.04.2013 WO13050502**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2012 E 12767023 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 2764239**

54 Título: **Procedimiento para operar una central de energía eólica y central de energía eólica correspondiente**

30 Prioridad:

05.10.2011 DE 102011054211

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

13.12.2017

73 Titular/es:

**KENERSYS INDIA PVT. LTD. (100.0%)
Westin Business Plaza, 7th Floor, 36/3B, North
Main Road, Koregaon Park Annexe, Pune 411001
MAH , IN**

72 Inventor/es:

**COSACK, NICOLAI y
BECKMANN, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 646 421 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 operar una central de energía eólica y central de energía eólica correspondiente

La invención se refiere a un procedimiento para operar una central de energía eólica con un rotor y un generador conectado al rotor para emitir una potencia eléctrica a una red eléctrica. El rotor mencionado presenta palas de rotor cuyos ángulos de pala (ángulos de paso) α se pueden desplazar durante la operación para regular el número de revoluciones n del rotor. Además, el rotor se frena de manera forzada con un número de revoluciones n por encima de un límite del número de revoluciones n_{lim} que limita la central de energía eólica (CEO) a través de un aumento de los ángulos de pala α con un índice de desplazamiento de ángulo de palas positivo prefijado ω_r . A este respecto, el índice de desplazamiento de ángulo de palas positivo prefijado es particularmente un índice de desplazamiento de ángulo de palas positivo de valor máximo posible $\omega_r \text{ máx}$.

Además, la invención se refiere a una central de energía eólica correspondiente (CEO) con un rotor que presenta palas de rotor, un dispositivo de control y/o de regulación, un dispositivo de determinación del número de revoluciones conectado con tecnología de señales a un dispositivo de control y/o de regulación para determinar el número de revoluciones n del rotor, por lo menos un dispositivo de ajuste de parámetro conectado con tecnología de señales al dispositivo de control y/o de regulación y con un generador conectado al rotor para emitir potencia eléctrica a una red eléctrica. El dispositivo de ajuste de parámetro es un dispositivo de ajuste de parámetro para ajustar un ángulo de palas α y un índice de desplazamiento de ángulo de palas ω de las palas de rotor del rotor.

Se conoce un procedimiento semejante y una central de energía eólica correspondiente (CEO). A este respecto, el rotor de la central de energía eólica al exceder un límite del número de revoluciones determinado por un valor límite estático del número de revoluciones n_{lim} se frena de manera forzada a través de un aumento de los ángulos de palas α (un "movimiento fuera del viento") con un índice de desplazamiento de ángulos de pala de valor positivo elevado y se apaga la central, a fin de evitar grandes esfuerzos mecánicos como consecuencia de altas revoluciones. En el curso del frenado forzado se detiene la alimentación de energía de la central a la red eléctrica y se reduce en gran medida el número de revoluciones. Por lo general, después del frenado, la central se encuentra en un estado de barrena en el que no se produce una alimentación de energía a la red.

Después de un frenado forzado semejante se debe verificar primero el estado de la central. A continuación, puesto que la central se había apagado, la misma se debe reiniciar. Un reinicio semejante puede realizarse posiblemente a través de un operador en un puesto de control remoto. Sin embargo, en algunos casos, este operador debe estar en el sitio para poner en marcha la central. A este respecto se originan costes adicionales y se retrasa el reinicio. En todo caso, la alimentación de energía de la central en un frenado semejante se interrumpe durante un período de tiempo determinado.

El documento EP 2 098 725 A2 describe un procedimiento para operar una central de energía eólica con un rotor que presenta palas de rotor, cuyos ángulos de palas α para regular el número de revoluciones n del rotor se pueden desplazar durante la operación y en el que el rotor se frena de manera forzada con un número de revoluciones por encima de un límite del número de revoluciones que limita un intervalo de operación de la central de energía eólica a través de un aumento de los ángulos de palas con un índice de desplazamiento de ángulos de palas positivo prefijado, en el que se modifica el límite del número de revoluciones en función de un índice de desplazamiento de ángulos de palas ajustado a través de la regulación.

La invención tiene el objetivo de especificar un procedimiento y una central de energía eólica en los que se evitan o al menos se presentan con menor frecuencia las desventajas antes mencionadas. Al mismo tiempo, se debe reducir el esfuerzo mecánico como consecuencia de revoluciones elevadas.

El objetivo se logra en cuanto al procedimiento a través de las características de la reivindicación 1 y en cuanto a la central de energía eólica a través de las características de la reivindicación 8. En las reivindicaciones dependientes se especifican realizaciones ventajosas de la invención.

Con el procedimiento de acuerdo con la invención está previsto que el límite del número de revoluciones n_{lim} se modifica en función de un índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación ω . En otras palabras, el límite del número de revoluciones n_{lim} depende del índice de desplazamiento ($n_{lim} = f(\omega)$) y, frente a un valor límite estático del número de revoluciones, se aumenta o se reduce, respectivamente, en función del índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación durante la operación normal $\omega = da/dt$.

A este respecto, el frenado forzado no se limita forzosamente a un frenado aumentando el ángulo de palas sino que puede presentar además también un componente de frenado adicional que es independiente del ángulo de palas. A modo de ejemplo, un freno mecánico produce un componente semejante.

Además, con el procedimiento está previsto que la modificación del límite del número de revoluciones n_{lim} en función del índice de desplazamiento de palas ajustado a través de la regulación ω es una modificación temporal dentro de un intervalo de tiempo prefijado a través de la regulación Δt . Preferentemente, el intervalo de tiempo prefijado a través de la regulación Δt corresponde como máximo al doble de un tiempo regulado de la regulación, en particular,

como máximo, a este tiempo regulado propiamente dicho. El tiempo regulado es un concepto establecido de la tecnología de regulación. El tiempo regulado de un circuito de regulación es el intervalo de tiempo en el que un regulador (un dispositivo de regulación) ha regulado la magnitud de regulación en una banda de tolerancia alrededor de la magnitud de referencia. Puesto que el sistema completo del circuito regulador determina el tiempo regulado, se ingresan así las constantes de tiempo del regulador (de un dispositivo de control y/o de regulación) como del trayecto de regulación. Como alternativa se puede usar también el tiempo de regulación para definir el intervalo de tiempo prefijado a través de la regulación Δt .

De acuerdo con una realización ventajosa de la invención está previsto que el límite del número de revoluciones n_{lim} aumenta y/o disminuye en función de un índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación ω frente a un valor límite del número de revoluciones de base prefijado n_{lim0} .

En particular, está previsto que el límite del número de revoluciones modificable n_{lim} aumenta frente al valor límite del número de revoluciones de base n_{lim0} a un valor límite del número de revoluciones mayor diferente del mismo que se puede prefijar n_{lim1} cuando el índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación ω alcanza o excede un índice de desplazamiento del ángulo de palas positivo prefijado ω_r que corresponde en particular al índice de desplazamiento del ángulo de palas que resulta por lo general durante un frenado forzado al alcanzar el valor límite del número de revoluciones de base n_{lim0} .

Al analizar las estadísticas de frenados forzados o apagados por exceder un valor límite fijo del número de revoluciones con procedimientos estáticos no de acuerdo con la invención se determinó que una gran parte de estos frenados forzados o estos apagados eran innecesarios, puesto que el dispositivo de control y/o de regulación que controla y regula la operación normal de la central de energía eólica ya había iniciado semejantes medidas operativas con las que el frenado forzado tampoco hubiese llevado a un regreso más rápido del número de revoluciones n en el intervalo prefijado del número de revoluciones o el número de revoluciones n de todos modos hubiese regresado a ese intervalo prefijado del número de revoluciones dentro de un intervalo corto de tiempo. En particular, cuando durante la operación normal el ángulo de palas α de las palas de rotor ya había sido reducido con un índice de desplazamiento del ángulo de palas correspondiente al índice de desplazamiento del ángulo de palas positivo prefijado, el frenado forzado no produjo ninguna ventaja de tiempo.

A diferencia del frenado forzado que como medida de seguridad reduce el número de revoluciones de manera independiente de la operación propiamente dicha y en la mayoría de los conceptos de seguridad tiene como consecuencia un apagado de la central, con el aumento temporal del límite del número de revoluciones, la operación normal después de alcanzar el límite normal del número de revoluciones continúa sin medidas adicionales. En otras palabras: Cuando la regulación de la central de energía eólica (regulación de CEO) ya ha iniciado las medidas correctas para reducir el número de revoluciones n del rotor, es decir, aumentar el ángulo de palas α de las palas de rotor, en ciertas circunstancias podría ser innecesario un apagado. De manera correspondiente, el período de tiempo que se puede prefijar Δt , dentro del cual se debe producir un regreso del número de revoluciones dentro del intervalo por debajo del límite normal del número de revoluciones en la misma magnitud que el tiempo requerido por el frenado forzado para un regreso al intervalo de operación a largo plazo. Este intervalo de tiempo Δt se encuentra por lo general en el intervalo entre 2 s y 20 s.

Por otro lado, en procedimientos estáticos con valor fijo del número de revoluciones también hay semejantes situaciones en las que ya antes de alcanzar el límite del número de revoluciones que limita al intervalo de operación a largo plazo se puede prever que a través del índice de desplazamiento del ángulo de palas ω de la regulación no se puede lograr una reducción efectiva del número de revoluciones n y que tiene que tenerse que emplearse probablemente o con seguridad el medio del frenado forzado para reducir el número de revoluciones. En semejantes casos, en algunas formas de realización de la invención se introducirá preferentemente un valor límite del número de revoluciones adicional más bajo del intervalo de operación que difiere del mismo.

Por lo tanto, de acuerdo con una forma de realización ventajosa adicional de la invención está previsto que el límite modificable del número de revoluciones n_{lim} frente al valor límite que se puede prefijar del número de revoluciones de base n_{lim0} se reduce a un valor límite más bajo diferente al mismo que se puede prefijar n_{lim2} cuando el índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación ω al alcanzar o exceder un umbral que se puede prefijar del número de revoluciones n_{trig} en una cantidad que se puede prefijar $\Delta\omega$ se mantiene por debajo de un índice de desplazamiento del ángulo de palas positivo prefijado ω_r del frenado forzado al alcanzar este valor límite adicional más bajo del número de revoluciones n_{lim2} , en particular, cuando el índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación ω es negativo o es igual a cero. Por lo tanto, se produce una reducción del límite del número de revoluciones n_{lim} , en particular, cuando el índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación ω lleva a una reducción adicional de los ángulos de palas α . El umbral que se puede prefijar del número de revoluciones n_{trig} siempre es inferior al valor límite que se puede prefijar del número de revoluciones de base n_{lim0} . Además, el umbral que se puede prefijar del número de revoluciones n_{trig} es inferior o al menos igual al valor límite adicional más bajo que se puede prefijar del número de revoluciones n_{lim2} ($n_{trig} \leq n_{lim2}$).

De acuerdo con una realización ventajosa adicional de la invención está previsto que el límite modificable del número de revoluciones n_{lim} frente al valor límite del número de revoluciones de base n_{lim0} aumenta a un valor límite del número de revoluciones mayor diferente del mismo que se puede prefijar n_{lim1} cuando el número de revoluciones

n de acuerdo con una estimación mediante el índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación regresa dentro de la constante de tiempo prefijada Δt al intervalo del número de revoluciones por debajo del valor límite del número de revoluciones de base (n_{lim0}). A este respecto, la estimación se realiza mediante una comparación de los datos operativos reales de parámetros operativos de la central de energía eólica con conjuntos de datos almacenados de estos parámetros operativos o mediante una comparación de los datos operativos reales de parámetros operativos con datos de modelo de un modelo matemático del circuito regulador de la regulación.

Además, de manera ventajosa está previsto que el límite modificable del número de revoluciones n_{lim} se modifica también en función de la derivación temporal de la potencia eléctrica emitida dP/dt . La potencia emitida varía en gran medida, en particular, durante caídas repentinas de tensión en la red. En este caso se produce una pérdida parcial o completa del momento del generador que a su vez lleva a una aceleración del rotor. Aunque el control de almacenamiento inicia inmediatamente medidas como el aumento de los ángulos de pala, una caída de la tensión siempre da como resultado un aumento excesivo del número de revoluciones. Aumentos excesivos muy elevados pueden llevar también a exceder el valor límite del número de revoluciones de base que se puede prefijar n_{lim0} y así también a un frenado forzado. Sin embargo, en particular, proveedores de energía y operadores de red por razones de la estabilidad de red exigen con frecuencia que centrales de energía eólica durante fluctuaciones de tensión en la red se mantengan operativas y no se apaguen. Por lo tanto, en una forma de realización ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención está previsto que el límite del número de revoluciones n_{lim} se modifica en función de una modificación medida de potencia dP/dt ($n_{lim} = f(dP/dt)$). El mismo se aumenta o se disminuye, respectivamente, frente a un valor límite del número de revoluciones de base que se puede prefijar n_{lim0} en función de la modificación medida de potencia dP/dt .

En particular, está previsto que el intervalo operativo de la operación de la central de energía eólica se determina a través del número de revoluciones n del rotor, el ángulo de palas α de las palas de rotor, el índice de desplazamiento del ángulo de palas correspondiente ω y la potencia emitida P del generador y/o su modificación dP/dt .

De acuerdo con una realización preferida de la invención está previsto que el valor mayor del número de revoluciones que se puede prefijar n_{lim2} está como máximo 5% por encima del valor límite del número de revoluciones de base que se puede prefijar y/o que el valor límite menor del número de revoluciones que se puede prefijar n_{lim2} está como máximo 5% por debajo del valor límite del número de revoluciones de base que se puede prefijar n_{lim0} .

En la central de energía eólica de acuerdo con la invención está previsto que el dispositivo de control y/o de regulación está configurado tanto para controlar y/o para regular el número de revoluciones n del rotor mediante el dispositivo de ajuste de parámetro como también para el frenado forzado del rotor a través del aumento de los ángulos de pala α con un índice de desplazamiento positivo prefijado del ángulo de palas ω , de acuerdo con el procedimiento antes mencionado.

De acuerdo con una realización ventajosa de la invención, el dispositivo de control y/o de regulación presenta un procesador y un almacenamiento para estimar el número de revoluciones n del rotor al menos dentro de un período de tiempo prefijado a través de la regulación Δt .

De acuerdo con una realización ventajosa adicional de la invención, el dispositivo de control y/o de regulación presenta un modelo matemático del circuito regulador de la regulación.

Además, la central de energía eólica también presenta un dispositivo de frenado para frenar el rotor de manera independiente del ángulo de palas de las palas del rotor, en el que el dispositivo de control y/o de regulación controla este dispositivo de frenado.

La invención se describirá a continuación haciendo referencia a los dibujos correspondientes. En los dibujos:

La figura 1 muestra una representación esquemática de una parte de una central de energía eólica de acuerdo con una realización preferida de la central de energía eólica de acuerdo con la invención,

La figura 2 muestra un diagrama en el que se representa la dependencia del límite del número de revoluciones con respecto al índice de desplazamiento del ángulo de palas de acuerdo con una forma de realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención,

La figura 3 muestra un diagrama en el que se representa un desarrollo del número de revoluciones en una situación operativa en la que se incorpora de manera conveniente un límite adicional mayor del intervalo operativo, y

La figura 4 muestra una representación esquemática que representa la relación entre el ángulo de palas y el ángulo de ataque de las palas de rotor.

La figura 1 muestra los componentes de una central de energía eólica (CEO) 10. Esta central de energía eólica presenta un rotor 12 con palas de rotor 14 y un generador 18 conectado por medio de un eje 16 con el rotor 12. Un ángulo de palas α de las palas de rotor 14 se puede modificar mediante un dispositivo de desplazamiento 20.

Expresado de otro modo, las palas de rotor 14 mediante este dispositivo de desplazamiento 20 se pueden “mover” hacia dentro del viento y fuera del viento. Al “mover hacia fuera del viento”, es decir, aumentando el ángulo de palas α de las palas de rotor 14, se puede frenar el movimiento de rotación del rotor 12 y del eje 16. De este modo, el dispositivo de desplazamiento 20 representa también un dispositivo de frenado de la central de energía eólica. Además, sobre el eje 16 está dispuesto otro dispositivo de frenado adicional 22 para frenar el rotor 12 de manera independiente del ángulo de palas α de las palas de rotor 14.

Para operar la central de energía eólica 10 es posible ajustar o modificar varios parámetros operativos. A modo de ejemplo en esta representación del principio cabe mencionar solamente un número de revoluciones n del rotor 12, dicho ángulo de palas α de las palas de rotor, su derivación temporal da/dt , es decir, el índice de desplazamiento del ángulo de palas ω y una potencia P emitida por el generador 18 como parámetros.

Además, la central de energía eólica 10 presenta un dispositivo de control y/o de regulación 24 para operar la central de energía eólica 10. Mediante este dispositivo de control y/o de regulación 24 se ajustan los parámetros operativos n , α , ω , P para operar la central 10. Además, la central de energía eólica 10 presenta un dispositivo de determinación del número de revoluciones 26 conectada por tecnología de señales al dispositivo de control y/o de regulación 24 para determinar el número de revoluciones n del rotor 12 y varios dispositivos de ajuste de parámetros 28 conectados por tecnología de señales al dispositivo de control y/o de regulación 24 para ajustar parámetros operativos de la operación normal. Estos dispositivos de ajuste de parámetros 28 son aquí el generador 18 y el dispositivo de desplazamiento 20. Mediante este dispositivo de desplazamiento 20 se puede ajustar el ángulo de pala α del dispositivo de control y/o de regulación 24. La velocidad de este ajuste se determina a través del índice de desplazamiento del ángulo de palas correspondiente $\omega = da/dt$. Este último se ajusta también por medio del dispositivo de control y de regulación 24. Al mismo tiempo, el dispositivo de desplazamiento 20 emite una señal, a partir de la cual el dispositivo de control y/o de regulación 24 puede verificar o verifica el ángulo de palas presente α y el índice de desplazamiento del ángulo de palas ω . La velocidad de ajuste del dispositivo de desplazamiento 20 se limita a través de sus respectivos índices máximos de desplazamiento del ángulo de palas ω_{\max} , $\omega_{\max,r}$. Para frenar el rotor 12 se aumenta el ángulo de palas α . Al aumentar el ángulo de palas con $\omega = da/dt$ se obtiene siempre un índice de desplazamiento positivo del ángulo de palas ω .

Mientras el dispositivo de control y/o de regulación 24 recibe señales del dispositivo de determinación del número de revoluciones 26 y del dispositivo de desplazamiento 20, emite señales de control a los dispositivos de ajuste de parámetros 28 (generador 18 y dispositivo de desplazamiento 20) y eventualmente también al dispositivo de frenado 22. El dispositivo de control y/o de regulación 24 presenta un procesador 30 y un almacenamiento de datos 32. El almacenamiento 32 sirve para almacenar y leer conjuntos de parámetros, el procesador 30 compara datos operativos actuales de parámetros operativos con conjuntos de datos almacenados. Como alternativa o de manera adicional, se establece mediante procesador 30 y almacenamiento 32 un modelo matemático del circuito regulador de la regulación.

La central de energía eólica 10 se opera ahora de modo que el rotor 12 se frena de manera forzada con un número de revoluciones n por encima de un límite del número de revoluciones n_{\lim} que limita un intervalo operativo 34, 34', 34'' de la central de energía eólica 10 a través de un aumento de los ángulos de pala α con un índice de desplazamiento positivo prefijado del ángulo de palas ω_r , modificándose este límite del número de revoluciones n_{\lim} en función de un índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación ω . Esto se realiza preferentemente por etapas como muestra la figura 2.

La figura 2 muestra la dependencia de un límite ajustado del número de revoluciones n_{\lim} con respecto al índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación ω mediante el dispositivo de control y/o de regulación en una dependencia semejante del límite del número de revoluciones n_{\lim} con respecto al índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación ω en un diagrama. A este respecto, se obtienen tres magnitudes diferentes del intervalo operativo 34, 34', 34''. Con un índice de desplazamiento positivo del ángulo de palas en el intervalo de $\omega_r > X > \omega_r - \Delta\omega$ se obtiene un valor límite del número de revoluciones de base $n_{\lim0}$ como límite del número de revoluciones n_{\lim} de un intervalo operativo a largo plazo 34. Como límite superior ω_r del índice de desplazamiento del ángulo de palas ω de este intervalo operativo a largo plazo 34 se obtiene el índice de desplazamiento positivo prefijado del ángulo de palas ω_r durante el frenado forzado. Como límite inferior del índice de desplazamiento del ángulo de palas ω de este intervalo operativo a largo plazo 34 se obtiene un índice de desplazamiento del ángulo de palas $\omega_r - \Delta\omega$ ubicado por debajo del índice de desplazamiento positivo prefijado del ángulo de palas ω_r en una cantidad prefijada $\Delta\omega$.

El límite modificable del número de revoluciones n_{\lim} se aumenta frente al valor límite del número de revoluciones $n_{\lim0}$ a un valor límite del número de revoluciones mayor que se puede prefijar diferente del mismo $n_{\lim1}$, cuando el índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación ω alcanza o excede el índice de desplazamiento positivo prefijado del ángulo de palas ω_r del frenado forzado al alcanzar este límite mayor adicional del número de revoluciones $n_{\lim1}$. Se obtiene un intervalo operativo ampliado 34' cuyo valor límite mayor del número de revoluciones $n_{\lim1}$ se representa en el lado izquierdo del diagrama.

Cuando el índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación ω alcanza o excede un umbral del número de revoluciones que se puede prefijar n_{trig} (no ilustrado aquí) se mantiene en una cantidad que

se puede fijar $\Delta\omega$ por debajo del índice de desplazamiento positivo fijado del ángulo de palas ω_r , del frenado forzado, se disminuye en cambio el límite modificable del límite del número de revoluciones frente al valor límite del número de revoluciones de base que se puede fijar n_{lim0} a un valor límite del número de revoluciones menor que se puede fijar distinto al mismo n_{lim2} . Se obtiene un intervalo operativo reducido 34" cuyo valor límite menor del número de revoluciones n_{lim1} se representa en el lado derecho del diagrama.

De manera adicional a la modificación del límite del número de revoluciones n_{lim} en función del índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación ω , este límite del número de revoluciones n_{lim} se puede modificar también en función de otras magnitudes, en particular, magnitudes operativas. El límite modificable del número de revoluciones n_{lim} puede modificarse por ejemplo también en función de la derivación temporal de la potencia eléctrica dP/dt emitida por el generador 18.

Cuando las medidas operativas normales ya iniciadas para reducir el número de revoluciones n permiten reconocer un regreso dentro del intervalo operativo a largo plazo 34 dentro de un período de tiempo que se puede fijar Δt , se introduce temporalmente el valor límite adicional mayor diferente al mismo n_{lim1} del intervalo operativo ampliado 34'. El rotor 12 después de introducir el intervalo operativo ampliado 34' se detiene temporalmente (por un período de tiempo que se puede fijar) recién con un número de revoluciones n del rotor 12 por encima del valor límite del número de revoluciones adicional mayor n_{lim1} que limita el intervalo operativo ampliado 34' de la central de energía eólica 12 a través de frenado forzado mediante el dispositivo de frenado 20. El reconocimiento del regreso dentro del intervalo operativo a largo plazo 34 se realiza en particular a través de una evaluación de una comparación de los parámetros operativos actuales n , α , ω , P o al menos una parte de estos parámetros operativos con conjuntos de parámetros almacenados. A estos conjuntos de parámetros se asignan y se almacenan igualmente evaluaciones preliminares correspondientes relativas a un regreso a corto plazo dentro del intervalo operativo a largo plazo y/o de un abandono a mayor plazo del intervalo operativo a largo plazo. Con la ampliación del intervalo operativo 34 se introduce el valor límite adicional mayor del número de revoluciones todavía antes de que el número actual de revoluciones n ha alcanzado el valor límite del número de revoluciones de base n_{lim0} .

El reconocimiento del regreso dentro del intervalo operativo a largo plazo 34 o un reconocimiento de un abandono del intervalo operativo a largo plazo 34 se realizan en particular a través de una evaluación de una comparación de los parámetros operativos actuales con conjuntos de parámetros almacenados dentro del almacenamiento de datos 32. A estos conjuntos de parámetros se asignan y se almacenan igualmente evaluaciones preliminares correspondientes relativas a un regreso a corto plazo dentro del intervalo operativo a largo plazo 34 y/o un abandono a mayor plazo del intervalo operativo a largo plazo 34.

La figura 3 muestra la situación en la que se representa a modo de ejemplo la ampliación del intervalo operativo 34 en un diagrama en el que se representa un desarrollo del número de revoluciones 36 en una situación operativa en la que se introduce de manera conveniente un valor límite adicional mayor del número de revoluciones n_{lim1} del intervalo operativo ampliado 34'. Con la ampliación del intervalo operativo 34' en el intervalo operativo ampliado 34' se introduce el valor límite adicional mayor del número de revoluciones n_{lim1} todavía antes de alcanzar el valor límite del número de revoluciones de base n_{lim0} que limite el intervalo operativo a largo plazo en el tiempo t_1 . A través de la evaluación, el dispositivo de control y/o de regulación ha reconocido que las medidas operativas normales ya iniciadas para reducir el número de revoluciones n permiten reconocer un regreso en el intervalo operativo a largo plazo 34 dentro del período de tiempo prefijado Δt . Si en el período de tiempo prefijado Δt se hubiese excedido también el valor límite adicional mayor n_{lim1} se hubiese producido un frenado forzado. En el caso mostrado fue correcto el pronóstico del desarrollo del número de revoluciones.

La figura 4 muestra la relación entre el ángulo de palas (ángulo de paso) α y el ángulo de ataque β de las palas de rotor 14 frente al viento (flecha 38). A este respecto, la posición cero del ángulo de palas ($\alpha = 0^\circ$) por lo general se define con una posición óptima de corriente con viento débil. Esta posición cero del ángulo de palas $\alpha = 0^\circ$ corresponde a un ángulo de ataque de tamaño finito β_0 que para propósitos de ilustración se ha seleccionado de manera arbitraria como ángulo de 60° . "Girar hacia fuera del viento" o "mover hacia fuera del viento" a partir de este ángulo β_0 corresponde a una reducción del ángulo de ataque β o a un aumento del ángulo de palas α . Por consiguiente, el signo del índice de desplazamiento del ángulo de palas $\omega = d\alpha/dt$ es exactamente opuesto al signo del índice de desplazamiento del ángulo de ataque $d\beta/DT$.

Lista de caracteres de referencia:

- 10 Central de energía eólica
- 12 Rotor
- 14 Pala de rotor
- 16 Eje
- 18 Generador
- 20 Dispositivo de desplazamiento
- 22 Dispositivo de frenado
- 24 Dispositivo de control y/o de regulación
- 26 Dispositivo de determinación del número de revoluciones
- 28 Dispositivo de ajuste de parámetros

- 30 Procesador
- 32 Almacenamiento de datos
- 34 Intervalo operativo
- 34' Intervalo operativo ampliado
- 5 34" Intervalo operativo reducido
- 36 Desarrollo del número de revoluciones
- 38 Flecha
- α Ángulo de palas
- ω índice de desplazamiento del ángulo de palas
- 10 β Ángulo de ataque

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para operar una central de energía eólica (10) con un rotor (12) y un generador (18) conectado al rotor (12) para emitir potencia eléctrica a una red eléctrica, en el que el rotor (12) presenta palas de rotor (14) cuyos ángulos de palas (α) para regular el número de revoluciones (n) del rotor (12) durante la operación se pueden desplazar y el rotor (12) se frena de manera forzada en caso de un número de revoluciones (n) por encima de un límite del número de revoluciones (n_{lim}) que limita un intervalo operativo (34, 34', 34'') de la central de energía eólica (10) a través de un aumento de los ángulos de palas (α) con un índice de desplazamiento positivo prefijado del ángulo de palas (ω_r), en particular, con un índice de desplazamiento del ángulo de palas de valor positivo máximo posible ($\omega_{r, máx}$), modificándose el límite del número de revoluciones (n_{lim}) en función de un índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación (ω), **caracterizado porque** la modificación del límite del número de revoluciones (n_{lim}) en función del índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación (ω) es una modificación temporal dentro de un período de tiempo prefijado a través de la regulación (Δt).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el límite del número de revoluciones (n_{lim}) se aumenta y/o se reduce en función de un índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación (ω) frente a un valor límite del número de revoluciones de base prefijado (n_{lim0}).
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** el límite modificable del número de revoluciones (n_{lim}) se aumenta, frente al valor límite del número de revoluciones de base (n_{lim0}), a un valor límite mayor que el número de revoluciones que se puede prefijar diferente al mismo (n_{lim1}), cuando el índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación (ω) alcanza o excede un índice de desplazamiento positivo prefijado del ángulo de palas (ω_r) al alcanzar o superar el valor límite del número de revoluciones de base (n_{lim0}).
4. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, **caracterizado porque** el límite modificable del número de revoluciones (n_{lim}) frente al valor límite del número de revoluciones de base que se puede prefijar (n_{lim0}) se reduce a un valor límite menor que el número de revoluciones que se puede prefijar diferente del mismo (n_{lim2}), cuando el índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación (ω) al alcanzar o exceder un umbral que se puede prefijar del número de revoluciones (n_{trg}) se mantiene en una cantidad que se puede prefijar ($\Delta\omega$) por debajo del índice de desplazamiento positivo prefijado del ángulo de palas (ω_r) del frenado forzado.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado porque** el límite modificable del número de revoluciones (n_{lim}) frente al valor límite del número de revoluciones de base (n_{lim0}) se aumenta a un valor límite mayor que el número de revoluciones que se puede prefijar diferente del mismo (n_{lim1}), cuando el número de revoluciones (n) de acuerdo con una estimación mediante el índice de desplazamiento del ángulo de palas ajustado a través de la regulación (ω) regresa dentro de la constante de tiempo prefijada (Δt) al intervalo del número de revoluciones por debajo del valor límite del número de revoluciones de base (n_{lim0}), realizándose la estimación mediante una comparación de datos operativos actuales de parámetros operativos (n , α , ω , P) de la central de energía eólica (10) con conjuntos de datos almacenados de estos parámetros operativos (n , α , ω , P) o mediante una comparación de datos operativos actuales de parámetros operativos (n , α , ω , P) con datos de modelo de un modelo matemático del circuito regulador de la regulación.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el límite modificable del número de revoluciones (n_{lim}) se modifica también en función de la derivación temporal de la potencia eléctrica emitida (dP/dt).
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el intervalo operativo (34, 34', 34'') se determina a través del número de revoluciones (n) del rotor (12), el ángulo de palas (α) de las palas de rotor (14), el índice de desplazamiento del ángulo de palas correspondiente (m) y la potencia emitida (P) del generador (18) y/o su modificación dP/dt .
8. Central de energía eólica (10) con
- un rotor (12) con palas de rotor (14),
 - un dispositivo de control y/o de regulación (24),
 - un dispositivo de determinación del número de revoluciones (26) conectado por tecnología de señales al dispositivo de control y/o de regulación (24) para determinar el número de revoluciones (n) del rotor (12),
 - por lo menos un dispositivo de ajuste de parámetros (28) conectado por tecnología de señales al dispositivo de control y/o de regulación (24) para ajustar un ángulo de palas (α) y un índice de desplazamiento del ángulo de palas (ω) de las palas de rotor (14) y
 - un generador (18) conectado al rotor (12) para emitir potencia eléctrica a una red eléctrica,
- caracterizada porque** el dispositivo de control y/o de regulación (24) para controlar y/o para regular el número de revoluciones (n) del rotor (12) mediante el dispositivo de ajuste de parámetros (28) y para el frenado forzado del rotor (12) a través de un aumento de los ángulos de palas (α) con un índice de desplazamiento positivo prefijado del ángulo de palas (ω_r) está dispuesta conforme al procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7.
9. Central de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizada porque** el dispositivo de control y/o

de regulación (24) presenta un procesador (30) y un almacenamiento (32) para estimar el número de revoluciones del rotor (12) al menos dentro de un período de tiempo (Δt) prefijado a través de la regulación.

10. Central de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizada porque** el dispositivo de control y/o de regulación (24) presenta un modelo matemático del circuito regulador de la regulación.

- 5 11. Central de energía eólica de acuerdo con las reivindicaciones 9 o 10, **caracterizada por** un dispositivo de frenado (22) para frenar el rotor (12) de manera independiente del ángulo de palas (α) de las palas de rotor (14), controlando el dispositivo de control y/o de regulación (24) también este dispositivo de frenado (22).

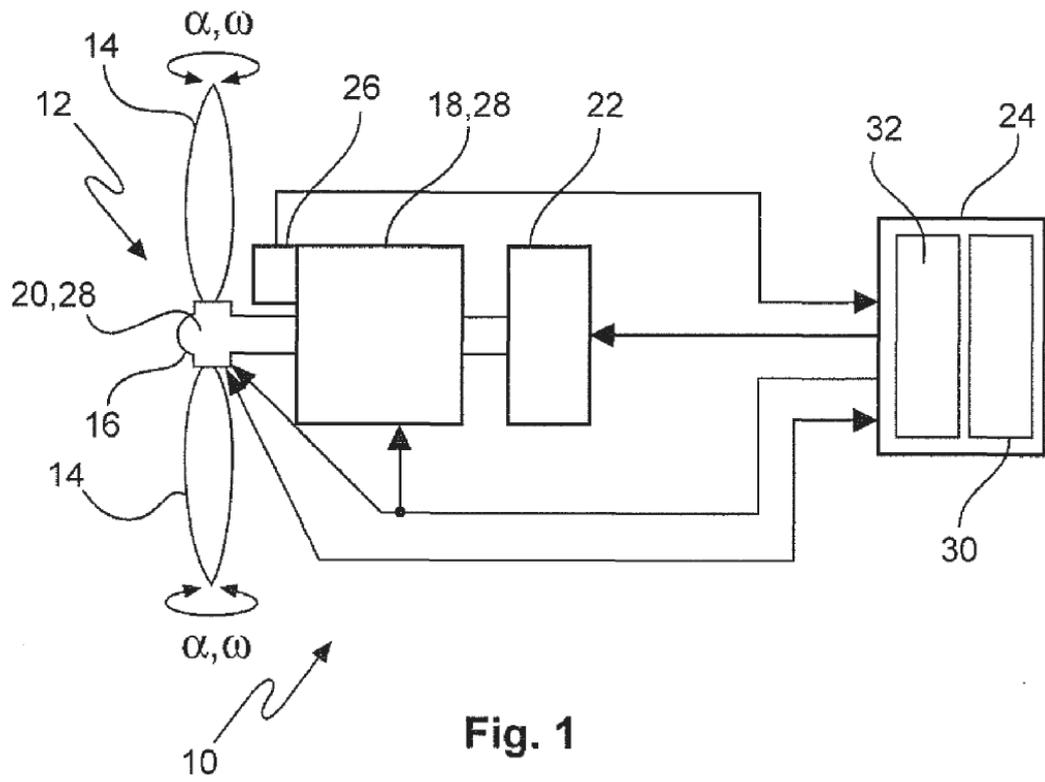


Fig. 1

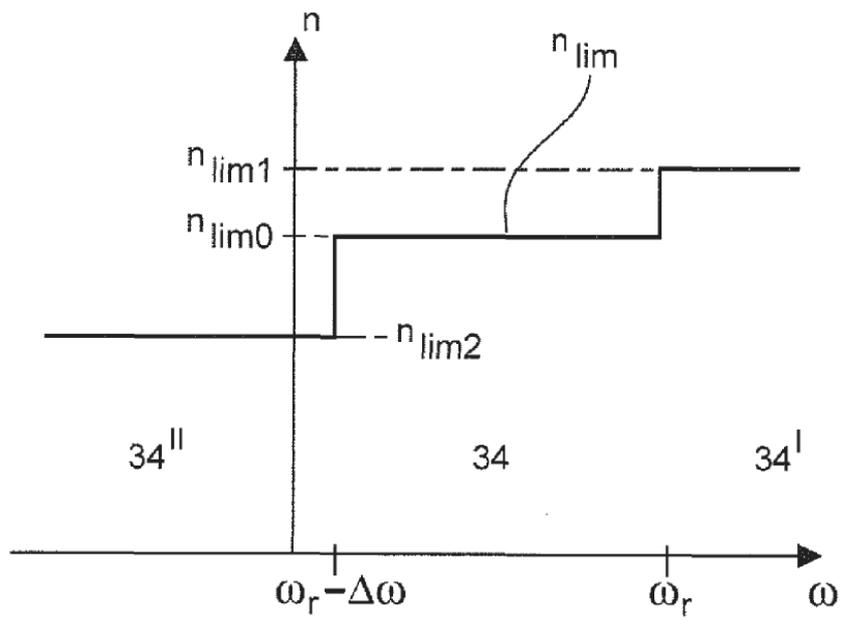


Fig. 2

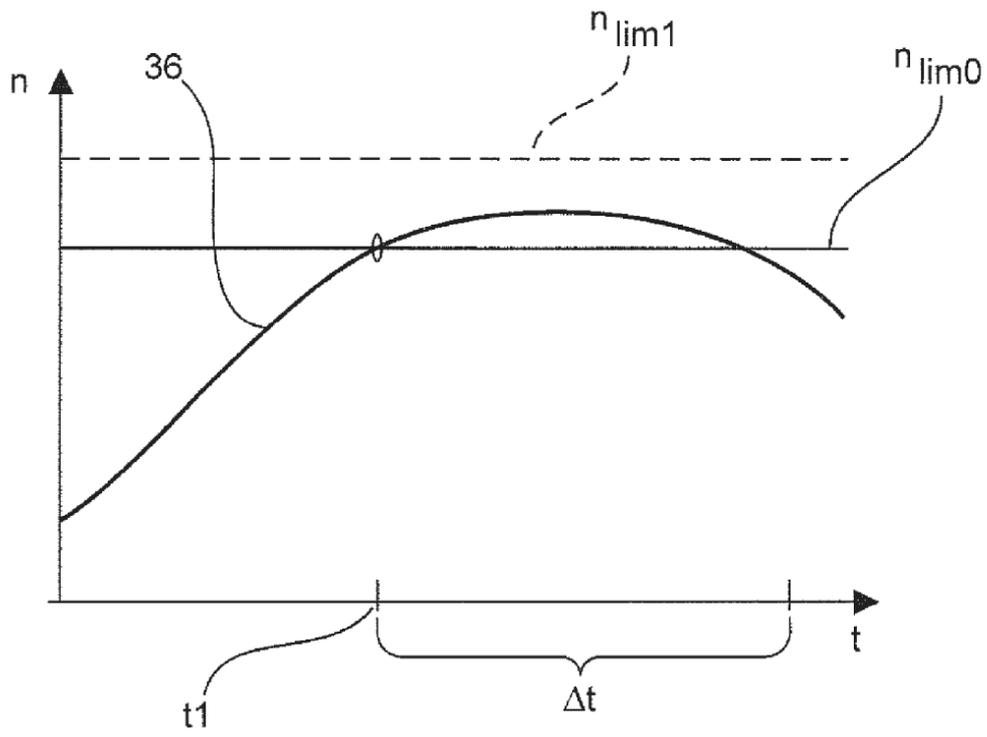


Fig. 3

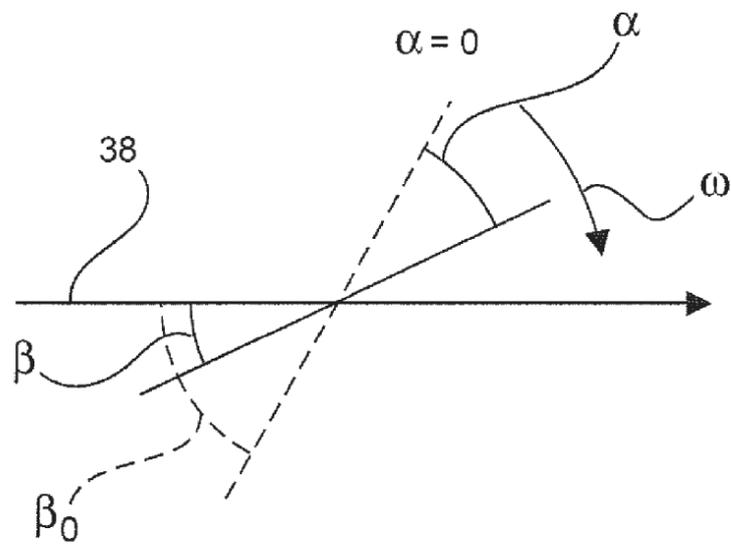


Fig. 4