

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 796**

51 Int. Cl.:

H02P 9/10 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

G05B 23/02 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2009 E 09764716 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2013 EP 2380270**

54 Título: **Instalación de obtención de energía estacionaria con un dispositivo de control y procedimiento para el control de la misma**

30 Prioridad:

19.12.2008 DE 102008063871

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

03.04.2013

73 Titular/es:

**ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)
70469 Stuttgart , DE**

72 Inventor/es:

**SCHINDELE, LOTHAR;
BUCHTALA, BORIS;
PAWELETZ, ANTON;
SCHNURR, BERND y
VATH, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 399 796 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

Instalación de obtención de energía estacionaria con un dispositivo de control y procedimiento para el control de la misma.

5 La invención se refiere a una instalación de obtención de energía estacionaria con un dispositivo de control y a un procedimiento para el control de la misma. El dispositivo de control sirve para el control de la corriente y el flujo de energía. La instalación de obtención de energía presenta al menos un rotor accionado mecánicamente y un generador acoplado con el rotor. Para ello, un sistema electrónico de potencia en unión efectiva con el generador posibilita un flujo de energía variable desde el rotor a través del generador y el sistema electrónico de potencia hasta una carga. El dispositivo de control debe reaccionar a las oscilaciones en el espectro de frecuencia de desde
10 algunas décimas de Hz hasta algunas decenas de Hz en el lado del rotor y desde algunas decenas de Hz hasta algunas centenas de Hz en el lado del generador y controlar la instalación, de tal manera que pueda emitirse una potencia casi constante a la carga o a la red y, a este respecto, las oscilaciones no deseadas en el tren de accionamiento de la instalación de obtención de energía no aumenten ni se intensifiquen.

15 Para ello, por la publicación DE 10 2007 021 513 A1 se conoce un procedimiento y sistema de amortiguación de oscilaciones de momento de torsión resistivo. Este sistema de amortiguación por resistencia de momento de torsión presenta para el eje de una máquina un sensor que está configurado de modo que puede detectar una señal que representa el momento de torsión en el eje. Además está previsto un aparato de regulación, que está configurado de modo que puede emplear la señal detectada para identificar la presencia de una oscilación de momento de torsión que aparece en el eje, en caso de que ésta coincida con una frecuencia propia de eje. Para generar ahora señales de control para la amortiguación de la oscilación de momento de torsión, el sistema de amortiguación por resistencia de momento de torsión presenta un amortiguador, que comprende un convertidor de amortiguación y una resistencia, que están acoplados a una salida de corriente continua del convertidor de amortiguación. A este respecto el convertidor de amortiguación está acoplado a la máquina a través de un canal de corriente y presenta una potencia nominal inferior o igual al 5% de la potencia nominal de la máquina.

25 Este sistema de amortiguación de oscilaciones de momento de torsión tiene la desventaja, cuando se utiliza en una instalación de obtención de energía, de que casi un 5% de la energía obtenida se convierte en calor y por tanto implica una pérdida. Por consiguiente se disminuye el coeficiente de rendimiento de una instalación de obtención de energía de este tipo.

30 El objetivo de la invención es crear una instalación de obtención de energía estacionaria con un dispositivo de control con el que puedan aprovecharse los flujos de energía resultantes de las oscilaciones, tanto para reducir las oscilaciones y obtener energía en caso de puntas de oscilación como para reponerla en caso de valles de oscilación a partir de la obtención de energía.

35 La publicación "Control of a Doubly Fed Induction Wind Generator Under Unbalanced Grid Voltage Conditions" describe una regulación de número de revoluciones y potencia para el generador asíncrono de alimentación doble de una instalación de energía eólica para compensar asimetrías en la red y para anular oscilaciones en la potencia y en el momento de torsión. De este modo el propio generador puede permanecer en la red en este tipo de condiciones operativas, que normalmente habrían llevado a una desconexión. A este respecto, la regulación tiene en cuenta los momentos de inercia del sistema de generador.

40 Para amortiguar oscilaciones de torsión, los documentos EP1719910 y US2002091471 modelan el tren de accionamiento como conjunto de masa-resorte.

El objetivo se soluciona con el objeto de las reivindicaciones independientes 1 y 12. Perfeccionamientos ventajosos se desprenden de las reivindicaciones dependientes.

45 Según la invención se crean una instalación de obtención de energía estacionaria con un dispositivo de control y un procedimiento para el control de la misma. El dispositivo de control sirve para el control de la corriente y el flujo de energía. La instalación de obtención de energía presenta al menos un rotor accionado mecánicamente y un generador acoplado con el rotor. Para ello, un sistema electrónico de potencia en unión efectiva con el generador posibilita un flujo de energía variable desde el rotor a través del generador y el sistema electrónico de potencia hasta una carga o a la red. Para compensar cargas de oscilación en el lado del generador está previsto posibilitar al menos un control de corriente por medio de un primer acumulador de circuito intermedio del sistema electrónico de potencia. Para compensar cargas de oscilación mecánicas y magnitudes de perturbación de un tren de accionamiento está previsto adicionalmente un control de flujo de energía por medio de al menos un segundo acumulador de circuito intermedio adicional dispuesto en el sistema electrónico de potencia, que presenta varias veces la capacidad de acumulación del primer acumulador de circuito intermedio.

Esta instalación de obtención de energía estacionaria tiene la ventaja de que oscilaciones en el lado del generador

en el espectro de frecuencia de desde algunas decenas de Hz hasta algunas centenas de Hz, que eventualmente podrían provocar resonancias en la parte mecánica de la instalación de obtención de energía, pueden compensarse mediante el control de corriente, que actúa conjuntamente con el primer acumulador de circuito intermedio en el sistema electrónico de potencia, de modo que ni se excitan oscilaciones propias ni pueden aumentar las oscilaciones.

Además, la instalación de obtención de energía estacionaria según la invención tiene la ventaja de que, mediante el control de flujo de energía, oscilaciones en el lado del rotor en el espectro de frecuencia de entre algunas décimas de Hz y algunas decenas de Hz debido a la previsión de un segundo acumulador de circuito intermedio adicional, que presenta varias veces la capacidad de acumulación del primer acumulador de circuito intermedio, conducen a que en primer lugar se acumula energía en caso de picos de oscilación y en caso de valles de oscilación puede volver a fluir al tren de accionamiento, de modo que los componentes del tren de accionamiento pueden dimensionarse para cargas relativamente constantes, lo que conduce a ahorros de peso evidentes.

Preferiblemente la instalación de obtención de energía estacionaria es una instalación de energía eólica, también denominada WEA o WKA (por sus siglas en alemán, *Windenergieanlage/Windkraftanlage*), y que se explica más detalladamente en las figuras 1 y 3.

En una forma de realización preferida de la invención, el control de corriente está diseñado de manera que, por medio de un control del momento de torsión, la potencia eléctrica eficaz emitida a la red o a la carga permanece constante, y las variaciones resultantes del control de corriente de la potencia eficaz y la potencia reactiva se compensan en un circuito intermedio del sistema electrónico de potencia o pueden convertirse en los devanados del generador o en inversores adicionalmente de manera temporal en calor. Esta variante tiene la ventaja de que no depende de otro acumulador de circuito intermedio adicional con varias veces la capacidad de acumulación con respecto al primer acumulador de circuito intermedio y puede compensar en particular oscilaciones en el lado del generador a partir del espectro de frecuencia crítico de hasta algunas decenas de Hz, sin aumentar el esfuerzo para el sistema electrónico de potencia.

Está previsto además que un modelo de la instalación de obtención de energía presente dos elementos activos en forma de entrada de energía eólica por ejemplo a través del rotor y salida de potencia eléctrica por ejemplo a través del generador con elementos pasivos dispuestos entremedias, como inductancias y condensadores así como resistencias elásticas de los elementos constructivos como por ejemplo un engranaje multiplicador. Un modelo de este tipo puede al mismo tiempo tomar contramedidas por medio de sensores de posición angular dispuestos de manera correspondiente dentro de la instalación de obtención de energía, para evitar intervalos de frecuencia críticos que podrían excitar oscilaciones propias. Para ello la instalación de obtención de energía puede presentar unidad de control central, en la que se simula de manera paralela y en línea un sistema de ecuaciones que describe el modelo. Con ello pueden modularse oscilaciones transitorias más altas en el lado del generador y las oscilaciones resonantes en el tren de accionamiento con el control de corriente del generador.

Preferiblemente están dispuestos sensores de posición de ángulo de rotación al menos en el extremo de árbol del rotor del generador, en el eje de accionamiento del generador y en el rotor, cuyos valores de medición representan magnitudes de entrada para la unidad de control central mencionada anteriormente, en la que están depositados parámetros del modelo. Para ello la instalación de obtención de energía, además de los sensores de posición de ángulo de rotación, puede presentar al menos un sensor de viento y un sensor para el ángulo de desplazamiento de las palas de rotor. También con este tipo de sensores son posibles mejoras adicionales de la adaptación del modelo a la instalación de obtención de energía real y puede prevenirse un aumento de las oscilaciones.

Preferiblemente el tren de accionamiento presenta un engranaje multiplicador, que está dispuesto entre un árbol de accionamiento acoplado al rotor y un árbol secundario acoplado con el engranaje multiplicador. Un engranaje multiplicador de este tipo aumenta la frecuencia relativamente baja del rotor hasta números de revoluciones correspondientemente más altos para el generador.

Además está previsto en otra forma de realización preferida de la instalación de obtención de energía, que el árbol de accionamiento y/o el árbol secundario presente un embrague. Puede tratarse de embragues de seguridad, que unen de manera rígida el árbol de accionamiento del rotor con el árbol de accionamiento del engranaje y además unen el árbol secundario del engranaje con el árbol de accionamiento del generador, o embragues maestros, que en caso de carga extrema desacoplan los árboles y posibilitan una marcha libre. Pueden preverse además dispositivos de frenado tanto en el árbol de accionamiento como en el árbol secundario de un engranaje. Sin embargo, éstos sólo sirven para mejorar la capacidad funcional de la instalación de obtención de energía y poco o nada para la compensación de las oscilaciones que aparecen en la instalación de obtención de energía.

Un procedimiento para el control de una instalación de obtención de energía presenta las siguientes etapas de procedimiento. En primer lugar se disponen sensores de posición angular en un tren de accionamiento de la instalación de obtención de energía, que presenta al menos un rotor mecánico, un árbol de accionamiento, un engranaje multiplicador, un árbol secundario, un generador con rotor/unidad de estator y un sistema electrónico de

- potencia. Mediante la disposición de los sensores de posición pueden detectarse ahora diferencias de ángulo de rotación f_1-f_2 , f_2-f_3 , f_3-f_4 y f_4-f_5 con los sensores de posición, monitorizando por ejemplo el incremento del ángulo de rotación $\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi_2$, $\Delta\varphi_3$ del engranaje multiplicador y la rotación completa $\Delta\varphi_A$ del tren de accionamiento. Se realiza en tiempo real una simulación paralela mediante un sistema de ecuaciones en una unidad de control central basándose en un modelo de la instalación de obtención de energía formado por elementos de masa-resorte-amortiguador. El modelo de la parte electromagnética del generador se representa, como parte componente del modelo global en el sistema de coordenadas de Park (d,q,0). A este respecto se generan valores teóricos para una diferencia de variación de corriente ΔI_q y una diferencia de fase $\Delta\gamma$ de la corriente en relación con una tensión de generador para la compensación de oscilaciones transitorias de la instalación de obtención de energía.
- 5
- 10 Un procedimiento de este tipo tiene la ventaja de que, mediante la adaptación del modelo a las condiciones de carga y oscilación que aparecen realmente y medidas, puede tomar contramedidas a tiempo y con antelación mediante un control de corriente y un control de flujo de energía, para compensar este tipo de oscilaciones y magnitudes de perturbación en la instalación de obtención de energía y emitir una potencia eficaz constante a la red o a una carga.
- 15 Preferiblemente, en una unidad de control se almacena un modelo dinámico de la instalación de obtención de energía, que tiene en cuenta ecuaciones matriciales, que relacionan de manera aditiva vectores de momento de torsión con una matriz de momentos de inercia de superficie y una matriz de rigideces y una matriz de amortiguaciones y, a este respecto, vectores de momento de torsión en relación con un par rotor y un momento electromecánico del generador. A este respecto el procedimiento puede tener en cuenta en el modelo parámetros lineales y no lineales como función de las respectivas magnitudes, tales como momento de torsión, número de revoluciones y ángulo de giro de los componentes del tren de accionamiento. Para el procedimiento, el control de corriente se diseña de manera que, por medio de un control de corriente trifásica, la potencia eléctrica eficaz emitida a la red o a la carga permanece constante y las variaciones resultantes del control de corriente de la potencia eficaz y la potencia reactiva en un circuito intermedio del sistema electrónico de potencia se compensan o se convierten en los devanados del generador o en inversores de manera temporal adicionalmente en calor.
- 20
- 25 Un aspecto adicional del procedimiento prevé que, en el modelo tomado como base de la instalación de obtención de energía, se tengan en cuenta dos elementos activos en forma de entrada de energía eólica y salida de potencia eléctrica con elementos pasivos dispuestos entremedias, como inductancias y condensadores así como resistencias elásticas de los elementos constructivos. A este respecto las oscilaciones transitorias más altas en el lado del generador y las oscilaciones resonantes en el tren de accionamiento pueden modularse con el control de corriente del generador, sin prever un acumulador adicional con varias veces la capacidad de acumulación del acumulador de circuito intermedio presente del sistema electrónico de potencia.
- 30
- 35 Además está previsto que se dispongan sensores de posición de ángulo de rotación al menos en el árbol secundario del generador y el árbol de accionamiento del generador así como en el rotor, cuyos valores de medición proporcionan magnitudes de entrada para la unidad de control central. Asimismo pueden detectarse, además de los sensores de posición de ángulo de rotación, las relaciones de viento mediante un sensor de viento y tenerse en cuenta de manera correspondiente en el modelo. Lo mismo es válido para la posición de las palas de rotor, que se detectan a través de un sensor para el ángulo de desplazamiento de las palas de rotor y puede incorporarse en el modelo.
- La invención se explicará ahora más detalladamente con ayuda de las siguientes figuras.
- 40 La figura 1 muestra un esquema básico de una instalación de obtención de energía de una primera forma de realización de la invención;
- la figura 2 muestra un diagrama esquemático del comportamiento de oscilación de una instalación de obtención de energía según la figura 1;
- 45 la figura 3 muestra un esquema básico de una instalación de obtención de energía según una segunda forma de realización de la invención;
- la figura 4 muestra un diagrama de vectores esquemático de un generador de una instalación de obtención de energía según la figura 1 o la figura 2.
- 50 La figura 1 muestra un esquema básico de una instalación 1 de obtención de energía de una primera forma de realización de la invención. Esta instalación de obtención de energía presenta en esta forma de realización de la invención un rotor 3 accionado mecánicamente, que a través de un árbol 24 de accionamiento y un embrague 26 pone en rotación un engranaje 23 multiplicador, estando el árbol 25 secundario del engranaje multiplicador unido mecánicamente a través de otro embrague 27 con el árbol 19 de accionamiento de un generador 4, que presenta un extremo 18 de árbol del rotor del generador, en el que está dispuesto un primer sensor 13 de posición de ángulo de rotación. Con respecto a este sensor 13 de posición de ángulo de rotación, que detecta un valor de referencia, están

previstos otros sensores 14 a 16 de posición de ángulo de rotación en el tren 9 de accionamiento. En el árbol 19 de accionamiento del engranaje está dispuesto un sensor 14 de posición de ángulo de rotación, en el árbol de accionamiento del engranaje 23 multiplicador está dispuesto otro sensor 15 de posición de ángulo de rotación y al principio del tren 9 secundario con el árbol 24 de accionamiento, que actúa conjuntamente con el rotor 3, está
5 dispuesto finalmente un sensor 16 de posición de ángulo de rotación. Entre estos sensores 13 a 16 de posición de ángulo de rotación están presentes al menos en el tren 9 de accionamiento componentes como los embragues y el engranaje multiplicador así como los propios árboles de accionamiento y secundario, que en teoría pueden encontrarse a través de los elementos 31, 32 y 33 de masa-resorte-amortiguador en una entrada de cálculo de modelo.

10 A la salida del generador está conectado un sistema electrónico de potencia, con el que, a pesar de un flujo entrante diferente del rotor 3, puede alimentarse una potencia eléctrica relativamente constante a través del transformador a la red o a la carga 6. Para ello se adapta un ángulo de desplazamiento de las palas de rotor a la diferente velocidad del viento. En caso de ráfagas de viento u otras magnitudes de perturbación, que pueden actuar sobre el rotor 3, es posible sin embargo que aparezcan oscilaciones en el tren 9 de accionamiento, además también debe contarse en el
15 lado del generador con fenómenos de oscilación. Mientras que el espectro de frecuencia de las oscilaciones en el lado del rotor se sitúa en desde algunas décimas de Hz hasta algunas decenas de Hz, en el lado del generador aparece un espectro de frecuencia de entre algunas decenas de Hz y algunas centenas de Hz. Estas oscilaciones en el lado del generador pueden compensarse o equilibrarse mediante un primer acumulador 8 de circuito intermedio, que en esta forma de realización de la invención es un condensador y está dispuesto en un circuito 11
20 intermedio del sistema 5 electrónico de potencia. Para ello está previsto realizar un control 7 de corriente para el sistema 5 electrónico de potencia, actuando un dispositivo 2 de control de corriente sobre el circuito 11 intermedio del sistema 5 electrónico de potencia.

El dispositivo 2 de control recibe condiciones de valor teórico para una diferencia de corriente ΔI_q y una diferencia de fase $\Delta \gamma$ de una unidad 30 de control central, en la que se evalúa mediante simulación paralela un modelo, que
25 trabaja con un sistema 28 de ecuaciones formado por ecuaciones 34 y 35 matriciales. Para ello, en la unidad 30 de control central se introducen incrementos de ángulo de rotación $\Delta \varphi_1$ y $\Delta \varphi_2$ así como el número de revoluciones ω_1 del rotor del generador. Adicionalmente, como salida de los incrementos de ángulo de rotación $\Delta \varphi_1$ y $\Delta \varphi_2$ se introduce el ángulo de rotación f_1 , que se determina con el sensor 13 de posición de ángulo de rotación en el extremo 18 de árbol del rotor del generador, en la unidad 30 de control central.

30 Por medio de las ecuaciones 34 y 35 matriciales de estado se introducen los valores teóricos de una diferencia de corriente y una diferencia de fase en el dispositivo 2 de control y se convierten en un patrón de impulsos correspondiente de los transistores de potencia del inversor frecuencia del sistema 5 electrónico de potencia y, tal como se ilustró ya anteriormente, se actúa sobre el circuito intermedio del sistema 5 electrónico de potencia. Mediante esta construcción de la instalación de obtención de energía y de la unidad 30 de control central, evaluando
35 las posiciones de ángulo de rotación del tren 9 de accionamiento y del generador 4, pueden compensarse oscilaciones en el lado del generador mediante el primer acumulador 8 de circuito intermedio solo, de manera que por un lado no aumenten a amplitudes más altas y, de manera ideal, se cancelen completamente, y de manera que por otro lado pueda emitirse una potencia eficaz constante a la red o a la carga 6.

40 Para la compensación de oscilaciones en el lado del rotor en el tren 9 de accionamiento en el intervalo de frecuencia mencionado anteriormente de entre algunas décimas de Hz y algunas decenas de Hz, la regulación de corriente no basta, por lo que por medio del modelo está prevista una regulación de flujo de energía, que actúa conjuntamente con otro acumulador 10 de circuito intermedio adicional, cuya capacidad de acumulación es mayor en un múltiplo que la del primer acumulador 8 de circuito intermedio. En caso de magnitudes de perturbación u oscilaciones en el
45 lado del rotor en el tren 9 de accionamiento, se acumula energía en caso de un pico de oscilación en el acumulador de circuito intermedio adicional y se devuelve en valles de oscilación, de modo que no se sobrecarga ninguno de los árboles de accionamiento y secundarios, al igual que los componentes dispuestos entremedias del tren 9 de accionamiento, sino que más bien pueden llevarse a sus límites de carga permitidos en relación con los momentos de torsión que aparecen. Por tanto, con esta regulación combinada de regulación de corriente y regulación de flujo de energía, basándose en las ecuaciones 34 y 35 matriciales, es posible conseguir un coeficiente de rendimiento
50 máximo con al mismo tiempo un esfuerzo material mínimo para los componentes del tren de accionamiento y anular la excitación de frecuencias propias de la instalación de obtención de energía.

La figura 2 muestra un diagrama esquemático del comportamiento de oscilación de una instalación de obtención de energía según la figura 1. Para ello se coloca en las ordenadas el momento de giro o torsión en Newton metro y en las abscisas el tiempo t en intervalos de 100 milisegundos. La curva a muestra un semiperiodo de una oscilación, tal
55 como puede aparecer en el lado del rotor en el tren 9 de accionamiento, en comparación con oscilaciones en el lado del generador, que generan un momento de torsión M_e , que, tal como muestra la gráfica b, oscila con una frecuencia claramente superior. A este respecto, el dispositivo 2 de regulación de corriente mostrado en la figura 1 se encarga de una disminución de este tipo de oscilaciones en el intervalo de frecuencia superior, tal como muestra la curva b.

La figura 3 muestra un esquema básico de una instalación 40 de obtención de energía según una segunda forma de realización de la invención. La diferencia con la primera forma de realización de la invención consiste en que está previsto otro sensor de posición angular en el tren 9 de accionamiento, de modo que en total están disponibles ahora cinco sensores 13 a 17 de posición angular para la valoración y medición del riesgo de oscilación. De manera correspondiente, el número de entradas de incremento del ángulo de rotación aumenta, de modo que ahora no sólo se introducen $\Delta\varphi_1$ y $\Delta\varphi_2$, sino adicionalmente $\Delta\varphi_3$ en la unidad 30 de control central. Además, en la unidad 30 de control central está depositado un campo característico de momentos de la turbina eólica, que se refiere a los momentos electromagnéticos del generador. Además, en esta segunda forma de realización de la invención se crea mediante un sensor 20 de viento y un sensor 21 para el ángulo de desplazamiento de las palas de rotor (BVW) una mejora adicional de la fiabilidad del modelo, al introducirse los datos de sensor medidos sobre velocidad del viento y ángulo de desplazamiento también en el modelo de la instalación de obtención de energía, para precisar adicionalmente el cálculo del valor teórico de corriente y el desplazamiento de fase entre corriente y tensión de generador.

La figura 4 muestra un diagrama de vectores esquemático de un generador de una instalación de obtención de energía según la figura 1 o la figura 2. Este diagrama de vectores según la figura 4 rota con la frecuencia de rotación ω_g del rotor del generador, adelantándose los vectores de corriente y tensión I o U al vector de la tensión generada síncrona E_p o la fuerza electromotriz en las fases γ para la corriente I o δ para la tensión U, siendo en este caso de carga $\delta > \gamma$.

Mientras que Ψ_p indica el flujo magnético encadenado a través del armazón polar en la marcha en vacío del generador, el vector Ψ_1 caracteriza la suma vectorial de reacción de campo del estator y flujo magnético encadenado a través del armazón polar. A este respecto, el vector de tensión U adelanta en este diagrama al vector de corriente I por la diferencia de fase F, de modo que la potencia eléctrica eficaz P se obtiene como $P = U \cdot I \cdot \cos F$. Por medio del modelo mostrado en las figuras anteriores se emiten valores teóricos ΔI_q y $\Delta \gamma$ por la unidad de control central, que preestablecen la variación de la posición de fase de la corriente I con respecto a la tensión U del generador, para compensar oscilaciones en el lado del generador.

Lista de números de referencia

- 1 instalación de obtención de energía estacionaria (1ª forma de realización)
- 2 dispositivo de control
- 3 rotor
- 30 4 generador
- 5 sistema electrónico de potencia con un inversor de frecuencia
- 6 carga o red
- 7 control de corriente
- 8 primer acumulador de circuito intermedio
- 35 9 tren de accionamiento
- 10 segundo acumulador de circuito intermedio
- 11 circuito intermedio
- 12 modelo
- 13 sensor de posición de ángulo de rotación
- 40 14 sensor de posición de ángulo de rotación
- 15 sensor de posición de ángulo de rotación
- 16 sensor de posición de ángulo de rotación

	17	sensor de posición de ángulo de rotación
	18	extremo de árbol del rotor del generador
	19	árbol de accionamiento del generador
	20	sensor de viento
5	21	sensor para el ángulo de desplazamiento de las palas de rotor
	22	transformador
	23	engranaje multiplicador
	24	árbol de accionamiento de la instalación de obtención de energía
	25	árbol secundario del engranaje multiplicador
10	26	embrague en el árbol de accionamiento
	27	embrague en el árbol secundario
	28	sistema de ecuaciones
	30	unidad de control central
	31	elemento de masa-resorte-amortiguador
15	32	elemento de masa-resorte-amortiguador
	33	elemento de masa-resorte-amortiguador
	34	ecuación matricial
	35	ecuación matricial
	40	instalación de obtención de energía (2ª forma de realización)
20	ΔI_d	diferencia de variación de corriente
	I	corriente de generador
	U	tensión de generador
	P	potencia eficaz
	Q	potencia reactiva
25	$\Delta \gamma$	diferencia de fase
	f_A	rotación completa en el tren de accionamiento
	f_1 a f_5	posiciones de ángulo de rotación
	$\Delta \varphi_1$ a $\Delta \varphi_3$	incremento del ángulo de rotación

REIVINDICACIONES

- 5 1. Instalación de obtención de energía estacionaria con un dispositivo (2) de control para el control de la corriente y el flujo de energía, presentando la instalación (1) de obtención de energía al menos un rotor (3) accionado mecánicamente y un generador (4) acoplado con el rotor (3), y en la que un sistema (5) electrónico de potencia en unión eficaz con el generador (4) posibilita un flujo de energía variable desde el rotor (3) a través del generador (4) y el sistema (5) electrónico de potencia hasta una carga (6), y con una unidad (30) de control central, que presenta medios para:
- 10 - disponer sensores (13 a 17) de posición en un tren (9) de accionamiento de la instalación (1) de obtención de energía, que presenta al menos un rotor (3) mecánico, un árbol (24) de accionamiento, un engranaje (23) multiplicador, un generador (4) con rotor/unidad de estator y un sistema (5) electrónico de potencia;
- detectar diferencias de ángulo de rotación (φ_1 a φ_2 ; φ_2 a φ_3 ; φ_3 a φ_4 ; φ_4 a φ_5) de los sensores (13 a 17) de posición,
- monitorizando el incremento del ángulo de rotación ($\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi_2$, $\Delta\varphi_3$) del engranaje (23) multiplicador y la rotación completa ($\Delta\varphi_A$) del tren (9) de accionamiento;
- 15 - simular de manera paralela un sistema (28) de ecuaciones en una unidad (30) de control central basándose en un modelo de la instalación (1) de obtención de energía a partir de elementos (31 a 33) de masa-resorte-amortiguador;
- generar valores teóricos para una diferencia de variación de corriente (ΔI_q) y una diferencia de fase ($\Delta\gamma$) de la corriente (I) en relación con una tensión de generador (U) para la compensación de oscilaciones transitorias de la instalación (1) de obtención de energía,
- 20 - teniendo en cuenta en el modelo tomado como base de la instalación (1) de obtención de energía dos elementos activos en forma de entrada de energía eólica y salida de potencia eléctrica con elementos pasivos dispuestos entremedias, como inductancias y condensadores así como resistencias elásticas de los elementos constructivos incluyendo el elemento constructivo del engranaje multiplicador.
- 25 2. Instalación de obtención de energía según la reivindicación 1, caracterizada porque están previstos, para la compensación de cargas de oscilación en el lado del generador, al menos un control (7) de corriente por medio de un primer acumulador (8) de circuito intermedio del sistema (5) electrónico de potencia, y para la compensación de cargas de oscilación mecánicas y magnitudes de perturbación de un tren (9) de accionamiento, un control de flujo de energía por medio de al menos un segundo acumulador (10) de circuito intermedio adicional dispuesto en el sistema (5) electrónico de potencia, que presenta varias veces la capacidad de acumulación del primer acumulador (8) de circuito intermedio.
- 30 3. Instalación de obtención de energía según la reivindicación 2, caracterizada porque la instalación (1) de obtención de energía presenta oscilaciones en el espectro de frecuencia de desde algunas décimas de Hz hasta algunas decenas de Hz en el lado del rotor (3) y desde algunas decenas de Hz hasta algunas centenas de Hz en el lado del generador (4).
- 35 4. Instalación de obtención de energía según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, caracterizada porque el control de corriente está diseñado de manera que, por medio de un control del momento de torsión, la potencia eléctrica eficaz emitida a una red o a la carga (6) permanece constante, y las variaciones resultantes del control de corriente de la potencia eficaz se compensan en un circuito (11) intermedio del sistema (5) electrónico de potencia o pueden convertirse en los devanados del generador o en inversores adicionalmente en calor.
- 40 5. Instalación de obtención de energía según la reivindicación 1, caracterizada porque en la unidad 30 de control central se simula de manera paralela en línea un sistema de ecuaciones que describe el modelo (12).
6. Instalación de obtención de energía según la reivindicación 1, caracterizada porque las oscilaciones transitorias más altas en el lado del generador y las oscilaciones resonantes en el tren (9) de accionamiento pueden modularse con el control de corriente del generador (4).
- 45 7. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones anteriores 2 a 6, caracterizada porque están dispuestos sensores (13 a 15) de posición de ángulo de rotación al menos en el árbol secundario del generador (5), el árbol (19) de accionamiento del generador (5) y en el rotor, cuyos valores de medición son magnitudes de entrada para la unidad de control central.
8. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones anteriores 2 a 7, caracterizada porque la instalación (1) de obtención de energía además de los sensores (13 a 17) de posición de ángulo de rotación

presenta al menos un sensor (20) de viento y un sensor para el ángulo de desplazamiento de las palas de rotor.

9. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones anteriores 2 a 8, caracterizada porque el tren (9) de accionamiento presenta un engranaje (23) multiplicador, que está dispuesto entre un árbol (24) de accionamiento acoplado al rotor (3) y un árbol (25) secundario acoplado con el engranaje (23) multiplicador.

5 10. Instalación de obtención de energía según la reivindicación 9, caracterizada porque el árbol (24) de accionamiento y/o el árbol (25) secundario presenta un embrague (26).

11. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones anteriores 2 a 10, caracterizada porque el árbol (24) de accionamiento y/o el árbol (25) secundario presenta un dispositivo de frenado.

10 12. Procedimiento para el control de una instalación (1) de obtención de energía, que presenta las siguientes etapas de procedimiento:

- disponer sensores (13 a 17) de posición en un tren (9) de accionamiento de la instalación (1) de obtención de energía, que presenta al menos un rotor (3) mecánico, un árbol (24) de accionamiento, un engranaje (23) multiplicador, un generador (4) con rotor/unidad de estator y un sistema (5) electrónico de potencia;

- detectar diferencias de ángulo de rotación (φ_1 a φ_2 ; φ_2 a φ_3 ; φ_3 a φ_4 ; φ_4 a φ_5) de los sensores (13 a 17) de posición

15 - monitorizando el incremento del ángulo de rotación ($\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi_2$, $\Delta\varphi_3$) del engranaje (23) multiplicador y la rotación completa ($\Delta\varphi_A$) del tren (9) de accionamiento;

- simular de manera paralela un sistema (28) de ecuaciones en una unidad (30) de control central basándose en un modelo de la instalación (1) de obtención de energía a partir de elementos (31 a 33) de masa-resorte-amortiguador;

20 - generar valores teóricos para una diferencia de variación de corriente (ΔI_q) y una diferencia de fase ($\Delta\gamma$) de la corriente (I) en relación con una tensión de generador (U) para la compensación de oscilaciones transitorias de la instalación (1) de obtención de energía,

25 - teniendo en cuenta en el modelo tomado como base de la instalación (1) de obtención de energía dos elementos activos en forma de entrada de energía eólica y salida de potencia eléctrica con elementos pasivos dispuestos entremedias, como inductancias y condensadores así como resistencias elásticas de los elementos constructivos incluyendo el elemento constructivo del engranaje multiplicador.

30 13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque en una unidad (30) de control se almacena un modelo dinámico de la instalación (1) de obtención de energía, que tiene en cuenta ecuaciones (34, 35) matriciales que relacionan de manera aditiva vectores de momento de torsión con una matriz de momentos de inercia de masa (J) y una matriz de rigideces (K) y una matriz de amortiguaciones (D), y vectores de momento de torsión en relación con un par rotor (M_z) y un momento electromecánico (M_{em}) del generador (4).

14. Procedimiento según la reivindicación 12 o la reivindicación 13, caracterizado porque en el modelo se tienen en cuenta parámetros lineales y no lineales como funciones de las respectivas magnitudes, tales como momento de torsión, número de revoluciones y ángulo de giro de los componentes del tren (9) de accionamiento.

35 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado porque se tienen en cuenta oscilaciones en el espectro de frecuencia de desde algunas décimas de Hz hasta algunas decenas de Hz en el lado del rotor (3) y desde algunas decenas de Hz hasta algunas centenas de Hz en el lado del generador (4) en el modelo de simulación.

40 16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 15, caracterizado porque el control de corriente se diseña de manera que, por medio de un control del momento de torsión, la potencia eléctrica eficaz (P) emitida a la red o a la carga (6) permanece constante, y las variaciones resultantes del control de corriente de la potencia eficaz (P) y la potencia reactiva (P_r) en un circuito intermedio del sistema (5) electrónico de potencia se compensan o se convierten en los devanados del generador o en inversores adicionalmente en calor.

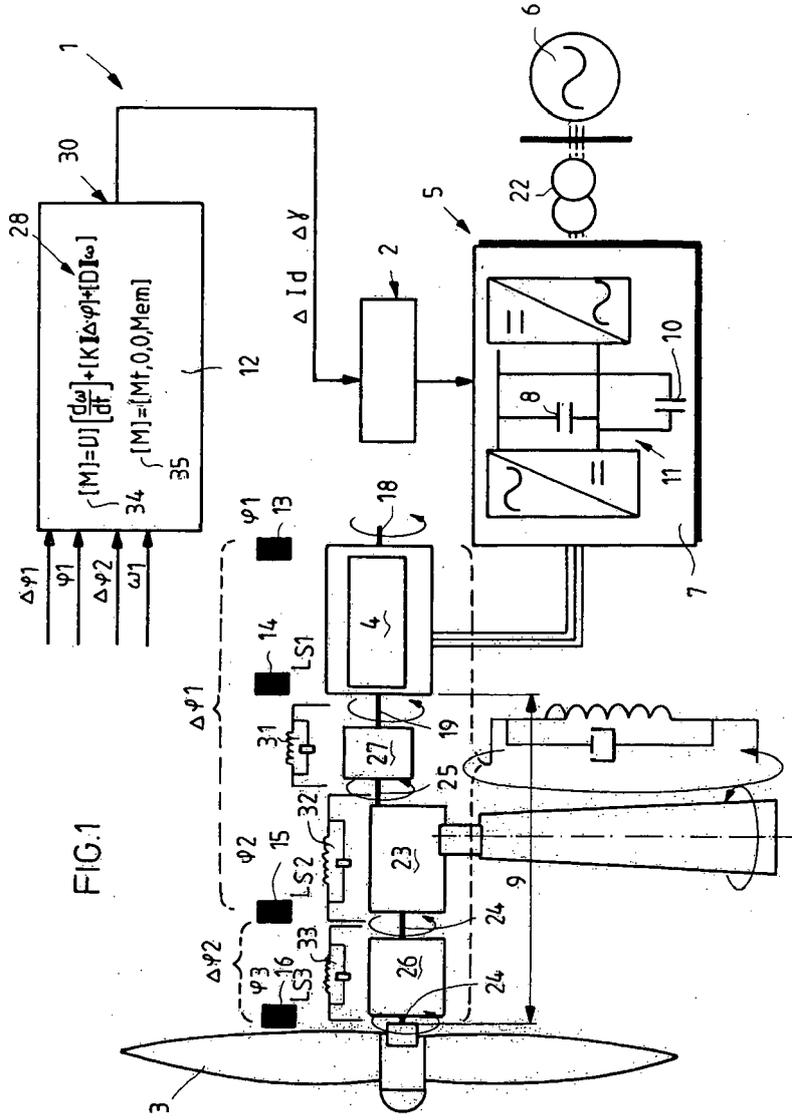
45 17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 16, caracterizado porque las oscilaciones transitorias más altas en el lado del generador y las oscilaciones resonantes en el tren (9) de accionamiento se modulan con el control de corriente del generador (4).

18. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 17, caracterizado porque se disponen sensores (13 a 17) de posición de ángulo de rotación al menos en el árbol (18) secundario del generador (4), el árbol (19) de

accionamiento del generador (4) y en el rotor (3), cuyos valores de medición proporcionan magnitudes de entrada para la unidad (30) de control central.

5 19. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 18, caracterizado porque además de los sensores (13 a 17) de posición de ángulo de rotación se detectan las relaciones de viento mediante un sensor (20) de viento y se tienen en cuenta en el modelo.

20. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 19, caracterizado porque además de los sensores (13 a 17) de posición de ángulo de rotación se detecta la posición de las palas de rotor mediante un sensor para el ángulo de desplazamiento de las palas de rotor y se tiene en cuenta en el modelo.



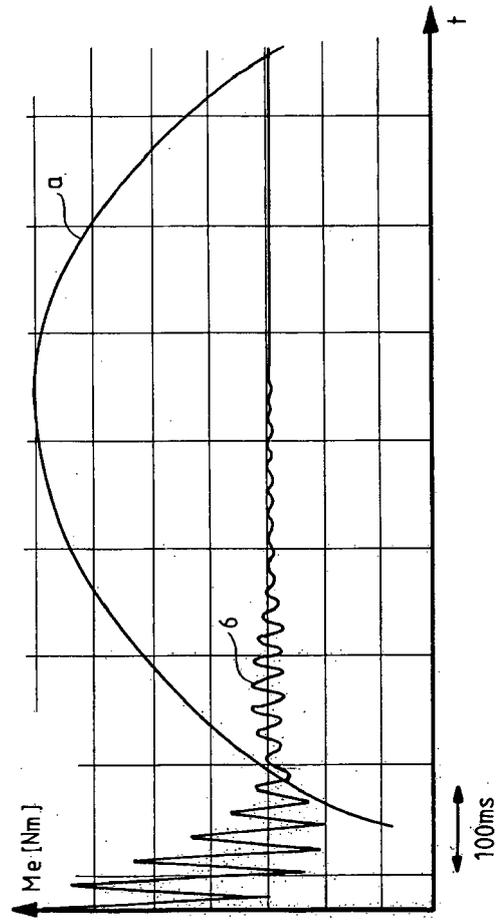


FIG. 2

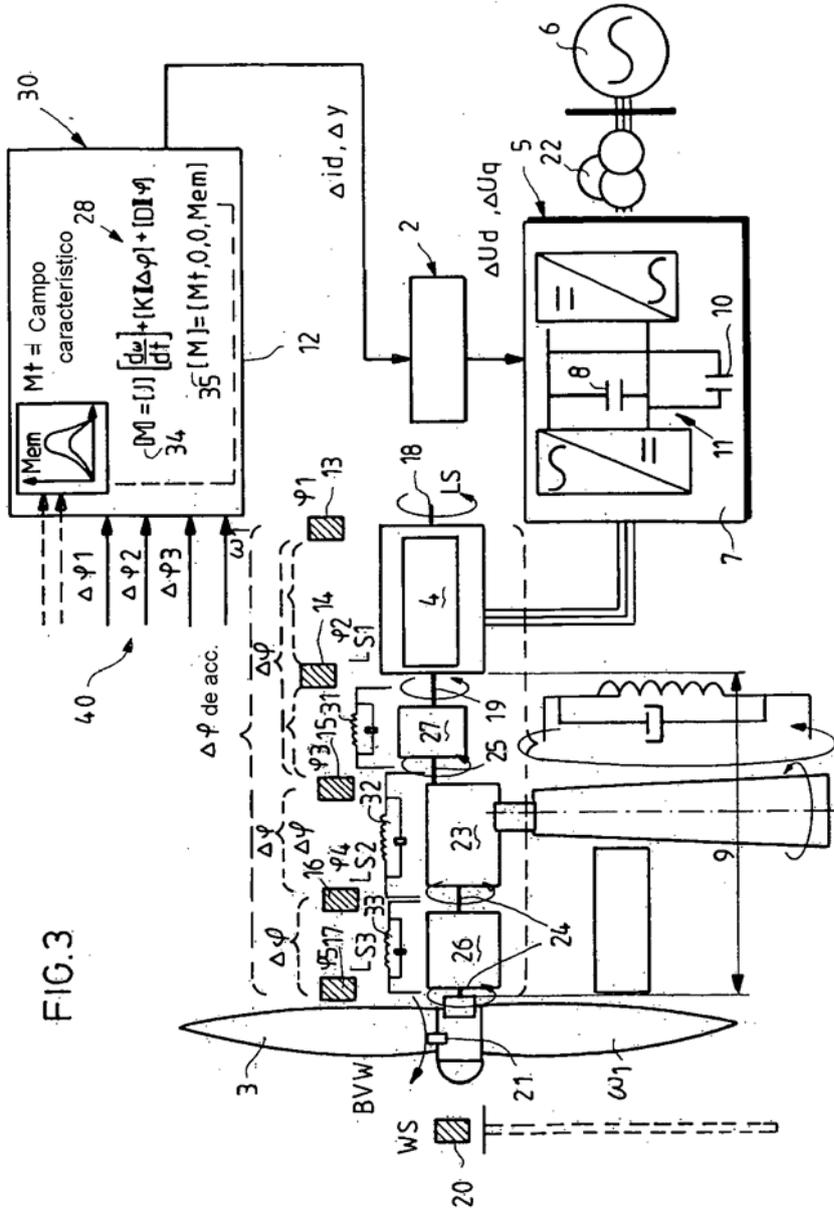


FIG. 3

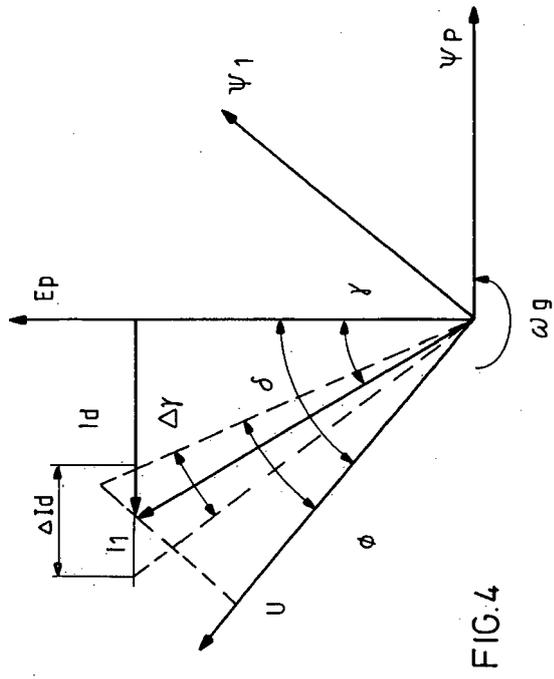


FIG. 4