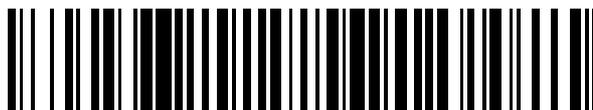


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 201**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2009 E 09154820 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2013 EP 2108827**

54 Título: **Amortiguador de vibración de tren de transmisión de aerogenerador basado en un modelo**

30 Prioridad:

14.03.2008 US 48607

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

29.08.2013

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

SCHOLTE-WASSINK, HARTMUT

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 421 201 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

Amortiguador de vibración de tren de transmisión de aerogenerador basado en un modelo

La presente invención se refiere, en general, a aerogeneradores e plantas de energía eólica. En particular, la invención se refiere a un procedimiento para reducir la oscilación mecánica en una planta de energía eólica.

5 Específicamente, la invención se refiere a una planta de energía eólica y a un procedimiento de funcionamiento de una granja eólica que comprende una pluralidad de plantas de energía eólica.

En los últimos años, los aerogeneradores han aumentado de tamaño y de potencia nominal. Con lo cual, correspondientemente la tensión mecánica ha aumentado también en las piezas de construcción como las piezas rotatorias de la planta de energía eólica. En particular, las condiciones del viento altamente turbulentas o inestables
10 pueden producir vibraciones y oscilaciones en la planta de energía eólica y, de este modo, pueden conducir a un gran desgaste mecánico de la misma. La tensión mecánica puede ser compensada proporcionando resistencia material adicional y materiales de mayor calidad. Esto, sin embargo, conduce a costes de producción considerablemente mayores y puede incluso no proporcionar la fiabilidad necesaria esperada de estos sistemas. De este modo, las mayores dimensiones de las piezas y el aumento de la resistencia material puede reducir la
15 competitividad de las plantas de energía eólica en comparación con otras maneras de generar energía y de este modo pueden no proporcionar una solución satisfactoria.

El documento EP 1 643 122 describe un sistema y procedimiento de amortiguación de vibración para aerogeneradores de velocidad variable.

Varios aspectos y realizaciones de la presente invención son definidos en las reivindicaciones adjuntas.

20 Otras realizaciones adicionales están dirigidas a procedimientos de funcionamiento de una granja eólica que comprenden una pluralidad de plantas de energía eólica, aplicando los procedimientos los procedimientos para reducir la oscilación mecánica como se describe en el presente documento.

Otras realizaciones, aspectos, ventajas y características que se pueden aplicar solo o que pueden combinarse de cualquier manera apropiada serán evidentes a partir de la descripción, los dibujos adjuntos y las reivindicaciones
25 dependientes.

Una divulgación completa e instrumental de la presente invención que incluye el modo preferido de la misma, a un experto en la técnica se expone más en particular en el resto de la memoria, incluyendo la referencia a las figuras adjuntas. Ahora se hará referencia en detalle a las diversas realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las
30 cuales están ilustrados en las figuras. Cada ejemplo es provisto a modo de explicación de la invención no constituyen una limitación de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización pueden usarse en, o junto con, otras realizaciones para producir otra realización adicional. Cabe entender que la presente invención incluye tales modificaciones y variaciones.

En los últimos años, las plantas modernas de energía eólica han experimentado un aumento de tamaño, lo cual incluye un aumento de la longitud de sus palas de rotor y su diámetro de rotor. En los últimos años, se han instalado
35 de manera habitual plantas de energía eólica de megavatios y multimegavatios. Debido al gran tamaño y la potencia nominal, las cargas y la tensión mecánica que actúan sobre las plantas de energía eólica y sus componentes han aumentado de manera significativa. En consecuencia, en particular cuando las condiciones del viento son turbulentas o inestables, tienen que enfrentarse a oscilaciones y vibraciones mecánicas considerables que tienden a reducir la vida útil esperada de las plantas de energía eólica.

40 Según las realizaciones descritas en el presente documento, se reduce la tensión mecánica, que se entiende que son fuerzas o pares causados por el viento que actúan sobre las piezas fijas, móviles o rotativas de la planta de energía eólica. En consecuencia se reduce sustancialmente el desgaste mecánico de estas piezas de la planta de energía eólica.

Una realización se refiere a un procedimiento para reducir la oscilación mecánica en una planta de energía eólica que comprende una pluralidad de palas de rotor, un tren de transmisión de aerogenerador y un generador, en el que
45 las palas de rotor están conectadas de manera rotativa al generador por el tren de transmisión de aerogenerador. El procedimiento comprende las etapas de modelizar matemáticamente la respuesta dinámica y/o la función de transferencia de un grupo de piezas rotativas que comprenden al menos el tren de transmisión de aerogenerador, y determinar la respuesta dinámica del grupo; en funcionamiento de la planta de energía eólica, determinar un primer
50 parámetro característico de la oscilación mecánica en una primera ubicación, controlar el funcionamiento de la al menos una pieza rotativa en respuesta a la respuesta dinámica y/o la función de transferencia del grupo y al menos el primer parámetro.

Las plantas de energía eólica convierten una porción de la energía cinética contenida en el viento en una forma más utilizable de energía por un generador que está conectado operativamente a las palas de rotor. La conexión entre
55 las palas de rotor rotativas y el generador es establecida por el tren de transmisión de aerogenerador que incluye un eje de rotor rotativo y puede incluir una caja de engranajes, si es necesaria una conversión de frecuencia para que el

generador funcione con una eficiencia óptima. El generador puede ser un generador eléctrico para generar energía eléctrica. El generador podría ser también un compresor para comprimir un gas o una bomba para bombear un líquido dentro de un depósito de presión para almacenar la energía como energía mecánica potencial en un recipiente de presión.

- 5 Como el sistema que comprende palas de rotor, el generador y el tren de transmisión de aerogenerador, incluye un número de piezas móviles y/o rotativas, el sistema está sometido a vibración y oscilación, cuando el viento actúa sobre la planta de energía eólica y las palas de rotor en particular. En consecuencia, el viento puede excitar el sistema y someterlo a resonancia. En resonancia, hay un aumento de resonancia de amplitudes de oscilación respecto de pares y fuerzas respectivamente, y las fuerzas y pares momentáneos pueden sobrepasar las fuerzas y pares de excitación por un factor de un múltiplo. Este efecto es particularmente importante si la amortiguación en el sistema es bajo. A la frecuencia de resonancia, las piezas mecánicas de las plantas de energía eólica están sometidas a una tensión considerablemente mayor que implica un desgaste mecánico correspondientemente aumentado que puede conducir eventualmente a un fallo prematuro del sistema

- 15 El término "respuesta dinámica" está estrechamente relacionado con el término "respuesta de impulso" y describe la manera en que el sistema responde cuando está sometido a una excitación general. La respuesta dinámica describe la manera en que se comporta el sistema. El término "función de transferencia" es la representación matemática de la relación entre la entrada, es decir, la excitación en forma de fuerzas o pares inducidos por el viento, y la salida, por ejemplo, la manera en que el sistema gira, vibra y/o oscila. De este modo, la función de transferencia de un sistema caracteriza el sistema tal cual y puede ser (si el sistema se comporta de una manera lineal) independiente de la excitación específica. Modelizando matemáticamente la respuesta dinámica, respectivamente la función de transferencia del grupo de piezas rotativas, se puede predecir el comportamiento mecánico del grupo en funcionamiento (al menos en gran medida). En particular, modelizando matemáticamente la respuesta dinámica de un grupo de piezas rotativas que incluye al menos el tren de transmisión de aerogenerador, se pueden localizar e identificar frecuencias críticas, tales como frecuencias de resonancia, es decir, las denominadas propias del sistema. Este conocimiento puede ser usado para predecir el comportamiento del grupo y puede ser usado para reducir la oscilación mecánica.

El primer parámetro es un espectro de frecuencias. El parámetro puede ser momentáneo o promediado en el tiempo. El primer parámetro es medido en una primera localización. Puede ser medido en o en algún lugar a lo largo del tren de transmisión de aerogenerador, en o sobre un cojinete o en las palas de rotor.

- 30 Con el conocimiento de la respuesta dinámica y/o la función de transferencia del grupo de piezas rotativas, se pueden aplicar fuerzas o pares a al menos una pieza rotativa, por ejemplo al tren de transmisión de aerogenerador, para de este modo anular por interferencia destructiva o amortiguar las oscilaciones mecánicas. Esto es particularmente útil si la interferencia destructiva y/o amortiguación se produce en lugares que son de modo particular mecánicamente sensibles tales como en las cajas de transmisiones. En consecuencia, las oscilaciones mecánicas se pueden reducir, o incluso prevenir, de manera significativa.

Como la respuesta dinámica y/o la función de transferencia puede ser prevista por el módulo matemático, no solo es posible tomar medidas contra estas oscilaciones después de que hayan emergido, es decir reaccionar a una situación que ya se ha producido. En su lugar es posible identificarlas por adelantado y suprimirlas activamente por adelantado, antes de que produzcan.

- 40 Por ejemplo, si el generador es un generador eléctrico, los pares de vibración a lo largo del tren de transmisión de aerogenerador pueden ser compensados por un control de par electrónico asociado al generador eléctrico antes de los pares de vibración a lo largo del tren de transmisión de aerogenerador sean llevados en resonancia. De manera alternativa o además, el paso de las palas de rotor o una excentricidad de una masa excéntrica puede ser controlado para de este modo reducir o incluso prevenir por adelantado la oscilación mecánica.
- 45 En una realización, controlar el funcionamiento incluye controlar el par, o la frecuencia angular, en el tren de transmisión de aerogenerador por el generador.

- En una realización adicional, controlar el funcionamiento incluye controlar un paso de pala de la menos una pala de rotor o la posición o desplazamiento de una masa excéntrica. El paso de la pluralidad de palas de rotor puede ser diferente para las diferentes palas de rotor para reducir, compensar o incluso prevenir la oscilación mecánica en la planta de energía eólica.

- 50 Conociendo la respuesta dinámica y/o la función de transferencia del sistemas, los pares o fuerzas se pueden superponer al tren de transmisión de aerogenerador para de este modo poner uno o más puntos nodales del sistema resonante en lugares que son críticos respecto de un aumento de resonancia o que son simplemente críticos frente oscilación mecánica tal como los engranajes las cajas de engranajes. Colocando, los nodos de resonancia en una caja de engranajes, la caja de engranaje está protegida contra resonancia excesiva y de este modo tiene una mayor vida útil. Además de colocar puntos nodales en ubicaciones críticas y reducir las oscilaciones en estas ubicaciones por interferencia destructiva, las oscilaciones pueden también ser amortiguadas activamente lo cual significa que la energía inherente a los modos de resonancia son retirados del sistema controlando el funcionamiento de la al menos

una pieza rotativa de manera apropiada.

En otra realización, la medición del primer parámetro característica de la oscilación mecánica en la primera localización se puede usar para controlar el comportamiento mecánico efectivo de las piezas rotativas en una localización distinta y potencialmente remota de la primera localización.

- 5 La respuesta dinámica y/o la función de transferencia esperada o prevista del subgrupo pueden especificarse mediante las frecuencias de resonancia o frecuencias propias del subgrupo

En una realización adicional, el procedimiento comprende la etapa de, en funcionamiento de la planta de energía eólica, determinar un segundo parámetro característico de la oscilación en una segunda localización en el subgrupo, y controlar el funcionamiento de al menos una pieza rotativa teniendo en cuenta el segundo parámetro. El segundo parámetro, al igual que el primer parámetro, es un espectro de frecuencias. El funcionamiento de la al menos una pieza rotativa puede tener en cuenta el segundo parámetro y de este modo se puede usar para compensar, además, oscilaciones o vibraciones indeseadas en el sistema.

- 10

En una realización adicional, el procedimiento comprende la etapa de, en funcionamiento de la planta de energía eólica, determinar un parámetro adicional característico de la oscilación en una localización adicional y un subgrupo, y controlar el funcionamiento de al menos una pieza rotativa teniendo en cuenta el parámetro adicional. El parámetro adicional puede del mismo tipo que el primer y el segundo parámetros.

- 15

El control del funcionamiento incluye aplicar activamente fuerzas de amortiguación o pares de amortiguación a al menos una de las piezas rotativas. De manera alternativa o además, la etapa de control del funcionamiento incluye superponer fuerzas o pares de amortiguación adicionales a al menos una de las piezas rotativas para anular por interferencia destructiva o amortiguar las fuerzas y/o pares en localizaciones críticas.

- 20

En una realización, la etapa de modelización matemática, incluye modelizar la respuesta dinámica y/o la función de transferencia de un componente de sistema eléctrico de las plantas de energía eólica. Como la respuesta dinámica y/o la función de transferencia del componente de sistema electrónico puede volver a conectarse a la respuesta dinámica y/o función de transferencia del sistema mecánico, la modelización del sistema eléctrico y la inclusión de esta información en el control global ayuda a identificar y reducir oscilaciones y vibraciones indeseadas causadas por el flujo de viento inestable o turbulento. El componente de sistema eléctrico puede ser, el generador, o un convertidor cc-ca para convertir la salida rectificadora del generador.

- 25

En una realización adicional, la etapa de modelización matemática incluye modelizar matemáticamente las palas de rotor.

- 30 En otra realización adicional, la etapa de modelización matemática del tren de transmisión de aerogenerador tiene en cuenta las distribuciones de masas específicas del tren de transmisión de aerogenerador.

El parámetro característico de la oscilación es un espectro de frecuencias.

En una realización adicional, un procedimiento de funcionamiento de una granja eólica comprende una pluralidad de plantas de energía eólica en el que el procedimiento aplica el procedimiento de reducción de oscilación mecánica descrito anteriormente.

- 35

En otra realización adicional, una planta de energía eólica comprende una pluralidad de palas de rotor, un tren de transmisión de aerogenerador y un generador, en la que las palas de rotor están conectadas de manera rotativa al generador por el tren de transmisión de aerogenerador, controlado, además, la planta de energía eólica, una unidad de control central para controlar el funcionamiento de la planta de energía eólica, comprendiendo la unidad de control central un módulo de modelización para proporcionar una respuesta dinámica y/o una función de transferencia de al menos un grupo de piezas rotativas de la planta de energía eólica basada en un módulo matemático, comprendiendo el grupo de piezas rotativas al menos el tren de transmisión de aerogenerador; un primer detector para determinar, en funcionamiento de la planta de energía eólica, un primer parámetro característico de la oscilación de una primera localización; y un módulo de control para controlar el funcionamiento del al menos una pieza rotativa en respuesta a la respuesta dinámica y/o la función de transferencia del grupo y al menos el primer parámetro. El módulo de modelización proporciona la respuesta dinámica y/o la función de transferencia del tren de transmisión de aerogenerador y puede incluir, además, la respuesta dinámica y/o la función de transferencia de las palas de rotor y el generador.

- 40
- 45

La respuesta dinámica y/o la función de transferencia de estas piezas se usa para controlar el funcionamiento de al menos una pieza rotativa, por ejemplo, el funcionamiento de al menos una pieza rotativa, por ejemplo una caja de engranajes situada a lo largo del tren de transmisión de aerogenerador, para reducir y/o incluso prevenir vibraciones u oscilaciones en lugares mecánicamente sensibles donde las vibraciones u oscilaciones podrían el sistema bajo desgaste mecánico de acceso.

- 50

El módulo de modelización puede, bien determinar o proporcionar la respuesta dinámica y/o la función de transferencia sobre una base en línea, o puede tener la respuesta dinámica respectivamente la función de

- 55

transferencia del grupo de piezas rotativas almacenada en una memoria.

5 En una realización adicional, la planta de energía eólica comprende, además, un segundo detector para determinar, en funcionamiento de la planta de energía eólica, un segundo parámetro característico de la oscilación de una segunda localización. La planta de energía eólica puede comprender uno o más detectores para determinar, en funcionamiento de la planta de energía eólica, uno o más parámetros característicos de la oscilación en una localización adicional o localizaciones adicionales.

10 El estado dinámico actual del grupo de piezas rotativas se puede determinar sobre la base del modelo matemático y los resultados de medición del al menos un detector en la al menos una localización. En efecto, el comportamiento del sistema se puede predecir, de manera que se pueden tomar por adelantado medidas para amortiguar activamente o anular las vibraciones u oscilaciones.

Al menos una pieza rotativa está controlada por el módulo de control para de este modo reducir vibraciones y oscilaciones en la misma u otra pieza rotativa. El módulo de control se puede usar para controlar la oscilación o vibración alejada de la al menos una pieza rotativa usando el realimentación que es establecida por el tren de transmisión de aerogenerador y la respuesta dinámica y/o la función de transferencia del sistema.

15 Las piezas rotativas pueden ser una pala de rotor o una masa excéntrica. La pieza rotativa también puede ser un componente del generador, el tren de transmisión de aerogenerador, o una caja de engranajes del tren de transmisión de aerogenerador. El módulo de control puede comprender, además, un control de par electrónico.

20 Con la ayuda del control de par electrónico, el generador eléctrico de la planta de energía eólica se puede usar para proporcionar activamente pares y/o fuerzas al tren de transmisión de aerogenerador y de este modo para amortiguar o anular vibraciones u oscilaciones en zonas mecánicamente sensibles.

Otros aspectos y desarrollos que se pueden combinar de cualquier manera apropiada con los otros aspectos descritos en esta solicitud, la memoria y las reivindicaciones son descritos en las figuras, en las que:

25 La Fig. 1 muestra un dibujo esquemático que ilustra una planta de energía eólica en una vista lateral que incluye un sistema de amortiguación o amortiguador activo para reducir respectivamente la oscilación mecánica en la planta de energía eólica según realizaciones descritas en el presente documento.

La Fig. 2 muestra un dibujo esquemático adicional que ilustra una góndola de la planta de energía eólica según la Fig. 1 según realizaciones descritas en el presente documento.

30 La Fig. 1 muestra una realización a modo de ejemplo de una planta de energía eólica 1 que tiene palas de rotor 2 que son accionadas por el viento 24 para accionar un generador 4 que convierte una porción de la energía cinética contenida en el viento 24 en energía eléctrica utilizable que es distribuida por una línea eléctrica 32 a una red pública 25. La energía eléctrica generada por la planta de energía eólica 1 es convertida y controlada por componentes del sistema eléctrico 11.

35 La Fig. 2 muestra una realización de una góndola con las palas de rotor 2 que están fijadas a una primera pieza rotativa 5 que es un eje de rotor que está conectado operativamente a un generador eléctrico 4 por el tren de transmisión de aerogenerador 3 que incluye una segunda pieza rotativa 6 como caja de engranajes 20. La caja de engranajes 20 está conectada al generador eléctrico 4 por un eje rotativo como tercera pieza rotativa 7. Un primer detector 15 determina un espectro de frecuencias en una primera localización 8 y un segundo detector 17 determina un segundo espectro de frecuencias dentro de la caja de engranajes 20. Un detector adicional 18 está situado en una localización adicional 10 para recoger datos adicionales tales como una amplitud de vibración de la tercera pieza rotativa 7. Los parámetros detectados por los detectores 15, 17, 18 son suministrados a la unidad de control central 14 que incluye un módulo de modelización 26 para modelizar matemáticamente la respuesta dinámica y/o la función de transferencia de las piezas rotativas. La respuesta dinámica y/o la función de transferencia de las piezas rotativas 5, 6, 7 se almacena en una memoria 8 (no mostrada) del módulo de modelización 26. Dependiendo de la respuesta dinámica respectivamente función de transferencia y la entrada provista por los detectores 15, 17, 18 un módulo de control 16, 16' aplica fuerzas y/o pares efectivos a las piezas rotativas individuales 5, 6, 7 para de este modo reducir o incluso prevenir la oscilación en zonas sensibles tales como la caja de engranajes 20 o las palas de rotor 12. Aplicando un par apropiado usando un control de par eléctrico 21 asociado al generador 4, un punto nodal del sistema de resonancia representado por el tren de transmisión de aerogenerador 3 se desplaza dentro de la caja de engranajes 20 y de este modo protege la caja de engranajes contra su exposición a desgaste inducido por resonancia. Aplicando fuerzas de soporte apropiadas a las piezas rotativas 6, 7, las vibraciones en la caja de engranaje 20 están atenuadas o amortiguadas por el módulo de control 16". La tercera pieza 7 comprende una masa excéntrica 22 con el fin de reducir modos de vibración a lo largo de la tercera pieza rotativa 7. El paso de las palas de rotor 2 puede ser controlado por el módulo de control 16 y las vibraciones indeseadas en la primera pieza rotativa 5 se puede reducir con la misma. La energía eléctrica proporcionada por el generador 14 se procesa, además, por componentes del sistema eléctrico 11 que son un rectificador 12 y un convertidor cc-ca. La energía eléctrica así procesada es distribuida por línea eléctrica 23' a un transformador (no mostrada) en la base de la torre 19 de la planta de energía eólica 1. Basándose en el modelo matemático, además de la información acerca del comportamiento dinámico de las piezas rotativas de la planta de energía eólica 11 también se puede derivar y usar

información sobre el comportamiento dinámico de los componentes de sistema eléctrico 11 para reducir oscilaciones o vibraciones en la planta de energía eólica 1. En efecto, se prolonga la vida útil de la planta de energía eólica.

5 Una realización de la invención se refiere a un procedimiento para reducir la oscilación mecánica en una planta de energía eólica 1, que comprende una pluralidad de palas 2, un tren de transmisión de aerogenerador 3 y un generador 4, en el que las palas de rotor 2 están conectadas de manera rotativa al generador 4 por el tren de transmisión de aerogenerador 3. El procedimiento comprende las etapas: modelar matemáticamente la respuesta dinámica y/o la función de transferencia de un grupo de piezas rotativas 5, 6, 7 de la planta de energía eólica 1, comprendiendo el grupo de piezas rotativas 5, 6, 7 al menos el tren de transmisión de aerogenerador 3, y determinar respuesta dinámica y/o la función de transferencia del grupo; en funcionamiento de la planta de energía eólica 1, 10 determinar un primer espectro de frecuencias en una primera localización 8 y un segundo espectro de frecuencias dentro de una caja de engranajes 20, controlar el funcionamiento de al menos una pieza rotativa 4, 5, 6 en respuesta a la respuesta dinámica y/o la función de transferencia del grupo y el primer y segundo espectros de frecuencias aplicando un par usando el control de par eléctrico 21 asociado al generador 4 desplazando de este modo un punto nodal de un sistema de resonancia representado por el tren de transmisión de aerogenerador 3 dentro de la caja de engranajes 20 protegiendo de este modo la caja de engranajes del desgaste inducido por resonancia. 15

En efecto, se el desgaste mecánico inducido por resonancia, lo cual conduce a una mayor vida útil de la planta de energía eólica 1.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un procedimiento para reducir la oscilación mecánica en una planta de energía eólica (1) que comprende una pluralidad de palas de rotor (2), un tren de transmisión de aerogenerador (3) y un generador (4), en el que las palas de rotor (2) están conectadas de manera rotativa al generador (4) por el tren de transmisión de aerogenerador (3), comprendiendo el procedimiento las etapas de modelizar de manera matemática la respuesta dinámica y/o la función de transferencia de un grupo de piezas rotativas de la planta de energía eólica (1), comprendiendo el grupo de piezas rotativas al menos el tren de transmisión de aerogenerador (3), y determinar la respuesta dinámica y la función de transferencia del grupo;
- 5 en funcionamiento de la planta de energía eólica (1), determinar un primer espectro de frecuencias en una primera localización (8) y un segundo espectro de frecuencias dentro de una caja de engranajes (20), controlar el funcionamiento de al menos una pieza rotativa usando un control de par eléctrico (21) en respuesta a la respuesta dinámica y/o la función de transferencia del grupo y el primer y segundo espectros de frecuencias aplicando un par usando el control de par eléctrico (21) asociado al generador (4) desplazando de este modo un punto nodal de un sistema de resonancia representado por el tren de transmisión de aerogenerador (3) dentro de la caja de engranajes (20) protegiendo de este modo la caja de engranajes (20) del desgaste inducido por resonancia.
- 10 2.- El procedimiento según la reivindicación 1, en el que controlar el funcionamiento incluye controlar el par o la frecuencia angular en el tren de transmisión de aerogenerador (3) por el generador (4).
- 3.- El procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que controlar el funcionamiento incluye controlar el paso de pala de al menos una pala de rotor (2) o una masa excéntrica.
- 20 4.- El procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la respuesta dinámica y/o la función de transferencia del grupo está especificada por las frecuencias propias del grupo.
- 5.- El procedimiento según cualquier reivindicación anterior, que comprende, además, la etapa de, en funcionamiento de la planta de energía eólica (1), determinar un parámetro adicional característico de la oscilación en una localización adicional en el grupo, y controlar el funcionamiento de al menos una pieza rotativa teniendo en cuenta el parámetro adicional.
- 25 6.- El procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de control del funcionamiento incluye aplicar activamente fuerzas de amortiguación o pares de amortiguación a al menos una de las piezas rotativas (2).
- 7.- El procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la modelización matemática, incluye modelizar la respuesta dinámica y/o la función de transferencia de un componente de sistema eléctrico de la planta de energía eólica (1).
- 30 8.- El procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la modelización del sistema eléctrico incluye modelizar matemáticamente las palas de rotor (2).
- 9.- El procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la modelización matemática del tren de transmisión de aerogenerador (3) tiene en cuenta las distribuciones de masas específicas del tren de transmisión de aerogenerador.
- 35 10.-Un procedimiento de operación de una granja eólica que comprende una pluralidad de plantas (1) de energía eólica, aplicando el procedimiento el procedimiento de reducción de la oscilación mecánica definido en cualquier reivindicación precedente.
- 40 11.- Una planta de energía eólica (1) comprende una pluralidad de palas de rotor (2), un tren de transmisión de aerogenerador (3), y un generador (4), en la que las palas de rotor (2) están conectadas de manera rotativa al generador (4) por el tren de transmisión de aerogenerador (3), controlado, además, la planta de energía eólica, una unidad de control central (14) para controlar el funcionamiento de la planta de energía eólica, comprendiendo la unidad de control central
- 45 un módulo de modelización (26) para proporcionar una respuesta dinámica y/o una función de transferencia de al menos un grupo de piezas rotativas de la planta de energía eólica (1) basada en un módulo matemático, comprendiendo el grupo de piezas rotativas al menos el tren de transmisión de aerogenerador (3);
- 50 un primer detector (15) para determinar, en funcionamiento de la planta de energía eólica (1), un primer espectro de frecuencias en una primera localización (8);
- un segundo detector (17) para determinar un segundo espectro de frecuencia dentro de una caja de engranajes (20); y
- 55 un módulo de control (16) para controlar el funcionamiento del al menos una pieza rotativa que usa un control de par eléctrico (21) en respuesta a la respuesta dinámica y/o la función de transferencia del grupo y al menos un primer y segundo espectros de frecuencias aplicando un par usando el control de par

eléctrico (21) asociado al generador (4) desplazando de este modo un punto nodal de un sistema de resonancia representado por el tren de transmisión de aerogenerador (3) dentro de la caja de engranajes (20) protegiendo de este modo la caja de engranajes (20) del desgaste inducido por resonancia.

- 5 12.- La planta de energía eólica según la reivindicación 11, que comprende, además, un detector adicional (18) para determinar, en funcionamiento de la planta de energía eólica (1), un parámetro adicional característico de la oscilación en una localización adicional.

Fig 1

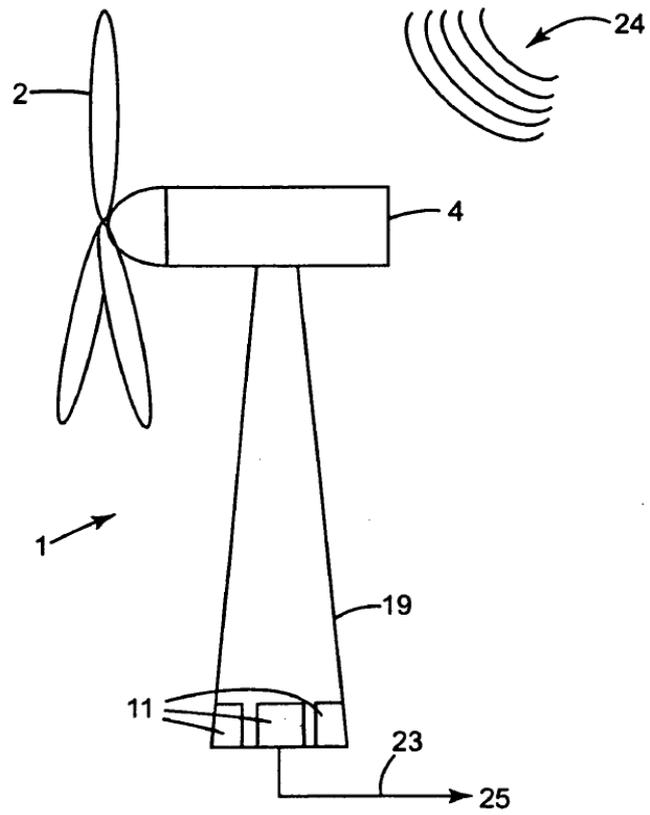


Fig 2

