

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 666**

51 Int. Cl.:  
**F03D 7/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08012871 .3**

96 Fecha de presentación: **16.07.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2146093**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.01.2010**

54 Título: **MÉTODO Y DISPOSICIÓN PARA AMORTIGUAR OSCILACIONES DE TORRE.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.02.2012**

73 Titular/es:  
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
WITTELSBACHERPLATZ 2  
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:  
**Bjerge, Martin y  
Egedal, Per**

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

**ES 2 374 666 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**

Método y disposición para amortiguar oscilaciones de torre

5 La invención se refiere a un método y a una disposición para amortiguar oscilaciones de torre.

Especialmente la invención se refiere a una torre de una turbina eólica, que porta una góndola en la parte superior.

10 Si una torre de turbina eólica oscila, se producirá el efecto de movimientos de la torre. Esto da como resultado una gran carga, que actúa sobre un sistema de guiñada montado de la torre eólica, sobre un engranaje dentro de la góndola de la turbina eólica y sobre la propia torre.

Se sabe cómo reducir este efecto mediante una denominada "amortiguación activa" de la oscilación de la torre.

15 El documento US 7.309.930 B2 describe una solución para amortiguar la vibración basándose en un par de torsión controlado. Un sistema de amortiguación de la vibración para la turbina eólica está montado en la torre. El sistema de amortiguación de la vibración comprende un amortiguador de la vibración, que usa una señal variable para controlar el par de torsión. La señal variable se basa en una velocidad de un generador.

20 Otro modo de ocuparse de las oscilaciones de la torre es diseñar construcciones mecánicas relevantes lo suficientemente fuertes como para tolerar fuerzas extra, que se inducen por los movimientos de la torre.

Adicionalmente, las partes de vástago relevantes tienen que cambiarse más a menudo debido al desgaste y desgarro.

25 El documento EP 1 816 347 A1 da a conocer una turbina eólica con un generador. El rotor de la turbina eólica se controla mediante un dispositivo de control para suprimir vibraciones. Las vibraciones se miden mediante un sensor de vibraciones.

30 El documento US 6.420.795 B1 da a conocer un generador de turbina eólica de velocidad variable. Un controlador de par de torsión controla el par de torsión del generador mientras que un controlador de cabeceo realiza una regulación del cabeceo basándose en la velocidad del rotor del generador.

35 El objetivo de la invención es proporcionar un método y una disposición mejorados para la amortiguación de oscilaciones de torre de una turbina eólica.

Este problema se resuelve mediante las características de la reivindicación 1 y 5. Realizaciones preferidas de la invención son el objeto de las reivindicaciones posteriores.

40 Según el método de la invención para amortiguar las oscilaciones de torre, se transforma una rotación en energía eléctrica mediante un generador, que está ubicado en la parte superior de la torre. La energía eléctrica se transforma de CA a CC y de nuevo a CA mediante un convertidor. El convertidor usa una señal de referencia de potencia para controlar la energía eléctrica suministrada. Se añade una señal de desfase de potencia variable a la señal de referencia de potencia, antes de usarse para el control. La señal de desfase de potencia variable se basa en un valor  
45 medio de la señal de referencia de potencia y se basa en una oscilación de lado a lado de la torre.

50 Según la invención, se cambia un punto de parámetro de potencia de modo que un par de torsión de la torre se hace oscilar con otra potencia. Esta potencia muestra la misma frecuencia que las oscilaciones de la torre pero muestra un desplazamiento de fase adaptado. El desplazamiento de fase se adapta de modo que las oscilaciones de la torre se reducen, de modo que se usa normalmente un desplazamiento de fase de 180°.

Las vibraciones u oscilaciones de la torre se miden mediante un sensor G en una realización preferida, mientras que este sensor podría colocarse en la parte superior de la torre o dentro de una góndola de una turbina eólica, etc.

55 La señal del sensor se filtra y se retarda para conseguir el desplazamiento de fase optimizado. Entonces, la señal de fase desplazada se multiplica por una señal de referencia de potencia media, para garantizar que la potencia de la señal que va a usarse para amortiguar la torre se modifique a escala con la señal de referencia de potencia media.

60 Entonces se añade la señal de amortiguación a la señal de referencia de potencia antes de usarse para controlar el convertidor.

65 La señal generada por la multiplicación se satura con una función de saturador suave en una realización preferida. Esto se realiza para garantizar que la amplitud de la señal no es demasiado grande ya que esto daría como resultado daño de la turbina eólica o daría como resultado grandes cargas en la turbina eólica. Debido a la saturación suave, se evitan armónicos de la frecuencia de la torre.

En la técnica anterior mencionada anteriormente la señal de velocidad del generador es una parte vital del sistema de control para amortiguar vibraciones de la torre. Usando el par de torsión como referencia tal como en el documento US 7309930 B2 para la referencia de potencia de amortiguación, la relación entre la referencia de potencia de amortiguación y la referencia de potencia media aumentará, cuando la potencia media disminuye y la velocidad del rotor es constante. Esto da como resultado un nivel de parpadeo alto en la red. En contraposición a esto, el método de la invención conduce a un nivel de parpadeo menor en la red de manera satisfactoria.

Una mejora avanzada ajustando la señal de referencia de potencia mediante multiplicación tal como en esta invención es que la señal de referencia de potencia ajustada muestra una relación constante con una señal de potencia media.

La invención se describe en más detalle con ayuda de un dibujo.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques del método de la invención para la amortiguación de oscilaciones de torre, y la figura 2 muestra con referencia a la figura 1 una posibilidad a modo de ejemplo para generar una función de saturador suave.

En referencia a la figura 1, una góndola de una turbina eólica porta varias palas (BL) que rotan con el viento. La rotación resultante actúa sobre un generador o motor (M), en el que la rotación se transforma en energía eléctrica.

La potencia de CA de frecuencia variable se transforma en una frecuencia estática para coincidir con una red conectada. Esta transformación se realiza mediante un convertidor (CONV), que es una combinación de un rectificador de generador y un inversor de red.

El rectificador de generador convierte CA en CC. El inversor de red convierte la CC de nuevo en CA con una frecuencia que coincide con la red conectada.

Se usa un controlador de potencia (PWC) para ajustar una energía eléctrica obtenida a partir de la rotación a un valor de potencia nominal. Este control se realiza mediante el uso de una señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ), que se lleva al convertidor (CONV).

Si se alcanza el valor de potencia nominal, la señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) se mantiene constante.

La señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) del controlador de potencia (PWC) se lleva al convertidor (CONV) mediante una unidad de suma (SUM). Con la ayuda de la unidad de suma (SUM), se modifica la señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) antes de que alcance el convertidor (CONV). De ese modo, la señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) se lleva como una primera señal de entrada a la unidad de suma (SUM).

La señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) también se usa para generar una segunda señal de entrada para la unidad de suma (SUM) para la modificación.

La señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) se lleva también a un filtro de paso bajo (LPF). El filtro de paso bajo (LPF) calcula un valor de potencia media (MPV) dependiendo de un intervalo de tiempo elegido. Normalmente se usan unos cuantos segundos como intervalo de tiempo.

El valor de potencia media (MPV) calculado se lleva como señal de entrada a una primera unidad de multiplicación (MUL1).

Hay un acelerómetro (ACC), que se usa para medir una señal de vibración de la torre. Por ejemplo, podría usarse un denominado "sensor G" para este fin, colocándose en la parte superior de la torre o dentro de la góndola de la turbina eólica.

Pero esta señal de vibración se ve interferida por otras señales como ruido, de modo que tiene que usarse una unidad (4) de filtración y ajuste de fase para eliminar las señales de interferencia de la señal de vibración medida.

Según esto, se miden una señal de aceleración (Acc X) y una señal de frecuencia de torre (TWRFRQ) y se usan para ajustar un filtro y un parámetro de retardo de la unidad (4) de filtración y ajuste de fase.

De ese modo, la unidad (4) de filtración y ajuste de fase genera una señal de salida que va a usarse como señal de entrada para una unidad de ganancia de amortiguación (DG).

La unidad de ganancia de amortiguación (DG) se usa para un ajuste de la amplitud de su señal de entrada para generar una señal, que representa la señal de aceleración (Acc\_x) con una amplitud que puede usarse para cálculos necesarios posteriormente.

## ES 2 374 666 T3

Esto conduce a una frecuencia de torre real (ATF), que se lleva también como señal de entrada a la primera unidad de multiplicación (MUL1).

5 La primera unidad de multiplicación (MUL1) calcula una señal de oscilación de la torre (TOS) como señal de salida. Esta señal de oscilación de la torre (TOS) se satura mediante una señal (3) de saturación suave, que muestra una denominada "función de saturación suave" tal como se describe ahora. Debido a la saturación, la unidad (3) de saturación suave construye una señal de salida de desfase de potencia.

10 La función de saturador suave tiene una ganancia, que se ajusta dinámicamente entre 0 y 1. Si los valores pico de la señal de oscilación de la torre (TOS) alcanza un límite de saturación predeterminado, la ganancia se reduce. De ese modo la señal de salida  $P_{\text{desfase}}$  se mantiene bajo el límite de saturación.

15 La ganancia se eleva dinámicamente etapa a etapa de nuevo, si los valores pico de la señal de oscilación de la torre (TOS) se reducen. La función de saturador suave se describe posteriormente a modo de ejemplo con ayuda de la figura 2.

La señal de referencia de potencia ( $P_{\text{ref}}$ ) y la señal de salida ( $P_{\text{desfase}}$ ) se suman mediante la unidad de suma (SUM) para generar la señal de referencia de potencia ( $P_{\text{refadj}}$ ) modificada, que se lleva al convertidor (CONV).

20 Esta señal de referencia de potencia ajustada ( $P_{\text{refadj}}$ ) se usa ahora para controlar el convertidor (CONV) tal como se describió anteriormente.

25 La figura 2 muestra con referencia a la figura 1 una posibilidad a modo de ejemplo para generar la función de saturador suave.

Una señal de salida (OSS) de una unidad de multiplicación (MUL) se lleva como señal de entrada a una unidad de saturación (SAT) Esta unidad (SAT) satura la señal (OSS) para definir su nivel máximo conduciendo a una señal de salida (outs).

30 Se calcula una señal de diferencia (DIFF) entre la señal (OSS) y la señal outs mediante una primera unidad de desviación (DEV1). Posteriormente, se calcula el valor absoluto de la señal de diferencia (DIFF) y se multiplica el resultado por un factor K para calcular una señal de dirección (SS).

35 El factor K representa con cuánta rapidez va a reducirse la señal (OSS).

La señal de dirección (SS) representa la saturación de la señal (OSS).

40 La señal de dirección (SS) se lleva como señal de entrada a una segunda unidad de desviación (DEV2). Se lleva también un tiempo de liberación (RT) como otra señal de entrada a la segunda unidad de desviación (DEV2).

Se usa una señal de salida de la segunda unidad de desviación (DEV2) para elegir un valor de referencia (RVV), que se lleva mediante una unidad de memoria (MEM) como señal de entrada a la unidad de multiplicación (MUL) y que se lleva como señal de entrada de nuevo a la segunda unidad de desviación (DEV2).

45 La segunda unidad de desviación (DEV2) calcula una diferencia entre sus señales de entrada tal como se muestra.

El valor de referencia (RVV) será normalmente "1". Si la unidad de saturación (SAT) recorta la señal (OSS), entonces el valor de referencia (RVV) cambia hacia "0".

50 Debido al bucle descrito, el valor de referencia (RVV) conducirá a una señal reducida (OSS). Se usa el valor de referencia (RVV) para evitar el recorte de la señal (OSS) dentro de la unidad de saturación (SAT).

**REIVINDICACIONES**

1. Método para amortiguar oscilaciones de torre de una torre de turbina eólica,
  - 5 - en el que la rotación de las palas con el viento se transforma en energía eléctrica mediante un generador (M), que está ubicado en la parte superior de la torre,
  - en el que la energía eléctrica se transforma de CA a CC y de nuevo a CA mediante un convertidor (CONV),
  - 10 - en el que el convertidor (CONV) usa una señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) para controlar la energía eléctrica suministrada,
  - en el que se añade una señal de desfase de potencia ( $P_{desfase}$ ) variable a la señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) antes de que se use para el control,
  - 15 - en el que la señal de desfase de potencia ( $P_{desfase}$ ) variable se basa en un valor medio de la señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ), y se basa en una oscilación de lado a lado de la torre,
  - 20 - y en el que la señal de desfase de potencia ( $P_{desfase}$ ) variable se calcula mediante una multiplicación de una primera señal (MPV), que representa el valor medio (MPV) de la señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ), y una segunda señal (ATF), que representa la oscilación de lado a lado de la torre, caracterizado porque
  - 25 - la señal de desfase de potencia ( $P_{desfase}$ ) variable se satura de manera suave sin recorte antes de añadirse a la señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ).
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el valor medio (MPV) de la señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) se calcula dependiendo de un intervalo de tiempo elegido.
- 30 3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la oscilación de lado a lado de la torre (ATF) se destina
  - midiendo una señal de vibración de la torre,
  - 35 - eliminando señales de interferencia de la señal de vibración, y
  - ajustando la amplitud de la señal libre de interferencias.
- 40 4. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la saturación suave se realiza
  - mediante el cálculo de una señal de oscilación de la torre (TOS) multiplicando la primera señal (MPV) por la segunda señal (ATF),
  - 45 - eligiendo un factor de ganancia que va a multiplicarse por la señal de oscilación de la torre (TOS),
  - reduciendo el factor de ganancia dinámicamente, si los valores pico de la señal de oscilación de la torre (TOS) alcanzan un límite de saturación predeterminado,
  - 50 - para mantener la señal de desfase de potencia ( $P_{desfase}$ ) variable bajo el límite de saturación.
5. Disposición para amortiguar oscilaciones de torre de una torre de turbina eólica según el método de las reivindicaciones anteriores,
  - 55 - con un generador (M), que transforma la rotación de las palas en energía eléctrica,
  - con un convertidor (CONV), que está conectado con el generador (M) y que transforma la potencia de CA de frecuencia variable en una potencia de CA de frecuencia estática para coincidir con una red conectada,
  - 60 - con un controlador de potencia (PWC), que está conectado con el convertidor (CONV), de modo que se usa una señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) del controlador de potencia (PWC) para controlar el convertidor para ajustar una energía eléctrica obtenida a partir de la rotación a un valor de potencia nominal
  - 65 - que hay una unidad de suma (SUM) entre el controlador de potencia (PWC) y el convertidor (CONV), que está conectado con los mismos para añadir una señal de desfase de potencia ( $P_{desfase}$ ) variable a la señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) antes de usarse para controlar el convertidor (CONV), mientras que la señal de desfase de potencia ( $P_{desfase}$ ) variable se basa en un valor medio (MPV) de la señal de referencia de

potencia ( $P_{ref}$ ) del controlador de potencia (PWC) y se basa en una oscilación de lado a lado de la torre (ATF),

5 - y en la que el controlador de potencia (PWC) está conectado con un primer multiplicador (MUL1), que calcula la señal de desfase de potencia ( $P_{desfase}$ ) variable multiplicando el valor medio de la señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) del controlador de potencia (PWC) por la oscilación de lado a lado de la torre, caracterizada porque

10 - hay una unidad para la saturación entre el primer multiplicador (MUL1) y la unidad de suma (SUM) para saturar la señal de desfase de potencia ( $P_{desfase}$ ) variable sin recorte antes de usarse para el control del convertidor (CONV).

6. Disposición según la reivindicación 5, caracterizada porque el controlador de potencia (PWC) está conectado mediante una unidad de filtración (LPF) con el primer multiplicador (MUL1), mientras que la unidad de filtración (LPF) calcula el valor medio de la señal de referencia de potencia ( $P_{ref}$ ) dependiendo de un intervalo de tiempo predeterminado.

7. Disposición según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado porque,

20 - hay un acelerómetro ACC, que se usa para medir una señal de vibración de la torre,

- hay una unidad para la filtración y el ajuste de fase, que está conectada con el acelerómetro ACC, para eliminar señales de interferencia de la señal de vibración medida,

25 - hay una unidad de ganancia de amortiguación (DG), conectada con la unidad de filtración y ajuste de fase, para ajustar una amplitud de la señal de vibración libre de interferencias, que representa la oscilación de lado a lado de la torre (ATF), y

30 - la unidad de ganancia de amortiguación (DG) está conectada con el primer multiplicador (MUL1), para calcular la señal de desfase de potencia ( $P_{desfase}$ ) variable mediante multiplicación.

8. Disposición según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizada porque la torre es una torre que porta una turbina eólica o una góndola.

FIG 1

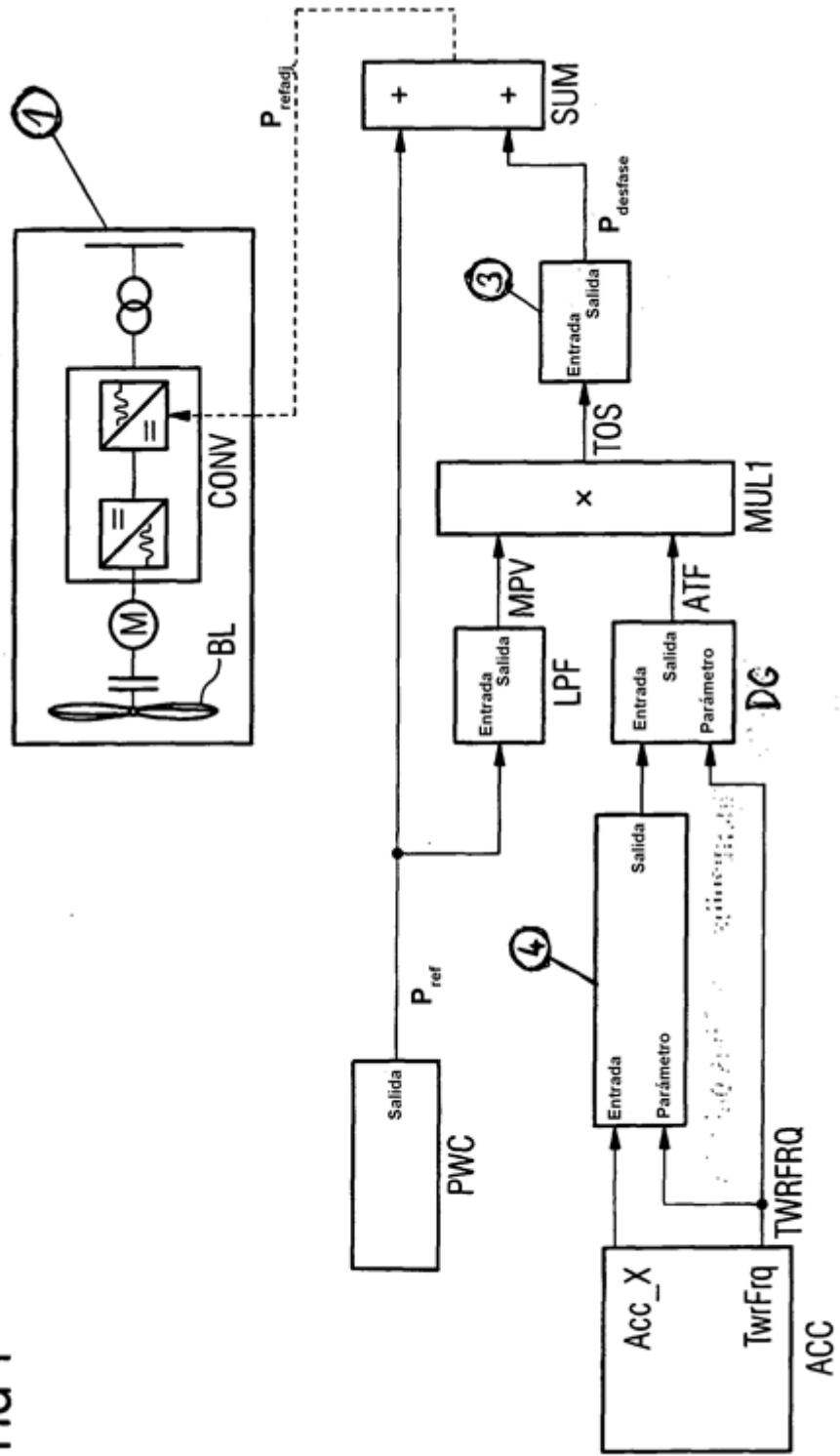


FIG 2

