

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 019 007**

51 Int. Cl.:

**F16F 7/116**

(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.11.2015** **PCT/EP2015/002363**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.06.2016** **WO16087030**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2015** **E 15808539 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2025** **EP 3227579**

54 Título: **Amortiguador de péndulo adaptativo con dispositivo de resorte vertical**

30 Prioridad:

**05.12.2014 EP 14004123**

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

**20.05.2025**

73 Titular/es:

**ESM ENERGIE- UND SCHWINGUNGSTECHNIK  
MITSCH GMBH (100.00%)**

**Energiestrasse 1  
64646 Heppenheim, DE**

72 Inventor/es:

**DÖRSAM, MATHIAS y  
SEEGER, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**ILLESCAS TABOADA, Manuel**

ES 3 019 007 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 péndulo adaptativo con dispositivo de resorte vertical

- 5 La invención se refiere a un amortiguador de péndulo para amortiguar vibraciones no deseadas en sistemas sensibles a las vibraciones, por ejemplo, estructuras altas y torres, en particular instalaciones de energía eólica.

La invención se refiere en particular a un amortiguador de péndulo cuyas características de vibración y, por lo tanto, las capacidades de amortiguación, como frecuencia y amplitud, se pueden ajustar en un amplio rango. Según la  
10 invención, esto se consigue según la invención mediante un dispositivo de resorte, que actúa en dirección predominantemente vertical y presenta en su totalidad una curva característica de resorte predominantemente progresiva o no lineal.

En particular, las instalaciones de energía eólica (WKA, por sus siglas en alemán) son sistemas propensos a las vibraciones. Para mantener baja la amplitud de vibración de la WKA bajo excitación en resonancia, habitualmente se integran dispositivos de amortiguación en el sistema WKA. Estos amortiguadores deben ajustarse a la frecuencia de resonancia de la respectiva WKA. La rigidez de la WKA, su masa y la rigidez de la base, que también depende de las condiciones del suelo, determina en este caso principalmente la frecuencia natural de la WKA.

20 Una base rígida conduce a una alta frecuencia de resonancia de la WKA y viceversa. Una masa más baja conduce a una frecuencia natural más alta de la WKA y viceversa. Esta situación se aplica exactamente a la colocación de la instalación. A este respecto, hay estados temporales donde solo la torre sin góndola y rotor se puede excitar en resonancia por el viento. En este caso, la frecuencia natural de la WKA semiacabada es mucho más alta que la instalación posterior ya instalada. Algo similar puede ocurrir al erigir o construir estructuras altas y estrechas (torres,  
25 rascacielos, etc.).

Para poder obtener un rendimiento óptimo del amortiguador, la frecuencia de amortiguador debe ser adaptable y variable a la respectiva frecuencia de la instalación, en particular a la frecuencia de la torre en un gran rango.

30 Si, por ejemplo, se considera un amortiguador de péndulo simple (variante 1; fig. 1) como una masa puntual, entonces su frecuencia solo depende de la longitud de péndulo  $l_1$  (2). La relación física se puede describir de la siguiente manera:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{l_1}}$$

35

$g$  Constante gravitacional [ $\text{m/s}^2$ ]  
 $l_1$  Longitud de péndulo [m]

Por lo tanto, la frecuencia solo puede verse afectada por la longitud de péndulo. Sin embargo, en la práctica, en particular en el caso de WKA con espacio limitado, esto solo se puede cambiar de forma limitada.

Para obtener posibilidades de ajuste adicionales para la frecuencia de amortiguación de un amortiguador de péndulo, la variante 1 puede completarse habitualmente con resortes horizontales. En la variante 2.1, estos resortes horizontales (4) atacan a la altura de la masa de amortiguación (3). En la variante 2.2, estos se desplazan en la  
45 dirección del punto de suspensión (1) (fig. 2).

Esta relación física de los sistemas 2.1 y 2.2 se puede describir de la siguiente manera:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{C \cdot l_2^2}{m \cdot l_1^2} + \frac{g}{l_1}} \quad \text{Ecuación 1; variante 2.2}$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{C}{m} + \frac{g}{l_1}} \quad \text{Ecuación 2; variante 2.1}$$

50

$g$  Constante gravitacional [ $\text{m/s}^2$ ]  
 $l_1$  Longitud de péndulo [m]

l2	Longitud del punto de giro hasta el punto de ataque resorte horizontal [m]
C	Rigidez de resorte del resorte horizontal [N/m]
m	Masa de amortiguación [kg]

5 Se puede ver que la frecuencia de amortiguación ahora se puede ajustar a través de varios parámetros.

Ya se han descrito con frecuencia soluciones de este tipo en el estado de la técnica. Los resortes horizontales (4) están solicitados en este caso a tracción. A través de la posición de montaje, los resortes horizontales (4), en la variante 2.1, ven la misma trayectoria que la masa de amortiguación (3).

10

Como resultado, estos están muy solicitados dinámicamente, lo que hace que un diseño duradero, con un espacio de construcción dado, sea muy difícil o imposible.

15 Para minimizar el recorrido de los resortes horizontales (4), estos se pueden desplazar más en la dirección del punto de suspensión del amortiguador (1) (variante 2.2). En esta posición, estos ven menos camino, sin embargo, en esta constelación, la rigidez de resorte de estos resortes debe aumentar para lograr el mismo rendimiento en comparación con la variante 2.1. Además, esto requiere una longitud de péndulo rígida a la flexión (2), lo que de hecho excluye el uso de cables.

20 Si la masa se mueve hacia la derecha, entonces se sigue tirando del resorte horizontal izquierdo (4) y se descarga el resorte horizontal derecho (4). En esta constelación, se debe garantizar que el resorte de descarga no se descargue por completo. Esto condiciona que este resorte horizontal (4) esté pretensado en la posición central más de lo que puede ascender el recorrido de oscilación de la masa de amortiguación (3). Este hecho dificulta el montaje.

25 Como ya se ha mencionado, la frecuencia de amortiguación depende puramente de la rigidez de resorte del resorte horizontal (4) y de la longitud de péndulo. Si ahora se va a ajustar otra frecuencia, entonces, con una longitud de péndulo (2) constante dada, se debe montar un resorte horizontal (4) con otra rigidez de resorte, como esto también se puede encontrar a menudo en el estado de la técnica. Sin embargo, un aumento de la fuerza de pretensión de resorte no tiene ninguna influencia en la frecuencia de amortiguación.

30

El documento SU 1076662 da a conocer un amortiguador de vibraciones para una estructura alta y estrecha, que comprende esencialmente un péndulo con una masa de amortiguación y un dispositivo de resorte en forma de un resorte en espiral, donde el resorte en espiral cilíndrico está instalado por debajo de la masa de amortiguación y está dispuesto de modo que toda la fuerza de resorte del dispositivo de resorte actúa esencialmente en dirección vertical.

35 A este respecto, la masa de amortiguación está conectada a través del resorte en espiral a un punto de fijación en la estructura o el edificio. También en esta solución, la rigidez de resorte del dispositivo de resorte permanece esencialmente igual, y la frecuencia de amortiguación no se puede cambiar sin otras medidas.

40 Por lo tanto, el objetivo consistía en proporcionar un amortiguador de péndulo, a través del cual la frecuencia de amortiguación pueda ajustarse de forma variable de manera sencilla con una longitud de péndulo inalterada.

Ahora se ha encontrado que, a través de amortiguadores de péndulo, que están equipados con resortes verticales relativamente cortos como unidad de amortiguación, que presentan zonas con diferentes rigideces de resorte en una curva característica de resorte total progresiva o no lineal, se puede resolver el objetivo planteado.

45

Por lo tanto, el objetivo de la invención es un amortiguador de vibraciones para estructuras e instalaciones altas y estrechas, que comprende esencialmente un péndulo con una masa de amortiguación y un dispositivo de resorte, donde el dispositivo de resorte comprende uno o varios resortes verticales y está dispuesto por debajo de la masa de amortiguación de modo que su fuerza de resorte total actúa esencialmente en dirección vertical, y la masa de amortiguación está conectada a través del dispositivo de resorte directa o indirectamente con un punto de fijación en la instalación o en la estructura por debajo del amortiguador de vibraciones. A este respecto, el dispositivo de resorte comprende según la invención o bien (i) un resorte vertical, que está distribuido a lo largo de su longitud, presenta al menos dos zonas de resorte con diferente rigidez de resorte en una curva característica de resorte total no lineal o progresiva, o (ii) dos resortes verticales, que están conectados entre sí en conexión en serie o mediante conexión en paralelo y presentan diferentes rigideces de resorte en una curva característica de resorte total no lineal o progresiva.

55

En una forma de realización preferida de la invención, el dispositivo de resorte posee una primera zona de resorte con una primera rigidez de resorte definida y una segunda zona de resorte con una segunda rigidez de resorte definida, que es diferente de la primera rigidez de resorte. Así, según la invención, la primera rigidez de resorte se encuentra en un rango  $< 200$  N/mm, preferentemente  $< 150$  N/mm o  $< 100$  N/mm, por ejemplo, entre 3 y 200 N/mm, preferentemente entre 30 y 150 N/mm, mientras que la segunda rigidez de resorte se encuentra en un rango  $> 200$  N/mm, preferentemente  $> 500$  N/mm o  $> 1000$  N/mm, por ejemplo, entre 200 y 3000 N/mm, preferentemente entre 500

60

y 1500 N/mm.

El dispositivo de resorte según la invención comprende uno o varios resortes esencialmente verticales o de efecto vertical, que se pueden utilizar como resortes de compresión y/o tracción. Por "esencialmente vertical" se entiende según la invención la orientación o efecto vertical del resorte, incluida una desviación máxima de 30°. Por un "resorte vertical" se entiende correspondientemente un resorte que es "esencialmente vertical".

Si el dispositivo de resorte del amortiguador de péndulo según la invención comprende solo un resorte vertical, entonces las diferentes rigideces de resorte se perciben a través de diferentes zonas a lo largo del resorte (7), de modo que el conjunto de resortes presenta una curva característica de resorte progresiva. De este modo es posible que en el funcionamiento normal un efecto de resorte suave y, en caso de eventos extremos, un resorte rígido impida que la masa de amortiguación (3) se desvíe. Esto se puede lograr, por ejemplo, mediante diferentes enrollamientos (densidad, diámetro) o mediante diferentes materiales o diferentes espesores del alambre de resorte. Debido al diseño correspondiente del resorte, también es posible que las zonas de resorte dentro del resorte se bloqueen una tras otra, lo que aumenta la rigidez de resorte por encima de la amplitud de amortiguación.

En otra forma de realización de la invención, el dispositivo de resorte comprende dos o varios, por ejemplo, dos, tres, cuatro, cinco o seis resortes verticales, donde estos dos, tres, cuatro, cinco, seis o más resortes verticales pueden estar conectados en serie o en paralelo. En principio, también son posibles combinaciones de conexión en serie y en paralelo. También en este caso, se puede influir en la progresión de la curva característica de resorte influyendo en ciertos resortes, que también pueden estar configurados como resortes de tracción y compresión.

En otra variante de la invención, varios resortes verticales pueden atacar en paralelo. La frecuencia se puede modificar adicionalmente/igualmente mediante la retirada / alimentación de resortes verticales. Además, es concebible una combinación de resortes horizontales y resortes verticales, así como la sustitución de resortes individuales en un compuesto de este tipo por pesos correspondientes, por lo que, en última instancia, se puede aumentar la frecuencia o reducirse si se retira el peso.

Por lo general, estos diferentes resortes verticales o grupos de resortes verticales presentan una rigidez de resorte definida diferente de los otros resortes verticales o grupos de resortes verticales, de modo que se puede cubrir un rango de rigidez de resorte mayor o menor deseado y adaptado a las condiciones de la instalación a amortiguar, con lo que se puede ajustar una curva característica de resorte progresiva variable del dispositivo de resorte total.

Es objeto de la invención en particular un amortiguador de vibraciones correspondiente, que al menos dos resortes verticales presentan diferente rigidez de resorte, donde el primer resorte vertical presenta una rigidez de resorte de > 3 N/mm a < 200 N/mm, preferentemente de 50 a 150 N/mm y el segundo resorte vertical presenta una rigidez de resorte de > 200 N/mm a < 3000 N/mm, preferentemente de 300 a 1500 N/mm.

Como ya se ha explicado anteriormente, es deseable mantener la desviación del péndulo lo más baja posible en caso de que aparezcan vibraciones en la instalación en toda la zona, lo que tiene sentido sobre todo por razones de espacio en las torres generalmente muy estrechas de una WKA u otra estructura alta. Esto significa que la distancia entre la masa de péndulo, donde el dispositivo de resorte está fijado por un lado directamente o a través de un trozo de cable, barra o varilla, y el punto de fijación, que está colocado en la instalación por debajo del amortiguador de péndulo y por debajo del dispositivo de resorte y que a su vez está conectado directamente o a través de un trozo de cable, barra o varilla con el otro extremo del dispositivo de resorte, no debe ser mayor de 5 o 6 m, preferentemente < 3 m, en particular < 2 m, por ejemplo, de 0,5 m a 5,0 m, preferentemente de 1,0 a 3,0 m, en instalaciones medianas a grandes.

Por lo tanto, según la invención, mediante el uso de resortes verticales en lugar de resortes horizontales se influye en la frecuencia de amortiguación. En la variante 3 (fig. 3), estos resortes horizontales (4) se sustituyen por uno/varios resortes verticales (7).

La relación física se puede describir para una masa puntual de la siguiente manera:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{m \cdot g + F_r \cdot \left(1 + \frac{l_1}{l_2}\right)}{m \cdot l_1}}$$

Ecuación 3; variante 3 + 4 + 5

55

g Constante gravitacional [m/s<sup>2</sup>]  
l1 Longitud de péndulo (2) [m]

l3	Longitud punto de unión cuerda (5) y masa de amortiguación (3) [m]
F <sub>F</sub>	Fuerza de pretensión del resorte vertical (7) [N/m]
m	Masa de amortiguación (3) [kg]

5 Se puede ver que ahora se puede ajustar la frecuencia de amortiguación a través de varios parámetros. En esta constelación, la frecuencia de amortiguación puede verse afectada por la fuerza de pretensión vertical y no por la rigidez del resorte vertical (7). Esto tiene la ventaja de que con un resorte vertical (7) se puede cubrir todo rango de frecuencias y no, como en el estado de la técnica, el resorte debe cambiarse por uno con otra rigidez de resorte. Desde el uso doméstico, este fenómeno se conoce por una cuerda de guitarra. Si se aumenta la fuerza de pretensión, entonces el tono / frecuencia es más alto. La rigidez de resorte de la cuerda se mantiene constante en este caso.

Además, la trayectoria dinámica del resorte vertical (7), en relación con la variante 2, es más pequeña con la misma trayectoria de la masa de amortiguación (3). Esto permite un diseño duradero del resorte. Cuanto más larga sea la medida l3, menor será el cambio de longitud dinámico del resorte vertical (7) en relación con el movimiento de la masa de amortiguación (3). Cuanto más larga sea la medida l3, tanto menor será la influencia del resorte vertical (7) en la frecuencia de amortiguación. Este efecto se puede utilizar positivamente acortándose la medida l3 a la medida l3\*, como en el caso de una cuerda de guitarra (variante 4, fig. 4). Como resultado, la frecuencia de amortiguación aumenta significativamente con la misma fuerza de pretensión del resorte vertical. Este acortamiento se puede realizar mediante un anillo de tope (6), que se puede desplazar en dirección vertical o también está montado de forma fija en una posición. En el último caso, este anillo de tope (6) representa el punto de tope fijo del resorte.

En otra forma de realización de la invención, el amortiguador según la invención presenta un dispositivo de tope o fijación desplazable o montable de forma fija entre el extremo inferior del dispositivo de resorte y el punto de fijación en la instalación, con lo que se puede acortar y alargar la distancia entre el punto de fijación y el dispositivo de resorte, de modo que la frecuencia del amortiguador puede configurarse de forma variable mediante el alargamiento o compresión del dispositivo de resorte debido a ello. Como ya se describió anteriormente, durante la fase de erección de la WKA se requiere una frecuencia de amortiguación significativamente más alta. Según la variante 4, esto se puede realizar acortando a la medida l3\*. Si ahora la instalación está completamente erigida, se requerirá una frecuencia de amortiguación significativamente menor. Para cumplir con este requisito, el anillo de tope (6) se desmonta o se desplaza hacia abajo. La frecuencia de amortiguación disminuye, ya que ahora la medida l3 y no l3\* determina la frecuencia de amortiguación. El ajuste fino de la frecuencia de amortiguación se puede realizar ahora mediante un aumento/minimización de la fuerza de pretensión del resorte vertical (7). A este respecto, debe asegurarse de que el resorte vertical (7) se encuentre por encima del anillo de tope (6). Si la masa de amortiguación (3) se mueve en esta constelación, entonces se evita el movimiento relativo entre el cable (8) y el anillo de tope (6). A la inversa, mediante empuje hacia arriba o introducción del dispositivo de tope se puede aumentar la frecuencia de amortiguación.

Si se instala un dispositivo de este tipo o similar en una instalación de energía eólica, entonces pueden resultar debido a influencias externas (por ejemplo: desconexión de emergencia, ráfagas, procesos de desconexión) grandes amplitudes de la masa de amortiguación (3). Para mantener baja la oscilación de la masa de amortiguación (3) en estas situaciones (lo que puede ser necesario para evitar que el péndulo golpee la pared de la torre), la medida l3\* debe seleccionarse corta (por ejemplo, entre 0,3 m y 6 m). Resulta la variante 5 (fig. 5) de la siguiente manera:

Si ahora, en combinación con la longitud corta de l3\*, se instala un resorte vertical (7), que posee una gran rigidez de resorte, entonces resultan recorridos de desviación (Y) considerablemente más pequeños de la masa de amortiguación (3) en comparación con la variante 3 (desviado) con una rigidez de resorte menor y una l3 mayor. Cuanto menor se selecciona la medida l3\*, tanto mayor será el ángulo de desviación (A2) del resorte vertical (7), con el mismo recorrido de desviación (Y) de la masa de amortiguación (3). El resultado es una mayor tracción oblicua del resorte, que contrarresta el movimiento de la masa de amortiguación (3) y limita la masa de amortiguación en sus amplitudes durante el funcionamiento y evento extremo.

En la variante 5, resulta un mayor cambio de longitud (delta X2) del resorte vertical (7) en comparación con la variante 3 (desviado), con el mismo recorrido de desviación (Y). El aumento de la fuerza de resorte resultante se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Aumento de la fuerza de resorte} = C \cdot \text{delta } X$$

C	Rigidez de resorte del resorte (7)
delta X	Cambio de longitud del resorte (7) durante la desviación de la masa de amortiguación (3)

De la fórmula se puede ver que en la variante 5 el aumento de la fuerza de resorte aumenta en mayor medida que en la variante 3 (desviado).

Si ahora se instala un resorte vertical (7) con una gran rigidez de resorte en un amortiguador de péndulo correspondiente, entonces la fuerza del resorte aumenta significativamente por encima del nivel de consigna incluso con pequeñas amplitudes de amortiguación. Según la ecuación 3, se puede ver que la frecuencia de amortiguación también aumentará significativamente, lo que a su vez tiene un efecto negativo en el efecto de amortiguación.

Este problema se puede resolver pretendiéndose un desarrollo de la fuerza de resorte del resorte vertical (7) por encima de la amplitud de amortiguación según la fig. 6. Según la invención, esto se puede lograr mediante un dispositivo de resorte vertical, que puede presentar una curva característica de resorte progresiva o no lineal a través de la desviación de amortiguación.

En este caso, se distingue en una zona "excitación en resonancia" y "funcionamiento/evento extremo". Un amortiguador pasivo (como se describe aquí) solo puede actuar con una excitación de fuerza armónica. Esta excitación de fuerza armónica solo está presente en el caso de la "excitación en resonancia". En funcionamiento o durante eventos extremos, por otro lado, hay una excitación de fuerza estocástica con grandes amplitudes de amortiguación. En general, no se aplica un efecto de amortización en estos estados de la instalación con el amortiguador pasivo descrito aquí. Más bien, el requisito es mantener pequeñas las amplitudes de amortiguación durante el funcionamiento/eventos extremos y garantizar un efecto de amortiguación solo en caso de excitación en resonancia (pequeñas amplitudes de amortiguación).

La rigidez de resorte C1 del resorte vertical (7) es pequeña en el rango de resonancia. Si ahora aumentan las amplitudes de amortiguación durante el funcionamiento o los eventos extremos, el amortiguador entra en el rango con una alta rigidez de resorte C2. Por lo tanto, las fuerzas de recuperación del resorte vertical (7) aumentan claramente, lo que reduce claramente las amplitudes de amortiguación en estos estados de la instalación. Todo esto se puede ver en combinación con el resorte vertical corto (7) de la variante 5, lo que también aumenta el componente de recuperación.

Mediante la combinación de un dispositivo de resorte vertical relativamente corto (0,3 m - 3 m) con una curva característica de resorte progresiva, se puede poner a disposición según la invención un amortiguador de péndulo variable en frecuencia y amplitud, que se puede utilizar en estados extremos, estados normales y estados, como durante la erección, modificación o desmontaje de una instalación o estructura sensible a las vibraciones. De este modo, el amortiguador de péndulo se puede construir más grande dentro de la torre sin temor a colisiones con las paredes de la torre o del edificio o los accesorios situados en su interior. Además, se puede prescindir de un tope adicional, ya que las amplitudes de amortiguación son generalmente más pequeñas.

En otra forma de realización, el amortiguador de vibraciones según la invención posee adicionalmente un dispositivo mecánico o hidráulico, móvil o montado de forma fija para cambiar y adaptar la pretensión del dispositivo de resorte, donde el dispositivo de resorte o partes del mismo se someten a cargas de compresión o tracción.

Por lo tanto, el objeto de la invención es también un amortiguador de vibraciones correspondiente, donde la distancia entre el punto de fijación y el dispositivo de resorte se puede acortar y alargar de nuevo por medio de un dispositivo de tope o fijación desplazable o montado de forma fija, de modo que la frecuencia del amortiguador se puede variar o adaptar a través del alargamiento o compresión del dispositivo de resorte debido a ello. También es objeto de la invención un amortiguador de vibraciones que comprende adicionalmente un dispositivo mecánico o hidráulico, móvil o montado de forma fija para la modificación y adaptación de la pretensión del dispositivo de resorte.

Según el estado de la técnica, la longitud de péndulo (2) se realiza en un amortiguador de péndulo mediante cables. De este modo, el amortiguador se puede girar torsionalmente en los cables. El resorte vertical (7) y también los amortiguadores tendrían que seguir este giro, lo que técnicamente llevaría a un mal funcionamiento. En una forma de realización alternativa según la invención, la longitud de péndulo (2) se puede sustituir por un elemento rígido a la torsión (tubo). Al mismo tiempo, el punto de suspensión superior del amortiguador (1) debe realizarse mediante una articulación variable, por ejemplo, una articulación de cardan. De este modo se evita un giro torsional, en caso de un posible movimiento de la masa de amortiguación (3) en 360°(fig. 7). Por lo tanto, el objeto de la invención es un amortiguador de vibraciones correspondiente donde el péndulo se compone de una barra o tubo, en cuyo extremo inferior está colocada la masa de amortiguación, que presenta un punto de fijación para el dispositivo de resorte, y en cuyo extremo superior está colocada una articulación que garantiza el movimiento libre del péndulo en 360°, de modo que son imposibles los giros torsionales.

El punto de suspensión superior del amortiguador se puede realizar según la naturaleza de la instalación, la torre, la estructura en el respectivo extremo superior de la torre, la instalación o la estructura o en cualquier posición en la mitad superior o en el tercio superior. También es posible que la masa de amortiguación (3) esté suspendida en uno o varios puntos de suspensión de amortiguador (1). Además, también es concebible que se instale una articulación de cardan

directamente en la masa de amortiguación (3) y en el punto de unión del amortiguador (1) y se instale un elemento rígido torsional entre ellos.

Como ya se ha explicado varias veces, los amortiguadores según la invención son especialmente adecuados para la instalación en WKA. Por lo tanto, el objeto de la invención es también una instalación de energía eólica, que presenta un amortiguador de vibraciones según la invención.

El objeto de la invención es en particular el uso del amortiguador según la invención para evitar y reducir eventos de vibraciones durante la construcción y el funcionamiento de una instalación de energía eólica de este tipo u otras estructuras sensibles a las vibraciones, pero también para reducir y evitar grandes amplitudes de amortiguación en el caso de eventos extremos condicionados por vibraciones y vibraciones condicionadas por resonancia de la instalación o de la estructura en el estado normal o funcionamiento normal.

En la descripción, las ilustraciones y en las reivindicaciones se hace referencia a las siguientes posiciones:

15

1	Punto de suspensión del amortiguador
2	Longitud de péndulo
3	Masa de amortiguación
4	Resorte horizontal
5	Punto de unión del cable
6	Anillo de tope
7	Resorte vertical
8	Cable

## REIVINDICACIONES

1. Amortiguador de vibraciones para estructuras e instalaciones altas y estrechas que comprenden esencialmente un péndulo con una masa de amortiguación y un dispositivo de resorte, donde  
5 (i) el dispositivo de resorte comprende uno o varios resortes verticales y está colocado por debajo de la masa de amortiguación de modo que su fuerza de resorte total actúa esencialmente en dirección vertical, y  
ii) la masa de amortiguación está conectada directa o indirectamente a través del dispositivo de resorte a un punto de fijación en la instalación o en la estructura por debajo del amortiguador de vibraciones,  
10 **caracterizado porque** el dispositivo de resorte comprende un resorte vertical que presenta, distribuido a lo largo de su longitud, al menos dos zonas de resorte con rigidez de resorte diferente en una curva característica de resorte total no lineal o progresiva.
- 15 2. Amortiguador de vibraciones según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el resorte vertical posee una primera zona de resorte con una rigidez de resorte de  $< 200 \text{ N/mm}$ , y una segunda zona de resorte con una rigidez de resorte de  $> 200 \text{ N/mm}$ .
3. Amortiguador de vibraciones para estructuras e instalaciones altas y estrechas que comprenden  
20 esencialmente un péndulo con una masa de amortiguación y un dispositivo de resorte, donde  
(i) el dispositivo de resorte comprende uno o varios resortes verticales y está colocado por debajo de la masa de amortiguación de modo que su fuerza de resorte total actúa esencialmente en dirección vertical, y  
ii) la masa de amortiguación está conectada directa o indirectamente a través del dispositivo de resorte a un punto  
25 de fijación en la instalación o en la estructura por debajo del amortiguador de vibraciones,  
**caracterizado porque** el dispositivo de resorte comprende al menos dos resortes verticales que están conectados entre sí en conexión en serie o mediante conexión en paralelo y presentan diferentes rigideces de resorte en una curva característica de resorte total no lineal o progresiva.  
30
4. Amortiguador de vibraciones según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el primer resorte vertical posee una rigidez de resorte de  $< 200 \text{ N/mm}$ , y el segundo resorte vertical presenta una rigidez de resorte de  $> 200 \text{ N/mm}$ .
- 35 5. Amortiguador de vibraciones según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el primer resorte vertical presenta una rigidez de resorte de  $> 3 \text{ N/mm}$  a  $< 200 \text{ N/mm}$  y el segundo resorte vertical presenta una rigidez de resorte de  $> 200 \text{ N/mm}$  a  $< 3000 \text{ N/mm}$ .
6. Amortiguador de vibraciones según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, **caracterizado porque** la  
40 diferente rigidez de resorte del al menos un resorte vertical se consigue mediante diferentes enrollamientos del resorte.
7. Amortiguador de vibraciones según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, **caracterizado porque** la distancia entre la masa de amortiguación y el punto de fijación es de 0,5 m a 5,0 m.
- 45 8. Amortiguador de vibraciones según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7, **caracterizado porque** la distancia entre el punto de fijación y el dispositivo de resorte puede acortarse y alargarse de nuevo por medio d un dispositivo de tope o de fijación desplazable o montado de forma fija, de modo que la frecuencia del amortiguador se puede variar mediante el estiramiento o compresión del dispositivo de resorte debido a ello.
- 50 9. Amortiguador de vibraciones según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8, **caracterizado porque** comprende adicionalmente un dispositivo mecánico o hidráulico, móvil o montado de forma fija para cambiar y adaptar la pretensión del dispositivo de resorte.
10. Amortiguador de vibraciones según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, **caracterizado porque** el  
55 péndulo se compone de una barra o tubo, en cuyo extremo inferior está colocada la masa de amortiguación, que presenta un punto de fijación para el dispositivo de resorte, y en cuyo extremo superior está colocada una articulación, que asegura el libre movimiento del péndulo, sin que en este caso sean posibles giros torsionales.
11. Instalación de energía eólica, **caracterizada porque** presenta un amortiguador de vibraciones según  
60 cualquiera de las reivindicaciones 1-10.
12. Uso de un amortiguador de vibraciones según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10 para evitar y



reducir los eventos de vibración durante la construcción y el funcionamiento de una instalación de energía eólica.

13.           Uso de un amortiguador de vibraciones según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10 para reducir y evitar grandes amplitudes de amortiguación en el caso de eventos extremos condicionados por vibraciones y  
5 vibraciones condicionados por resonancia de la instalación o la estructura en el estado normal o en el funcionamiento normal.

Fig. 1

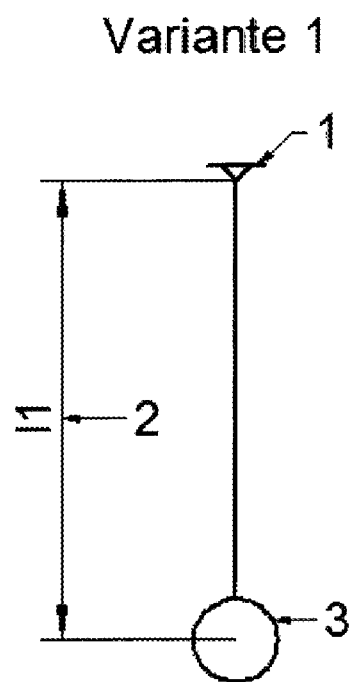
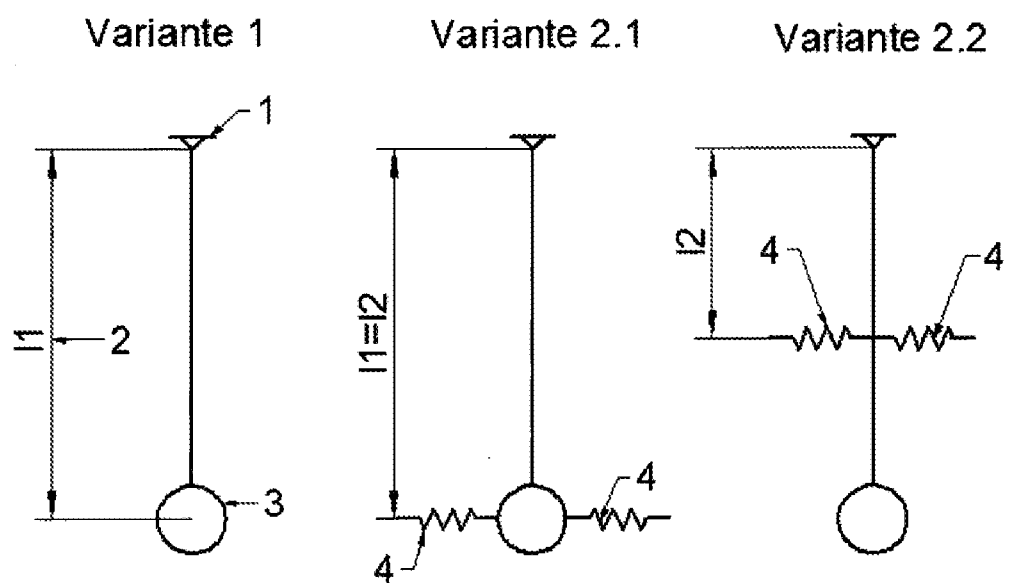
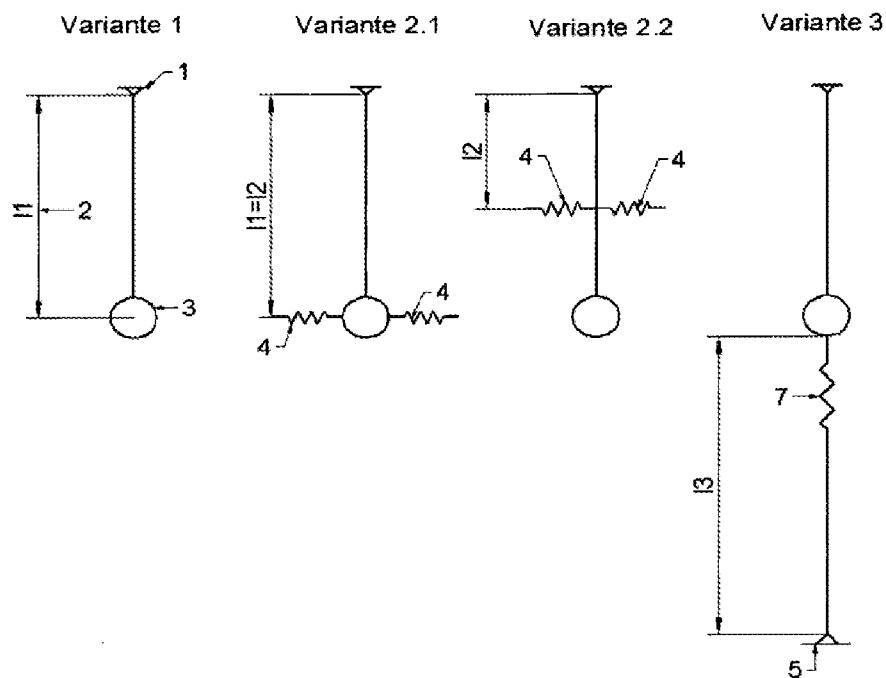


Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**

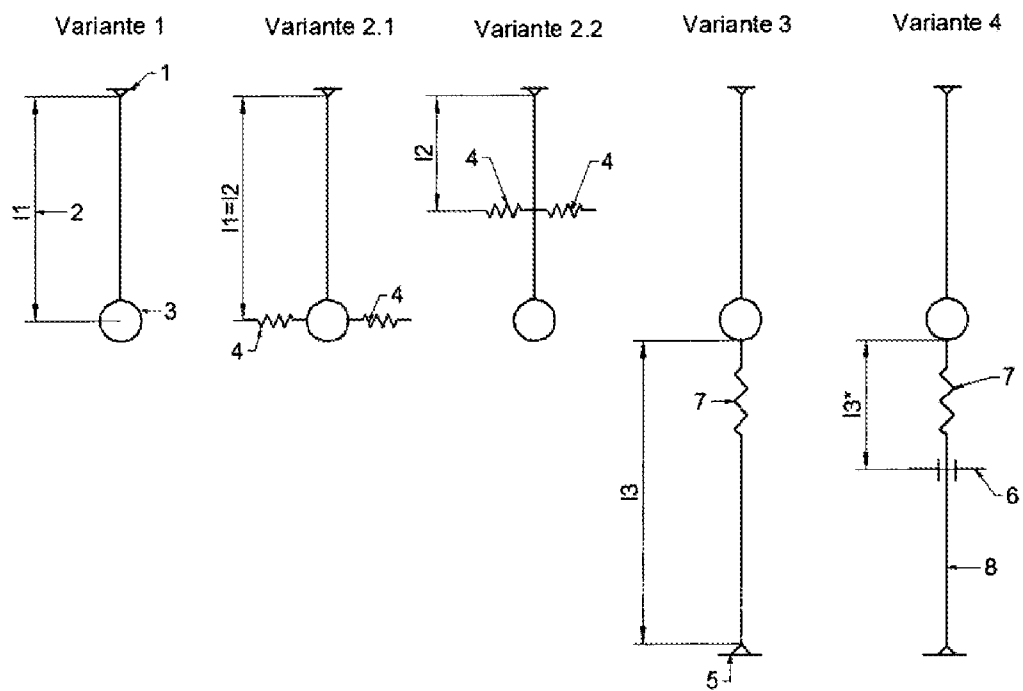
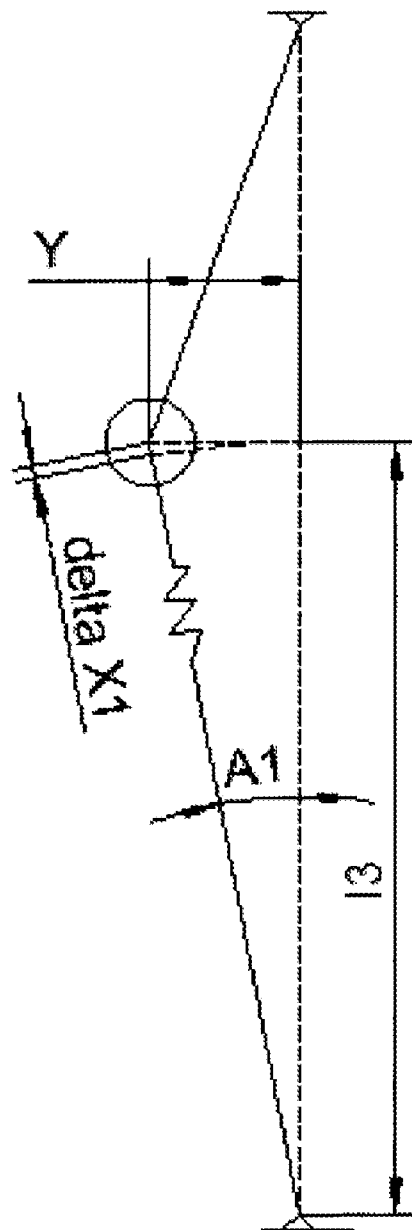


Fig. 5

Variante 3  
(desviado)



Variante 5

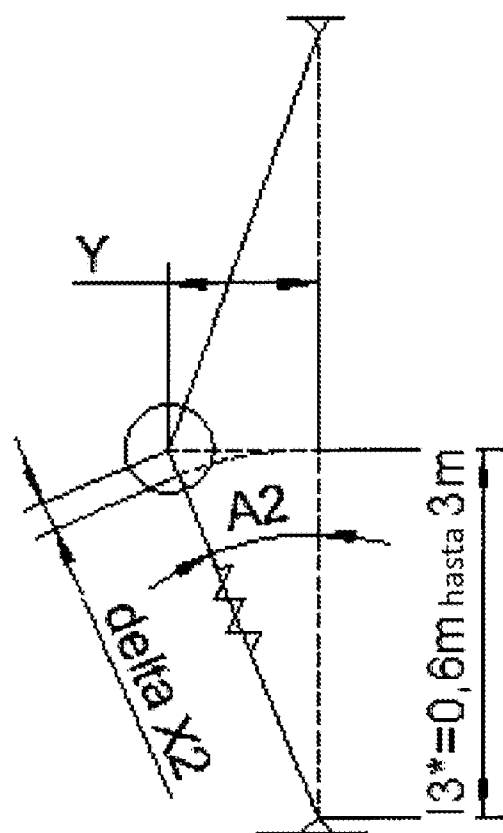


Fig. 6

**Curva característica de resorte a través  
de la desviación de amortiguación**

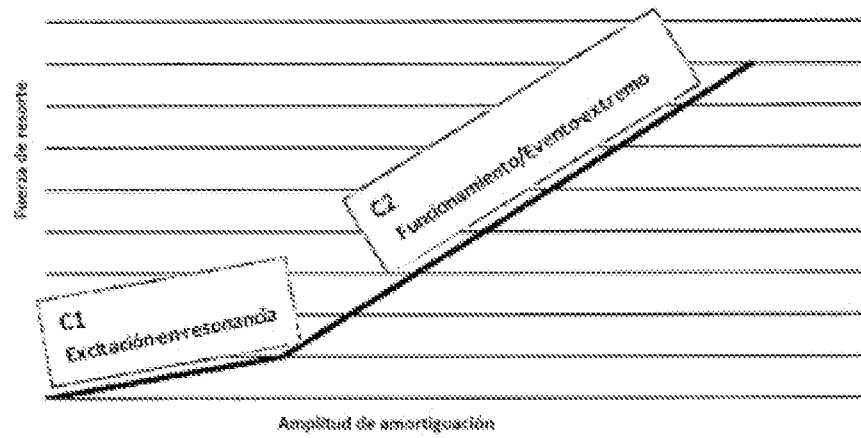
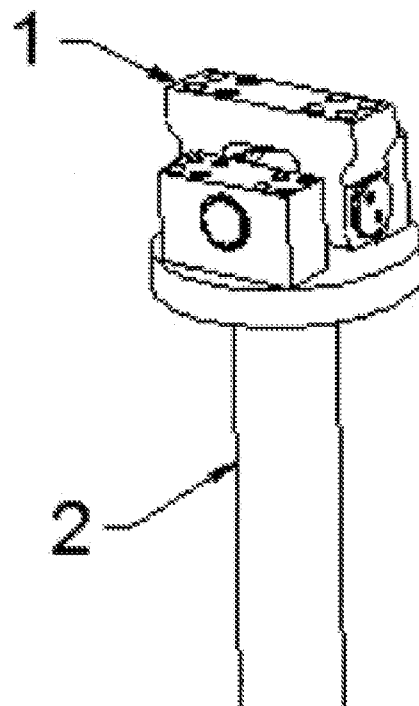


Fig. 7



#### REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCION

La lista de referencias citadas por el solicitante es, únicamente, para conveniencia del lector. No forma parte del documento de patente europea. Si bien se ha tenido gran cuidado al recopilar las referencias, no pueden excluirse  
5 errores u omisiones y la OEP declina toda responsabilidad a este respecto.

#### Documentos citados en la descripción

- \* SU 1578882 (8816)

10