

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 947 638**

51 Int. Cl.:

E04B 1/98

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.09.2017 PCT/DK2017/050308**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2018 WO18059638**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2017 E 17777782 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023 EP 3519644**

54 Título: **Amortiguador de vibración de torre**

30 Prioridad:

27.09.2016 DK PA201670760

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

14.08.2023

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**ANDERSEN, JES GRØN;
MORTENSEN, PETER SIGFRED y
VASTLOVÁ, MIROSLAVA**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 947 638 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 torre

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una torre de turbina eólica que comprende un amortiguador de vibración de torre que está montado en dicha torre de turbina eólica. El amortiguador de vibración tiene un orificio pasante que facilita que, por ejemplo, el personal de mantenimiento pueda pasar por el amortiguador de vibración de una manera fácil y sencilla.

Antecedentes de la invención

10 El amortiguamiento de vibraciones inducidas por vórtices dentro de, por ejemplo, la industria de las turbinas eólicas se ha vuelto más importante a lo largo de los últimos años ya que la altura de los generadores de turbinas eólicas modernos se hace cada vez mayor.

15 Generalmente, las vibraciones inducidas por vórtices pueden amortiguarse o bien cambiando la forma de la estructura que está expuesta al viento, o cambiando las propiedades vibratorias de la estructura que está expuesta al viento. Cambiar la forma de la estructura puede implicar que, por ejemplo, se sujeten deflectores a las superficies exteriores de la estructura, mientras que cambiar las propiedades vibratorias de la estructura puede implicar que se cambie la frecuencia natural de la estructura, o se añada un amortiguador de vibración a la estructura. El amortiguador de vibración se coloca cerca del extremo libre de la estructura, es decir, la parte superior.

20 El documento JP S62 52646 U dan a conocer y un ejemplo de un amortiguador de vibración montado en el exterior de una estructura cilíndrica. Un péndulo se suspende de modo que puede desplazarse desde una posición neutra. El péndulo se sumerge en una cámara con un líquido.

El documento EP 3 048 295 A1 da a conocer una torre de turbina eólica según el preámbulo de la reivindicación independiente 1.

25 En relación con las torres de turbina eólica, es necesario mantener un pasadizo entre la parte superior y la parte inferior de la torre para permitir que el personal de mantenimiento suba al interior de la torre para acceder a la góndola cuando se realiza el mantenimiento de la turbina. Por tanto, existen restricciones de espacio en relación con colocar un amortiguador de vibración en el interior de una torre de turbina eólica.

Puede observarse como objeto de las realizaciones de la presente invención proporcionar un amortiguador de vibración de torre simple, compacto y robusto que permite al personal de mantenimiento pasar por el amortiguador de vibración de una manera fácil y segura en el interior de la torre.

30 Descripción de la invención

Los objetos mencionados anteriormente se cumplen proporcionando una torre de turbina eólica que comprende un amortiguador de torre que está montado en la torre de turbina eólica, comprendiendo el amortiguador de torre:

- una estructura de péndulo que está suspendida en la torre de turbina eólica, comprendiendo dicha estructura de péndulo un cuerpo de péndulo de forma cilíndrica,
- 35 - una pluralidad de resortes dispuestos para amortiguar los movimientos de la estructura de péndulo cuando se suspende en la torre de turbina eólica,
- una disposición de suspensión que suspende la estructura de péndulo en la torre de turbina eólica de modo que se permite que la estructura de péndulo se desplace desde una posición neutra para la estructura de péndulo, y
- 40 - una cámara que contiene un líquido de amortiguamiento, estando al menos parcialmente sumergida en dicho líquido de amortiguamiento la estructura de péndulo.

La estructura de péndulo, así como la cámara tienen un orificio pasante. Este orificio pasante puede usarse por el personal de mantenimiento como un paso fácil y seguro a través del amortiguador de vibración en el caso de un generador de turbina eólica que debe revisarse o repararse.

45 El amortiguador de torre de la presente invención es ventajoso debido a su diseño simple, compacto y robusto. Además, el cuerpo de péndulo de forma cilíndrica permite al personal de mantenimiento pasar por el amortiguador de vibración de una manera fácil y segura en el interior de la torre. La estructura de péndulo puede fabricarse de metal y su peso puede estar en el intervalo de 3 a 10 t dependiendo de los requisitos específicos.

50 En principio, el número de resortes puede ser arbitrario. Sin embargo, el número de resortes debe ser suficiente para cumplir las demandas de amortiguación requeridas. Preferiblemente, el número de resortes es un múltiplo de 3, es decir, 3, 6, 9, 12, 15, 18, etc. Para asegurar propiedades de amortiguación simétricas alrededor de la estructura de

péndulo los resortes pueden distribuirse de manera uniforme alrededor de un eje central de la estructura de péndulo o alrededor de un eje central de la torre de turbina eólica.

La disposición de suspensión puede comprender una pluralidad de cables que suspenden la estructura de péndulo. Además, también pueden proporcionarse medios sintonizadores configurados para ajustar la frecuencia natural del amortiguador de torre. La frecuencia natural puede ajustarse alterando la longitud de la pluralidad de cables. Los medios sintonizadores pueden comprender, para cada uno de dicha pluralidad de cables, una abrazadera sujeta a la torre en un extremo y al cable en el otro extremo. Para ajustar la longitud de los cables, y ajustar de ese modo la frecuencia natural del amortiguador de torre, la sujeción de la abrazadera a la torre está configurada de modo que la abrazadera puede ser móvil a lo largo de la dirección longitudinal del cable. En el presente contexto el término "longitud de los cables" debe entenderse como la longitud de los cables que están libres para oscilar, es decir, la distancia entre los medios sintonizadores, en la que los cables están unidos a la estructura de torre, y la estructura de péndulo. Los cables pueden moverse de manera angular por debajo de los medios sintonizadores permitiendo de ese modo que la estructura de péndulo oscile.

La cámara puede comprender un contorno exterior, un contorno interior y una parte inferior que se extiende entre el contorno exterior y el contorno interior. Por tanto, la cámara forma una estructura de recipiente adecuada para contener el líquido de amortiguamiento en el que la estructura de péndulo está al menos parcialmente sumergida. El líquido de amortiguamiento puede comprender un aceite de amortiguación adecuado, por ejemplo, productos tales como Texaco Way Lubricant x320, Exxon Mobilgear 600 XP 320 o Uno Vibration Absorber 320.

En una realización la cámara es un elemento autocontenido independiente con su propia estructura dedicada al propósito de contener el líquido de amortiguamiento.

En una realización adicional la cámara está integrada en la estructura de torre de turbina eólica. Por ejemplo, por la pared de turbina eólica que define el contorno exterior de la cámara.

En una primera realización la pluralidad de resortes pueden estar dispuestos entre la estructura de péndulo y el contorno interior de la cámara.

En una segunda realización la pluralidad de resortes pueden estar dispuestos entre la estructura de péndulo y el contorno exterior de la cámara.

La pluralidad de resortes pueden ser resortes de ballesta o resortes en voladizo.

En realizaciones con resortes de ballesta, cada uno de los resortes puede comprender, en ambos de sus dos extremos, medios de sujeción de resorte de ballesta para sujetar el resorte de ballesta a la estructura de péndulo.

En una primera realización preferida de la invención la pluralidad de resortes están dispuestos entre la estructura de péndulo y el contorno interior de la cámara y la pluralidad de resortes son resortes de ballesta.

En una segunda realización preferida de la invención la pluralidad de resortes están dispuestos entre la estructura de péndulo y el contorno exterior de la cámara y la pluralidad de resortes son resortes en voladizo.

En todas las realizaciones la pluralidad de resortes están dispuestos para impulsar la estructura de péndulo hacia una posición neutra para la estructura de péndulo. En la posición neutra los resortes pueden relajarse. Alternativamente los resortes están cargados previamente en la posición neutra del péndulo.

En realizaciones de la presente invención que comprenden una pluralidad de resortes de ballesta, el amortiguador de torre puede comprender además una disposición de contacto para cada uno de dicha pluralidad de resortes de ballesta, en el que cada disposición de contacto está configurada para proporcionar contacto accionable entre un resorte de ballesta y los contornos interior o exterior de la cámara en una posición entre los dos extremos del resorte de ballesta, en el que la disposición de contacto comprende

- un elemento de contacto,
- una guía configurada para permitir la traslación vertical del elemento de contacto, estando inducida dicha traslación vertical por un desplazamiento de la estructura de péndulo, y
- un resorte de elemento de contacto dispuesto en cada lado del elemento de contacto, estando configurado dicho resorte de elemento de contacto para, de común acuerdo, impulsar el elemento de contacto hacia una posición neutra para el elemento de contacto.

El elemento de contacto puede comprender un rodillo montado giratorio y el resorte de elemento de contacto puede comprender un resorte helicoidal o de torsión. El rodillo montado giratorio puede ser giratorio alrededor de un pasador, pasador a lo largo del cual se permite que el rodillo realice traslaciones verticales.

Los resortes de elemento de contacto están dispuestos en cada lado del elemento de contacto y configurados de modo que, cuando el elemento de contacto se desplaza verticalmente desde su posición neutra, se accionarán, de

común acuerdo, para impulsar el elemento de contacto de vuelta a su posición neutra.

Cada uno de los medios de sujeción de resorte de ballesta para sujetar los resortes de ballesta a la estructura de péndulo puede comprender

- 5 - un par de rodillos giratorios adaptados para recibir y sujetar con abrazaderas un extremo de resorte de ballesta, en el que los rodillos están configurados para flexionarse de tal manera que el resorte de ballesta puede moverse de manera angular en relación con los medios de sujeción de resorte de ballesta.

Los rodillos giratorios actúan como un apoyo rodante que puede adaptarse tanto para la traslación local del extremo del resorte de ballesta debido a desviaciones del resorte de ballesta en su centro como para desviaciones angulares del extremo del resorte de ballesta.

- 10 Además, la sujeción del resorte de ballesta puede comprender

- una disposición pivotante adaptada para mantener un extremo de resorte de ballesta de una manera pivotante, en la que la disposición pivotante está configurada para impedir que el extremo de resorte de ballesta se traslade en la dirección longitudinal

- 15 Los medios de sujeción de resorte de ballesta son ventajosos porque la disposición pivotante actúa como una suspensión sujeta con pasador que puede pivotar debido a desviaciones de un resorte de ballesta. La disposición pivotante también impide que el resorte de ballesta se traslade en la dirección longitudinal.

En esta realización el resorte de ballesta tiene un par de rodillos giratorios en un extremo y una disposición pivotante en su otro extremo.

- 20 La pluralidad de resortes de ballesta puede formar una estructura de extremo con extremo entre la estructura de péndulo y el contorno interior de la cámara, y en la que la disposición de contacto está unida a cada resorte de ballesta. Por ejemplo, la pluralidad de resortes de ballesta pueden formar una estructura hexagonal dentro de la estructura de péndulo, en la que los resortes de ballesta están sujetos a la estructura de péndulo a través de respectivos medios de sujeción de resorte de ballesta.

- 25 Alternativamente la pluralidad de resortes de ballesta pueden formar una estructura de extremo con extremo entre la estructura de péndulo y el contorno exterior de la cámara, y en la que la disposición de contacto está unida a cada resorte de ballesta.

- 30 En realizaciones de la presente invención que comprenden una pluralidad de resortes en voladizo, cada resorte en voladizo puede comprender un apoyo de baja fricción dispuesto en un extremo libre del resorte en voladizo y en el que el apoyo está configurado para entrar en contacto accionable entre el resorte en voladizo y el contorno exterior o interior de la cámara. Un apoyo de baja fricción adecuado puede comprender un bloque de bronce unido al extremo libre de cada uno de los resortes en voladizo.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá ahora con detalles adicionales con referencia a las figuras adjuntas, en las que

la figura 1 muestra una vista lateral de una primera realización preferida de la presente invención,

- 35 la figura 2 muestra una vista desde arriba de la realización en la figura 1,

las figuras 3a-b muestran realizaciones de medios de sujeción de resorte de ballesta

la figura 3c muestra una disposición de contacto que va a usarse en relación con la realización en la figura 1,

la figura 4 muestra una vista lateral de una segunda realización preferida de la presente invención,

la figura 5 muestra una vista desde arriba de la realización en la figura 4, y

- 40 la figura 6 muestra un resorte con forma de voladizo que va a usarse en relación con la realización en la figura 4.

Aunque la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas se han mostrado realizaciones específicas por medio de ejemplos en los dibujos y se describirán en detalle en el presente documento. Debe entenderse, sin embargo, que no se pretende que la invención esté limitada a las formas particulares dadas a conocer. Al contrario, la invención cubre todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que estén dentro del alcance de la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

- 45

Descripción detallada de la invención

En su aspecto más amplio, la presente invención se refiere a una torre de turbina eólica que comprende un amortiguador de vibración de torre que tiene un diseño simple, compacto y robusto. El amortiguador de vibración de

torre está montado en torres de turbina eólica en las que el amortiguador de vibración de torre permite al personal de mantenimiento pasar por el amortiguador cuando se accede a la góndola en relación con el mantenimiento o una avería de un generador de turbina eólica. Ya que las vibraciones inducidas por vórtices son más pronunciadas antes de instalarse la góndola, el amortiguador de vibración de torre de la presente invención puede de ese modo instalarse y hacerse funcionar en torres de turbina eólica durante el transporte y/o almacenamiento de las mismas. El amortiguador de vibración de torre puede desmontarse después de que se haya ensamblado la turbina eólica y reutilizarse en otra torre. Alternativamente, el amortiguador de vibración de torre puede permanecer instalado en la torre de turbina eólica durante su vida útil de funcionamiento.

Haciendo referencia ahora a la figura 1, se representa una vista lateral de una primera realización preferida del amortiguador de torre 100 de la presente invención. La figura 1 muestra una estructura de péndulo 101 de forma cilíndrica que está suspendida en tres cables 103, 104, 105. El peso de la estructura de péndulo puede estar en el intervalo de 3-10 t dependiendo del rendimiento de amortiguación requerido y el tamaño de la torre de turbina eólica. Normalmente, el peso de la estructura de péndulo 101 es de alrededor de 6-7 t. La longitud de los cables 103, 104, 105 establece la frecuencia natural del amortiguador de vibración. Por tanto, variando la longitud de los cables 103, 104, 105 puede alterarse la frecuencia natural del amortiguador de vibración y adecuarse de ese modo a demandas específicas.

En la presente solicitud el término "longitud de los cables" se refiere a la longitud de los cables que están libres para oscilar, es decir, la distancia entre la suspensión en la que el cable está unido a la estructura de torre o una disposición de fijación intermedia entre la suspensión y la estructura de péndulo. Es común para la suspensión y la disposición de fijación intermedia que el cable esté fijado al menos en relación con el desplazamiento lateral. El cable puede moverse de manera angular por debajo de la suspensión o disposición de fijación intermedia permitiendo que la estructura de péndulo oscile.

En la primera realización preferida representada en la figura 1 la longitud de los cables 103, 104, 105 puede alterarse moviendo las respectivas disposiciones de fijación de cables o los medios sintonizadores en forma de abrazaderas 106, 107, 108 hacia arriba y hacia abajo. La frecuencia natural del amortiguador de vibración se sintoniza para que coincida con la frecuencia natural de la torre de turbina eólica que está normalmente por debajo de 1 Hz, tal como entre 0,8 Hz y 0,9 Hz. Las longitudes de los tres cables 103, 104, 105 se ajustan generalmente para cumplir demandas específicas. Normalmente, las longitudes son de entre 1 metro y 3 metros. Durante las operaciones de amortiguamiento la estructura de péndulo 101 se mueve normalmente hacia los lados con una amplitud de hasta +/- 200 mm.

Tal como se representa en la figura 1 la estructura de péndulo 101 está posicionada al menos parcialmente en una cámara 102 que contiene un líquido de amortiguamiento 116, cuando el amortiguador de torre 100 está en funcionamiento. La estructura de péndulo 101 está al menos parcialmente sumergida en este líquido de amortiguamiento para amortiguar los movimientos de la estructura de péndulo. El líquido de amortiguamiento puede comprender un aceite de amortiguación adecuado, tal como Texaco Way Lubricant x320, Exxon Mobilgear 600 XP 320 o Uno Vibration Absorber 320.

Tal como se observa en la figura 1, resortes de ballesta 109, 110 en forma de elementos de resorte planos están sujetos a la estructura de péndulo en un punto 113, 114, 115. En o cerca del centro de cada uno de los resortes de ballesta 109, 110 se proporciona una disposición de contacto en forma de rodillo cargado por resorte 111, 112. Cuando la estructura de péndulo 101 está en su posición neutra cada uno de los resortes de ballesta 109, 110 están en un estado relajado.

El amortiguador de vibración de torre de la presente invención está adaptado para instalarse en una posición tan alta como sea posible en el interior de la torre de turbina eólica vertical. Normalmente, una instalación del amortiguador de vibración de torre dentro del 1/3 superior de una torre de turbina eólica vertical proporcionará una amortiguación eficaz de las vibraciones de la torre.

Haciendo referencia ahora a la figura 2, se representa una vista desde arriba de la primera realización preferida 200. Tal como se abordó en relación con la figura 1, la estructura de péndulo 208 de forma cilíndrica está posicionada al menos parcialmente en una cámara que tiene un contorno exterior 202, un contorno interior 201 y una parte inferior 203. El contorno exterior 202 de la cámara puede estar formado por la pared de torre. La estructura de péndulo 208 así como la cámara tienen un orificio pasante 215. El personal de mantenimiento puede usar este orificio pasante 215 como un paso fácil y seguro a través del amortiguador de vibración en el caso de un generador de turbina eólica que debe revisarse o repararse. Tal como se abordó ya, la cámara está al menos parcialmente llena con un aceite de amortiguación adecuado (no mostrado), estando al menos parcialmente sumergida en dicho aceite de amortiguación la estructura de péndulo.

Tal como se observa en la figura 2, un total de seis resortes de ballesta 204 forman una estructura hexagonal dentro de la estructura de péndulo 208. Los seis resortes de ballesta están sujetos a la estructura de péndulo 208 a través de conectores 209, 210, 211, 212, 213 que se dan a conocer con más detalle en relación con la figura 3a. La estructura de péndulo 208 está adaptada para suspenderse en una disposición de cables, véase la figura 1, en conectores 212, 213, 214.

Cada resorte de ballesta 204 está en un estado relajado siempre que la estructura de péndulo 201 esté en su posición neutra. Una disposición de contacto en forma de rodillos cargados por resorte 207 puede ser sólo poner en contacto el contorno interior 201 de la cámara sin aplicar una fuerza significativa.

5 Si la estructura de péndulo 208 oscila alejándose de su posición neutra algunos de los rodillos cargados por resorte 207 estarán en contacto con el contorno interior 201 de la cámara y los rodillos cargados por resorte restantes estarán libres de contacto con el contorno interior 201 de la cámara. Los resortes de ballesta 204 que están en contacto con el contorno interior 201 de la cámara a través de los rodillos cargados por resorte 207 aplican una fuerza al contorno interior 201 que impulsa la estructura de péndulo 208 de vuelta hacia su posición neutra.

10 Los rodillos cargados por resorte 207 se dan a conocer con más detalle en relación con la figura 3c. Para lograr una rigidez compuesta totalmente independiente de la dirección, las propiedades de los seis resortes de ballesta son similares, y también se distribuyen por igual alrededor de la estructura de péndulo 208.

15 Para limitar la amplitud de oscilación de la estructura de péndulo 208 y no dañar la estructura de péndulo en sí misma o los resortes de ballesta 204 se proporciona una disposición de amortiguador elástica 205, 206 entre la estructura de péndulo 208 y cada uno de los resortes de ballesta 204. La disposición de amortiguador 205, 206 pueden implementarse de diversas maneras, tales como un material de caucho.

20 Cada resorte de ballesta puede comprender una pluralidad de hojas individuales que se apilan para formar el resorte de ballesta final. El número de hojas individuales puede seleccionarse según demandas específicas, tales como la rigidez requerida, la amortiguación, la frecuencia natural, etc. En la primera realización preferida mostrada en las figuras 1 y 2 se han apilado seis resortes individuales para formar cada uno de los seis resortes de ballesta. El material de resorte puede ser un material de chapa de resistencia ultra-alta o acero de resorte comercial habitual, tal como por ejemplo chapa de UHS/Weldox 1300. Sin embargo, debe observarse que el número y las dimensiones de los resortes individuales se seleccionan generalmente para cumplir una rigidez requerida para obtener las características de amortiguación requeridas de la estructura de péndulo.

25 La figura 3a muestra cómo dos resortes de ballesta 301, 302 pueden conectarse mutuamente y sujetarse a la estructura de péndulo 311 a través de medios de sujeción de resorte de ballesta. Los medios de sujeción de resorte de ballesta mostrados en la figura 3a comprenden una estructura de armazón que tiene una porción superior 307 que está adaptada para suspenderse en una disposición de cables a través de un conector 310. Cada resorte de ballesta, por ejemplo, 301, está dispuesto entre dos porciones de armazón 303, 305 así como entre dos rodillos giratorios 304 (sólo uno es visible) que se mantienen en posición por respectivos pasadores 308, 309. Los pasadores 308, 309 están bloqueados en posición mediante la placa de bloqueo 306. Los medios de sujeción de resorte de ballesta mostrados en la figura 3a facilitan que se permita que los resortes de ballesta 301, 302 se doblen ligeramente cuando se les aplica presión.

30 La figura 3b muestra otra manera de conectar mutuamente dos resortes de ballesta 320, 321 y sujetarlos a la estructura de péndulo 322 a través de medios de sujeción de resorte de ballesta. De manera similar a la figura 3a, los medios de sujeción de resorte de ballesta mostrados en la figura 3b comprenden una estructura de armazón que tiene una porción superior 334 que está adaptada para suspenderse en una disposición de cables (no mostrada). El resorte de ballesta 320 está dispuesto entre dos porciones de armazón 323, 332 así como entre dos rodillos giratorios 325 (sólo uno es visible) que se mantienen en posición mediante respectivos pasadores 326, 327. Los pasadores 326, 327 están bloqueados en posición mediante respectivas placas de bloqueo. El resorte de ballesta 321 está dispuesto entre dos porciones de armazón 324, 330 y se permite que pivote alrededor del rodillo 328 a través de soportes 329, 330. El rodillo 328 se mantiene en posición mediante el pasador 331. El pasador 331 está bloqueado en posición mediante una placa de bloqueo. La disposición representada en la figura 3b es ventajosa porque el lado izquierdo de la suspensión actúa como una suspensión sujeta con pasador que puede pivotar debido a desviaciones del resorte de ballesta 321. La conexión sujeta con pasador en el lado izquierdo también impide que el resorte de ballesta 321 se traslade en la dirección longitudinal. El lado derecho de la disposición representada en la figura 3b actúa como apoyo rodante que puede adaptarse tanto a traslaciones locales del extremo del resorte de ballesta 320 debido a desviaciones del resorte de ballesta en su centro, así como desviaciones angulares del extremo del resorte de ballesta 320. Las desviaciones angulares también se originan a partir de desviaciones del resorte de ballesta en su centro. El rodillo interior (mostrado ahora) impide que se caiga el resorte de ballesta no cargado.

35 La figura 3c muestra una disposición de contacto en forma de un módulo de rodillo que va a posicionarse en o cerca del centro de cada resorte de ballesta 312. El módulo de rodillo comprende una estructura de armazón 315 y una placa de apriete 318 entre las cuales se intercala el resorte de ballesta 312. Se monta un rodillo giratorio 313 alrededor de un pasador 316 que está bloqueado en posición mediante la placa de bloqueo 317. Un par de elementos de resorte 314, 319 aseguran que el rodillo 313 vuelve a su posición neutra después de una traslación vertical inducida por un desplazamiento de la estructura de péndulo que realiza un movimiento de circunferencia en arco.

55 En cuanto a la figura 4 se representa una segunda realización preferida 400 de la presente invención. De manera similar a la primera realización preferida representada en las figuras 1-3 la estructura de péndulo 401 está

5 posicionada al menos parcialmente en una cámara 402 que también contiene un aceite de amortiguación 412 adecuado, estando al menos parcialmente sumergida en dicho aceite de amortiguación la estructura de péndulo 401. La estructura de péndulo está suspendida en una disposición de cables 403, 404 que esta sujeta a la estructura de péndulo 401 a través de respectivos conectores 408, 409. La longitud de estos cables 403, 404 establece la frecuencia natural del amortiguador de vibración. Por tanto, cambiando la longitud de los cables 403, 404 puede alterarse la frecuencia natural del amortiguador de vibración y adaptarse de ese modo a demandas específicas. La longitud de los cables 403, 404 puede alterarse moviendo las respectivas disposiciones de fijación de cables o medios sintonizadores en forma de abrazaderas 405, 406 hacia arriba y hacia abajo.

10 Tal como se observa en la figura 4, una pluralidad de resortes 407 en forma de resortes en voladizo están dispuestos entre la cámara 402 y la estructura de péndulo 401. Cada uno de los resortes en voladizo 407 está sujeto a un contorno exterior de la cámara en uno de sus extremos 410 mientras que el extremo opuesto 411 del resorte en voladizo 407 está haciendo tope con la estructura de péndulo 401 en la posición neutra de la estructura de péndulo 401 sin sujetarse a la misma. Por tanto, cuando se desplaza la estructura de péndulo 401, el extremo libre 411 de los resortes en voladizo 407 en contacto con la estructura de péndulo 401 se desliza sobre una superficie exterior de la estructura de péndulo 401. La implementación de los resortes en voladizo de ballesta 407 se dan a conocer en detalles adicionales en la figura 6.

15 La figura 5 muestra una vista desde arriba de la segunda realización preferida 500 de la presente invención. En la figura 5, la estructura de péndulo 504 de forma cilíndrica está posicionada al menos parcialmente en la cámara que tiene un contorno exterior 502, un contorno interior 501 y una parte inferior 503. El contorno exterior 502 de la cámara puede estar formada por la pared de torre. De manera similar a la primera realización preferida, la estructura de péndulo 504, así como la cámara tienen un orificio pasante 511. El personal de mantenimiento puede usar este orificio pasante 511 como un paso fácil y seguro a través del amortiguador de vibración en el caso de un generador de turbina eólica que debe recibir mantenimiento o repararse. Tal como se abordó ya, la cámara está al menos parcialmente llena con un aceite de amortiguación adecuado (no mostrado), estando al menos parcialmente sumergida en dicho aceite de amortiguación la estructura de péndulo. La estructura de péndulo 504 está adaptada para suspenderse en una disposición de cables en conectores 508, 509, 510.

20 Un número total de doce resortes en voladizo 506 están sujetos en un extremo 507 al contorno exterior 502 de la cámara. Los extremos opuestos de los respectivos resortes en voladizo 506 están adaptados para hacer tope con y deslizar de ese modo sobre la superficie exterior de la estructura de péndulo 504 en respuesta a desplazamientos de los mismos. Alternativamente, puede incorporarse una pieza de inserción pasante 512 en la estructura de péndulo 504 para cada uno de los resortes en voladizo 506. El extremo libre de los respectivos resortes en voladizo 506 están adaptados para hacer tope y deslizarse en las respectivas piezas de inserción 512.

25 La figura 6 muestra dos ejemplos de un resorte en voladizo 600 que va a usarse en relación con la segunda realización de la presente invención. Tal como se representa en la figura 6, el resorte en voladizo 600 está formado por dos partes 601, 602. La parte superior 602 está adaptado para sujetarse a la cámara usando la placa de sujeción con abrazaderas 603, mientras que la parte inferior 601 está adaptada para actuar como una parte elástica ya que la parte inferior de la misma está adaptada para hacer tope y deslizarse sobre la superficie exterior de la estructura de péndulo. Cada resorte en voladizo 600 puede comprender una pluralidad de hojas individuales que se apilan para formar el resorte en voladizo final 600. El número de hojas individuales puede seleccionarse según las demandas específicas. El material de resorte puede ser, por ejemplo, una chapa de UHS/Weldox 1300.

30 Puede proporcionarse un apoyo de baja fricción en forma de almohadilla de bronce 604 en el extremo inferior del resorte en voladizo 600 para reducir la fricción entre el resorte en voladizo 600 y la estructura de péndulo 504. Alternativamente, una de las hojas individuales 605 que forma el resorte en voladizo 600 puede extenderse y doblarse ligeramente para reducir la fricción.

45

REIVINDICACIONES

1. Una torre de turbina eólica que comprende un amortiguador de torre (100), comprendiendo el amortiguador de torre:
 - una estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504),
- 5
 - una disposición de suspensión para suspender la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504) de modo que se permite que la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504) se desplace desde una posición neutra para la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504), y
 - una cámara (102, 402) que contiene un líquido de amortiguamiento (116), estando al menos parcialmente sumergida en dicho líquido de amortiguamiento (116) la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504)
- 10
 - una pluralidad de resortes dispuestos para amortiguar los movimientos de la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504) cuando se suspende en la torre de turbina eólica, caracterizada porque
- 15
 - la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504) comprende un cuerpo de péndulo de forma cilíndrica (101, 208, 311, 322, 401, 504) y se suspende en la torre de turbina eólica, mediante la disposición de suspensión, y en la que se forma un paso a través del amortiguador de vibración mediante un orificio pasante (215, 511) en la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504) y en la cámara (102, 402).
2. Una torre de turbina eólica según la reivindicación 1, en la que el número de resortes es un múltiplo de 3.
3. Una torre de turbina eólica según la reivindicación 1 o 2, en la que la cámara (102, 402) comprende un contorno exterior (202, 502), un contorno interior (201, 501) y una parte inferior (203, 503) que se extiende entre el contorno exterior (202, 502) y el contorno interior (201, 501).
- 20
4. Una torre de turbina eólica según la reivindicación 3, en la que el contorno exterior (202, 502) de la cámara (102, 402) forma parte de la pared de la torre de turbina eólica.
5. Una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los resortes se distribuyen de manera uniforme alrededor de un eje central de la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504) o alrededor de un eje central de la torre de turbina eólica.
- 25
6. Una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los resortes están dispuestos entre la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504) y el contorno interior (201, 501) de la cámara (102, 402).
7. Una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en la que los resortes están dispuestos entre la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504) y el contorno exterior (202, 502) de la cámara (102, 402).
- 30
8. Una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la pluralidad de resortes están dispuestos para impulsar la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504) hacia una posición neutra para la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322, 401, 504).
- 35
9. Una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada uno de la pluralidad de resortes comprende un resorte de ballesta (109, 110, 204, 301, 302, 312, 320, 321).
10. Una torre de turbina eólica según la reivindicación 9, en la que cada resorte de ballesta (109, 110, 204, 301, 302, 312, 320, 321) en ambos de sus dos extremos comprende medios de sujeción de resortes de ballesta (109, 110, 204, 301, 302, 312, 320, 321) para sujetar el resorte de ballesta (109, 110, 204, 301, 302, 312, 320, 321) a la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322).
- 40
11. Una torre de turbina eólica según la reivindicación 10, que comprende además una disposición de contacto para cada uno de dicha pluralidad de resortes de ballesta (109, 110, 204, 301, 302, 312, 320, 321), en la que cada una de dicha disposición de contacto está configurada para proporcionar contacto accionable entre un resorte de ballesta (109, 110, 204, 301, 302, 312, 320, 321) y los contornos interior o exterior (201, 202) de la cámara (102) en una posición entre los dos extremos del resorte de ballesta (109, 110, 204, 301, 302, 312, 320, 321), en la que la disposición de contacto comprende
- 45
 - un elemento de contacto (111, 112, 207, 313),
 - una guía configurada para permitir la traslación vertical del elemento de contacto (111, 112, 207, 313), induciéndose dicha traslación vertical mediante un desplazamiento de la estructura de péndulo (101, 208,
- 50

311, 322), y

- un resorte de elemento de contacto (314, 319) dispuesto en cada lado del elemento de contacto (111, 112, 207, 313), estando configurado dicho resorte de elemento de contacto (314, 319) para, de común acuerdo, impulsar el elemento de contacto (111, 112, 207, 313) hacia una posición neutra para el elemento de contacto (111, 112, 207, 313).

5 12. Una torre de turbina eólica según la reivindicación 11, en la que cada uno de los medios de sujeción de resorte de ballesta comprende

- un par de rodillos giratorios (304, 325, 328) adaptados para recibir y sujetar con abrazaderas un extremo de resorte de ballesta, en la que los rodillos (304, 325, 328) están configurados para flexionarse de tal manera que el resorte de ballesta (109, 110, 204, 301, 302, 312, 320, 321) puede moverse de manera angular en relación con los medios de sujeción de resorte de ballesta.

10 13. Una torre de turbina eólica según la reivindicación 11 o 12, en la que la pluralidad de resortes de ballesta (109, 110, 204, 301, 302, 312, 320, 321) forman una estructura de extremo con extremo entre la estructura de péndulo (101, 208, 311, 322) y el contorno interior (501) de la cámara (102, 402), y en la que una disposición de contacto está unida a cada resorte de ballesta (109, 110, 204, 301, 302, 312, 320, 321).

15 14. Una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que cada uno de la pluralidad de resortes comprende un resorte en voladizo (407, 506).

20 15. Una torre de turbina eólica según la reivindicación 14, en la que cada resorte en voladizo (407, 506) comprende un apoyo de baja fricción (604) dispuesto en un extremo libre del resorte en voladizo (407, 506) y en la que el apoyo (604) está configurado para entrar en contacto accionable entre el resorte en voladizo (407, 506) y el contorno exterior o interior (502, 501) de la cámara (402).

25 16. Una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la disposición de suspensión comprende medios sintonizadores configurados para ajustar la frecuencia natural de la estructura de péndulo suspendido (101, 208, 311, 322, 401, 504).

30 17. Una torre de turbina eólica según la reivindicación 16, en la que la disposición de suspensión comprende una pluralidad de cables (103, 104, 105, 403, 404).

18. Una torre de turbina eólica según la reivindicación 16 o 17, en la que los medios sintonizadores comprenden, para cada uno de dicha pluralidad de cables (103, 104, 105, 403, 404), una abrazadera (106, 107, 108) sujeta a la torre en un extremo y al cable (103, 104, 105, 403, 404) en el otro extremo, en la que la sujeción de la abrazadera (106, 107, 108) está configurada de modo que la abrazadera (106, 107, 108) es móvil a lo largo de la dirección longitudinal del cable (103, 104, 105, 403, 404).

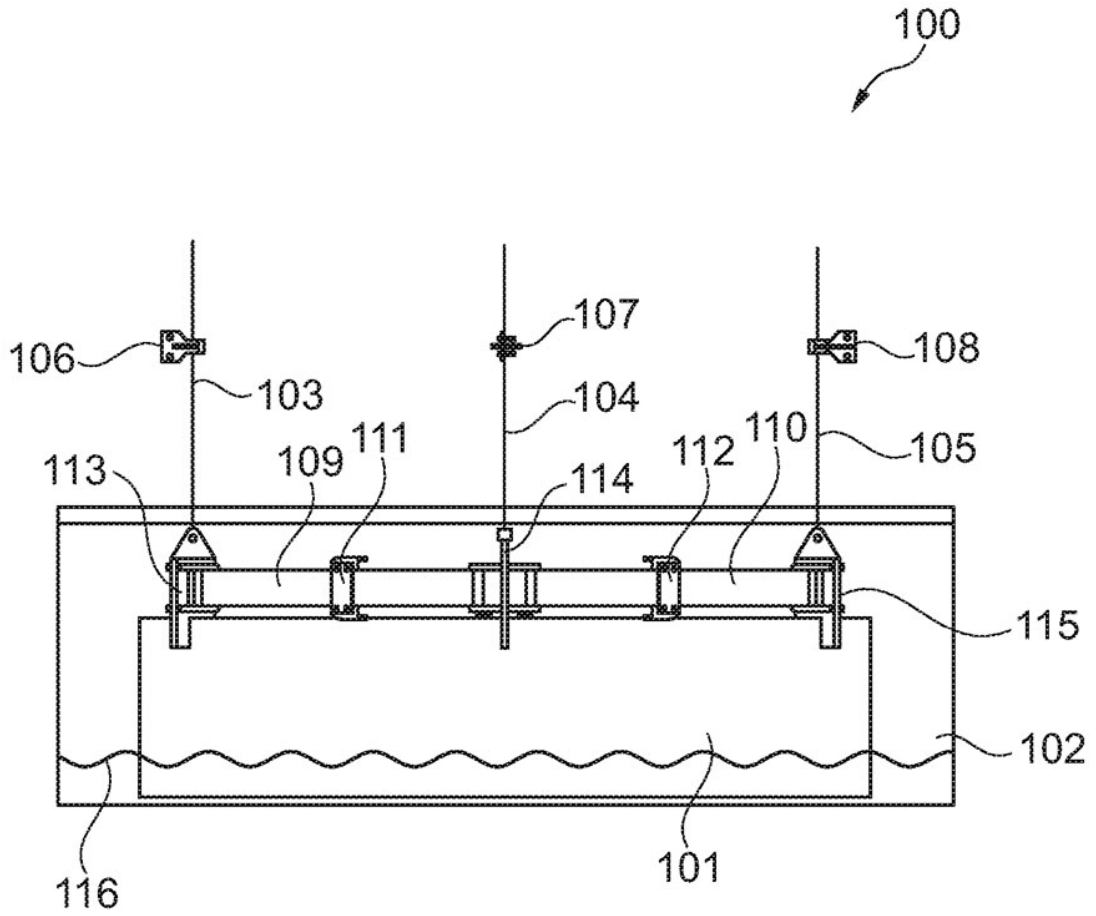


Fig. 1

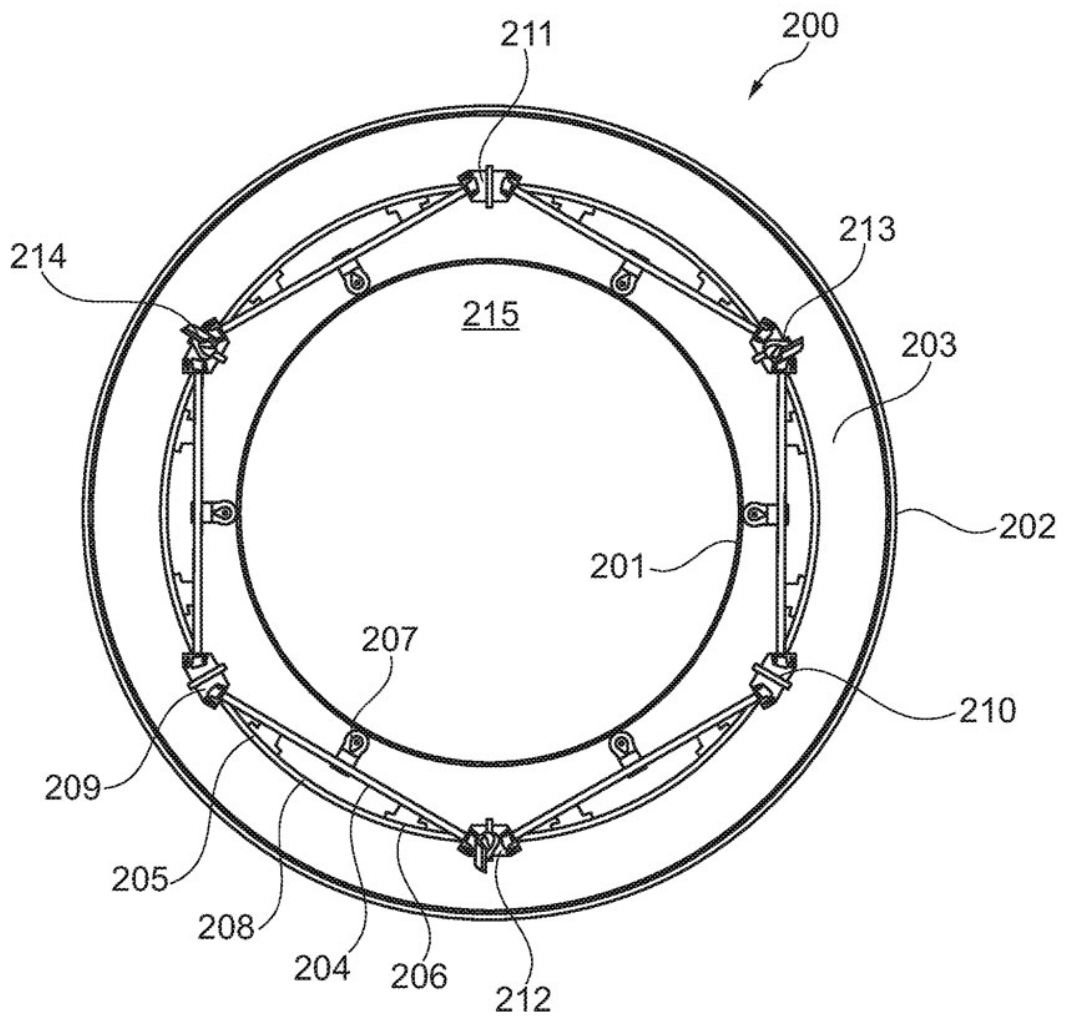


Fig. 2

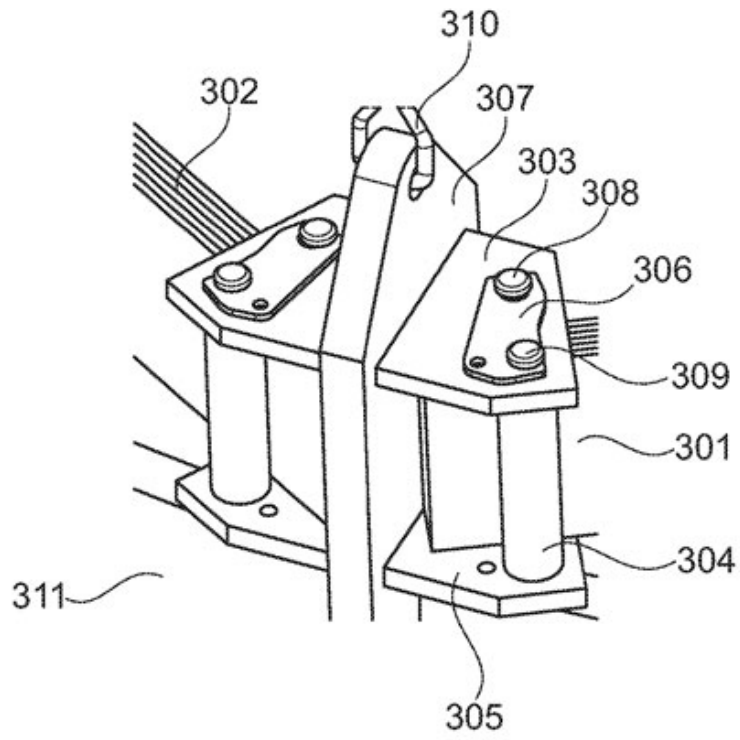


Fig. 3a

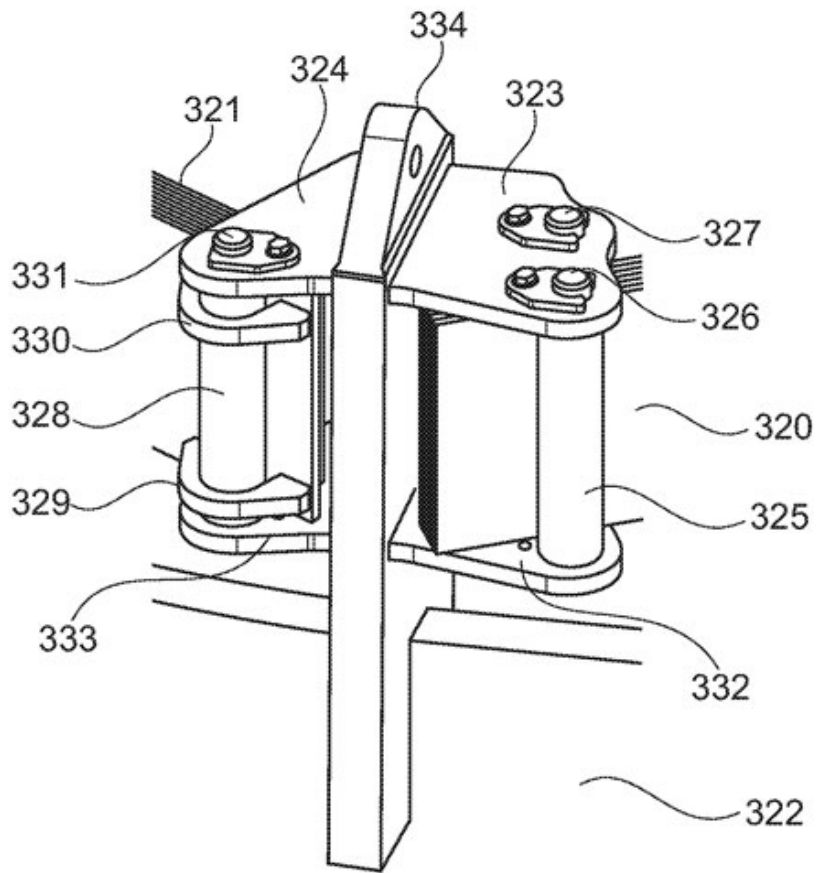


Fig. 3b

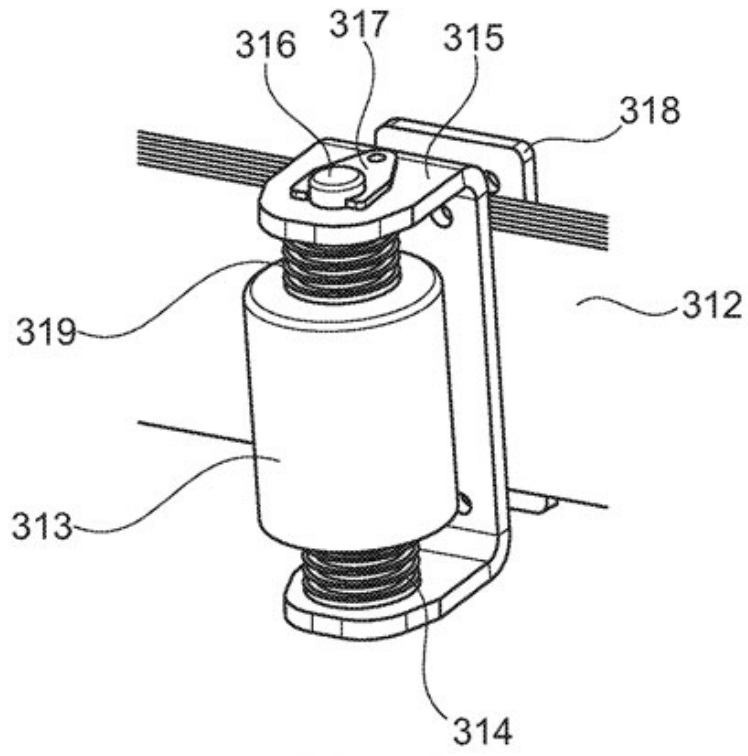


Fig. 3c

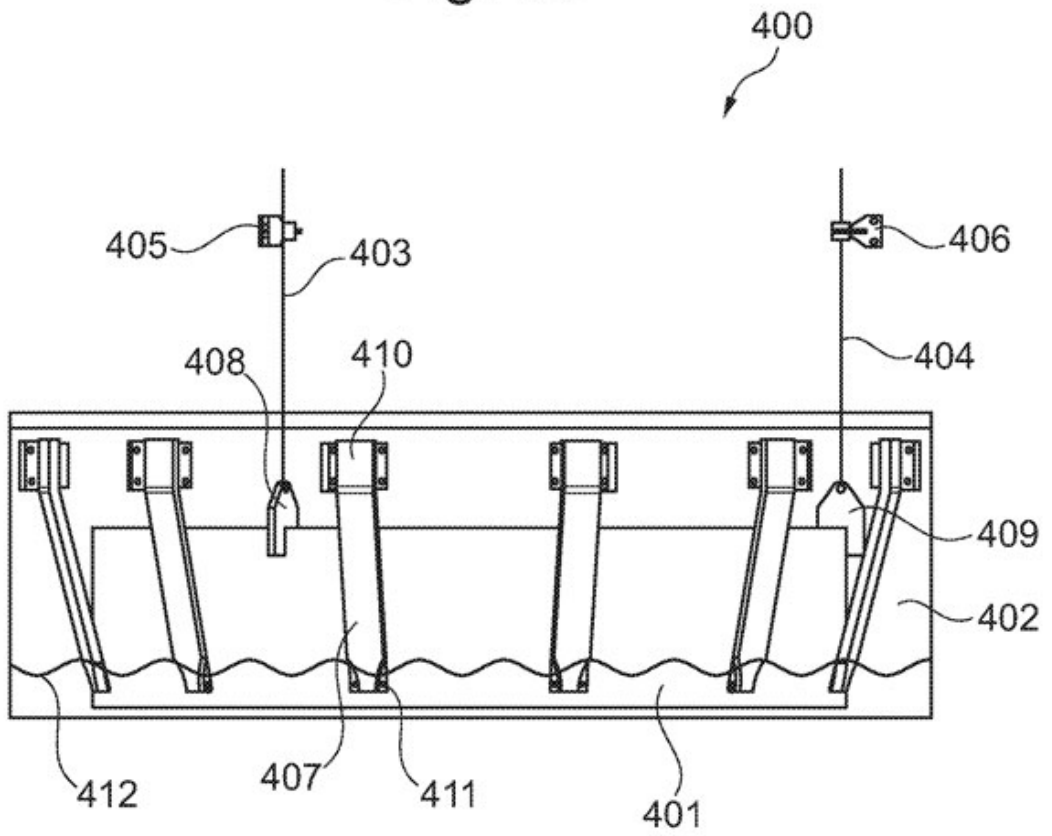


Fig. 4

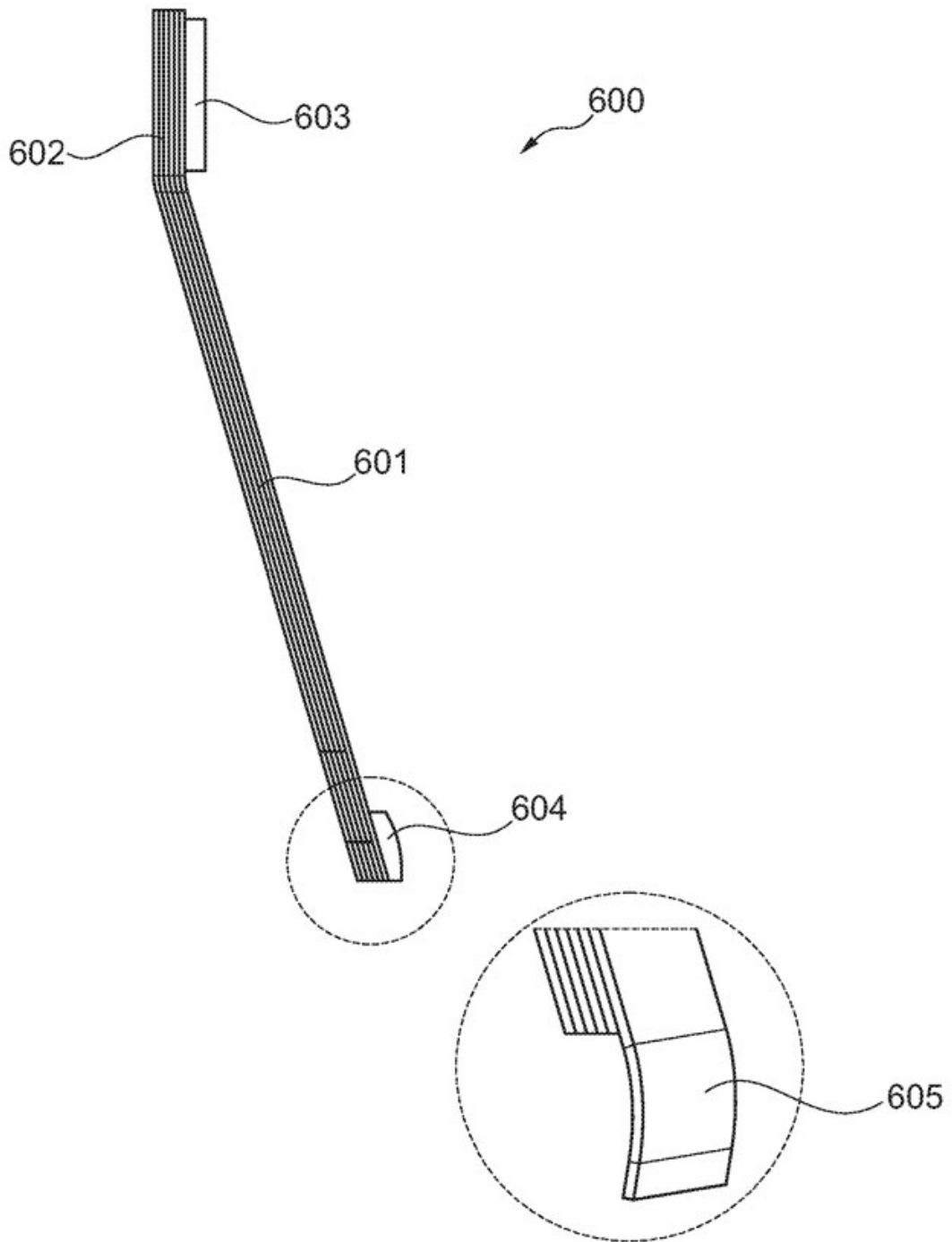


Fig. 6