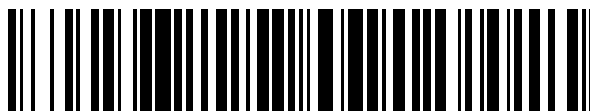


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 801**

51 Int. Cl.:

<b>F16F 7/116</b>	(2006.01)
<b>E04H 12/08</b>	(2006.01)
<b>E04H 12/12</b>	(2006.01)
<b>E04H 12/16</b>	(2006.01)
<b>F03D 80/80</b>	(2006.01)
<b>E04B 1/98</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.11.2013 PCT/EP2013/075151**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.06.2014 WO14086686**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2013 E 13799280 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019 EP 2929098**

54 Título: **Módulo de limitación de vibraciones y dispositivo, segmento de construcción para un dispositivo de construcción e instalación de energía eólica con un módulo de limitación de vibraciones**

30 Prioridad:

**04.12.2012 DE 102012222191**

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

**18.03.2020**

73 Titular/es:

**WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)  
Borsigstrasse 26  
26607 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

**KÖNITZ, MALTE y  
KRAFT, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

ES 2 748 801 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

Módulo de limitación de vibraciones y dispositivo, segmento de construcción para un dispositivo de construcción e instalación de energía eólica con un módulo de limitación de vibraciones

5

La invención se refiere a un módulo de limitación de vibraciones según el preámbulo de la reivindicación 1. La invención también concierne un dispositivo con un módulo de limitación de vibración semejante y un segmento de construcción para un dispositivo de construcción con un módulo de limitación de vibración semejante y una instalación de energía eólica con una torre y un segmento de torre con un módulo de limitación de vibración semejante.

10

Debido a su diseño alto y, a este respecto, esbelto, una instalación de energía eólica (WEA, por sus siglas en alemán) representa una construcción especialmente propensa a las vibraciones; esto se aplica en particular a las torres de acero tubular y de hormigón pretensado de las instalaciones de energía eólica, que están diseñadas cada vez más para alturas de buje mayores de un rotor, lo que aumenta la propensión a las vibraciones perturbadoras. En particular, los fenómenos de resonancia de un rotor rotativo con palas de rotor que eventualmente vibran pueden conducir a formas complejas de vibración de una instalación de energía eólica, en particular también en la torre de la misma. Sin embargo, una construcción de una torre de instalación de energía eólica que ahorre recursos es cada vez más importante, por ejemplo, con vistas a una reducción del diámetro de la torre y el espesor de pared de la misma. En principio, esto se aplica a cualquier tipo de diseño de una instalación de energía eólica, pero en particular a una instalación de energía eólica con una torre tubular, como por ejemplo una torre tubular de acero o una torre prefabricada de hormigón.

15

20

25

Una instalación de energía eólica de diseño conocido presenta una góndola colocada sobre una torre y que porta un rotor. Se conoce la colocación de un absorbedor de vibraciones (amortiguador de masa) en la torre. Por ejemplo, el documento EP 1 008 747 B1 describe un absorbedor de vibraciones para la amortiguación de las vibraciones en una instalación de energía eólica con una masa de volante, una varilla de péndulo, un cojinete o articulación de péndulo y medios de amortiguación. La propiedad de amortiguación se consigue porque la masa de volante oscila de forma desfasada en comparación con la construcción de la instalación de energía eólica. Los medios de amortiguación están formados junto con la articulación de péndulo como unidad constructiva y se componen esencialmente de uno o varios módulos de elastómero, donde el absorbedor puede ser acelerado en cualquier dirección de un plano.

30

35

Básicamente, bajo un absorbedor de vibraciones se debe entender un módulo constructivo que se compone de una masa y al menos un resorte y mediante una unión a un sistema vibratorio, como por ejemplo una instalación de energía eólica, puede reducir sus vibraciones. La masa del absorbedor de vibraciones, también designada como masa de contra-vibración, oscila en particular de forma desfasada respecto a la estructura principal del dispositivo de construcción, como por ejemplo una instalación de energía eólica. Las fuerzas del absorbedor de vibraciones resultantes de la aceleración se pueden introducir en la estructura principal a estabilizar de una instalación de energía eólica. El efecto de un absorbedor de vibraciones no sólo se limita al punto de ataque de la excitación de amortiguación, sino que también actúa en otros puntos de la estructura principal conectada. En principio, un absorbedor de vibraciones se puede utilizar para una frecuencia perturbadora de vibraciones comparativamente estrechamente limitada, ya que generalmente sólo está a disposición una frecuencia de absorción de vibraciones variable solo de forma limitada del absorbedor de vibraciones; por lo tanto, un absorbedor de vibraciones se considera un componente más bien estático para la reducción de las vibraciones. Pero una ventaja esencial de un absorbedor de vibraciones consiste en que está comparativamente bien diseñado para la vibración perturbadora a absorber y, con un diseño adecuado, puede extinguirla prácticamente por completo. Se debe tener en cuenta que para el sistema acoplado del absorbedor de vibraciones y de la estructura principal vibratoria parásita, por ejemplo, la instalación de energía eólica, durante la absorción se puede observar una escisión de frecuencias, que se sitúa fuera de la frecuencia de absorción o de la frecuencia perturbadora de la vibración original, y que eventualmente puede conducir a mayores amplitudes de vibración fuera de la frecuencia de absorción.

40

45

50

55

A diferencia del absorbedor de vibraciones (amortiguador de masa), un amortiguador de vibraciones se puede considerar como un sistema que conecta la masa de contra-vibración con la estructura principal a amortiguar por medio de un resorte y un elemento amortiguador, aunque se puede utilizar como complemento del absorbedor de vibraciones. En este caso los elementos de resorte y de amortiguador se pueden diseñar de diferentes maneras. Los amortiguadores de vibraciones se consideran básicamente como sistemas de acción dinámica y, en comparación con un absorbedor de vibraciones puro, pueden funcionar con un espectro más amplio de diferentes frecuencias perturbadoras.

60

A este respecto, la estructura de un absorbedor de vibraciones designada en el EP 1 008 747 B1 se puede designar más bien como un amortiguador de vibraciones. El sistema se puede designar como tal como un sistema de acción pasiva.

Los conceptos de acción pasiva para la reducción de vibraciones utilizan estructuras amortiguadas o no amortiguadas en una estructura principal de vibración perturbadora, que presentan un sistema de resorte-masa que funciona mecánicamente. El uso de un absorbedor de vibraciones pasivo es especialmente adecuado, por ejemplo, si la frecuencia de una vibración perturbadora es comparativamente bien conocida y se encuentra dentro de un rango de frecuencias comparativamente limitado y conocido. Independientemente de esto, un sistema pasivo se puede proveer con un actuador activo a través de una ampliación y, por lo tanto, convertirse en un sistema activo; por ejemplo, ajustando parámetros significativos de una estructura principal o, en particular, del absorbedor o amortiguador de vibraciones a las condiciones variables de la estructura principal en tiempo real. De este modo también se pueden absorber y/o amortiguar en una banda relativamente ancha otras frecuencias perturbadoras, además de una frecuencia de resonancia preferente de una frecuencia perturbadora principal. Sin embargo, en la mayoría de los casos, este enfoque requiere una tecnología de regulación compleja y un suministro de energía externo.

Por el DE 20 2005 019 949 U1 se conoce un sistema absorbedor de vibraciones con una frecuencia natural de absorción variable que se puede ajustar de forma variable pero fija a diferentes frecuencias perturbadoras. Un sistema de absorción configurado como un péndulo vertical con una masa absorbente está apoyado en una base mediante una disposición de resortes y se puede variar una distancia base del centro de gravedad de la masa absorbente. En paralelo a la disposición de resortes entre la masa absorbente y la base está previsto un elemento de definición de distancia resistente a compresión y/o a tracción, cuya longitud es variable. En principio, tales u otros dispositivos de absorción verticales se pueden utilizar preferiblemente para la amortiguación de edificios. En el documento DE 197 34 993 A1 se describe una reducción de vibraciones relativamente compleja en un edificio en base a un péndulo de pie.

Es deseable poner a disposición una limitación de las vibraciones comparativamente eficaz para la protección de los dispositivos constructivos propensos a las vibraciones, en particular mediante una reducción adecuada de la amplitud de un modo de vibración perturbadora, en particular, principalmente mediante la absorción de vibraciones, que, no obstante, está diseñada de forma segura y además se puede construir de manera relativamente sencilla o ponerse a disposición de forma manejable.

La Oficina Alemana de Patentes y Marcas ha investigado en la solicitud de prioridad para la presente solicitud el siguiente estado de la técnica: DE 20 2005 019 949 U1, US 6 672 763 B1, EP 1 008 747 B1 y DE 197 34 993 A1. El documento JPH05187481 constituye el estado de la técnica más próximo.

En este punto comienza la invención, cuyo objetivo es especificar un dispositivo que esté configurado para la colocación colgada de un dispositivo de construcción y que está configurado de una manera mejorada para limitar una vibración perturbadora del dispositivo de construcción, en particular para absorber una vibración perturbadora. En particular, el dispositivo tiene que poder poner a disposición una limitación de vibraciones, preferiblemente absorción de vibraciones, de una manera comparativamente eficaz y segura, también en sistemas activos. Sin embargo, un dispositivo debe ser comparativamente sencillo y, a la vez, fiable y seguro.

En particular, se debe diseñar un dispositivo para un fenómeno de resonancia a una frecuencia natural más alta que la primera frecuencia natural de una instalación de energía eólica, en particular de una torre de la instalación de energía eólica. Tales frecuencias naturales más altas que, en comparación en particular con la primera frecuencia natural, están esencialmente asociadas a un modo de vibración con un vientre en la zona de torre, se generan por los movimientos de la góndola y en particular por un momento de cabeceo de la góndola. Adicionalmente, un rotor y, en particular, un movimiento de rotor, pueden hacer contribuciones comparativamente complejas al modo de vibración, que no son despreciables. Esto puede conducir a modos de vibración que presentan un extremo abierto en la zona de la góndola, pero con un punto nodal y un vientre del modo de vibración en la zona de la torre. Se ha demostrado que una segunda frecuencia natural en particular puede presentar un vientre que no está localizado en la zona de la góndola o directamente por debajo de la góndola de una instalación de energía eólica, sino que se puede situar significativamente más bajo.

El objetivo de la invención es especificar, en particular, un módulo de absorción de vibraciones, un dispositivo de absorción de vibraciones y un segmento de construcción para un dispositivo de construcción y un dispositivo de construcción, en particular una instalación de energía eólica, que está configurado de manera mejorada para absorber y/o amortiguar una vibración activa y/o pasivamente.

El objetivo concerniente al dispositivo se consigue por la invención con un módulo de limitación de vibraciones del tipo mencionado al principio, donde según la invención también están previstas las características de la parte caracterizadora de la reivindicación 1.

El módulo está configurado en particular para la colocación colgada en un dispositivo de construcción y está formado en forma de un módulo absorbedor de vibraciones.

Según la invención, el módulo de limitación de vibraciones presenta:

5

- una estructura portante

- un sistema pendular con una masa de péndulo y con un sistema de suspensión para suspender la masa de péndulo en la estructura portante, donde el sistema de suspensión presenta una suspensión de masa de péndulo, que discurre en la dirección de un eje de suspensión y que está fijada a la estructura portante a través de una cabeza de suspensión.

10

Además, según la invención está previsto que

15

- el sistema de suspensión presente un número elementos de resorte de péndulo que discurren en la dirección de un eje de suspensión, y

- la cabeza de suspensión de la suspensión de masa de péndulo presenta una cabeza de articulación que está fijada a la estructura portante y que presenta un cojinete de péndulo configurado como cojinete de deslizamiento.

20

En particular, al menos un elemento del resorte de péndulo del número de elementos de resorte de péndulo está fijado a la masa de péndulo y a la estructura portante en la dirección del eje de suspensión.

25

El concepto de la invención combina dos enfoques, a saber, dicho de forma simplificada, en primer lugar, un cojinete de péndulo diseñado relativamente simple pero que actúa de forma eficiente para la amortiguación de vibraciones, que está configurado como un cojinete de deslizamiento y, en segundo lugar, una orientación de los elementos de resorte de péndulo en la dirección del eje de suspensión: es decir, en paralelo a la suspensión de masa de péndulo.

30

El segundo aspecto antes mencionado de la concepción según la invención del módulo de limitación de vibraciones prevé con los elementos de resorte de péndulo que discurren en la dirección del eje de suspensión entre la masa de péndulo y estructura portante - también designada como dirección vertical - en principio la condición previa para una suspensión elástica de la masa de péndulo, que se puede configurar ajustable de forma variable.

35

Además, en el marco de un perfeccionamiento, se ha demostrado especialmente eficaz configurar el cojinete de péndulo sin amortiguación, es decir, configurar la suspensión de masa de péndulo para un movimiento pendular de la masa de péndulo. En particular ha resultado ser ventajoso que la suspensión de masa de péndulo sea inalterable en longitud y/o dirección; esto es aún más ventajoso para un diseño de cojinete de péndulo simplificado y seguro y, por tanto, sostenible y estable a largo plazo.

40

El concepto de la invención también conduce a un dispositivo limitador de vibraciones, en particular absorbedor de vibraciones, de la reivindicación 23, que según la invención está configurado para la colocación colgada del módulo absorbedor de vibraciones en una dirección de construcción.

45

En particular, ha demostrado ser eficaz prever un número de módulos limitadores de vibraciones, en particular de módulos absorbedores de vibraciones. Esto puede conducir a la variabilidad direccional, como también a la absorción de vibraciones de banda comparativamente ancha, preferiblemente para una frecuencia natural más alta de un dispositivo de construcción, como una instalación de energía eólica, en particular una torre o una torre de una instalación de energía eólica.

50

El concepto de la invención también conduce a un segmento de construcción de la reivindicación 14 para un dispositivo de construcción con un dispositivo limitador de vibraciones, en particular absorbedor de vibraciones, con un, en particular un número de módulos de limitación de vibraciones. En particular, en el marco de un perfeccionamiento está previsto que el segmento de construcción esté configurado como un segmento de torre para una instalación de energía eólica y presente un módulo de limitación de vibraciones del tipo antes mencionado.

55

El concepto de la invención también conduce a una instalación de energía eólica con una torre y una góndola colocada sobre la torre y que porta un rotor, donde la torre presenta un segmento de torre con dispositivo limitador de vibraciones del tipo arriba mencionado, en particular una instalación de energía eólica de la reivindicación 15.

60

En una instalación de energía eólica del tipo antes mencionado está conectado un generador con un árbol en la góndola, donde el árbol se puede accionar por un número de palas de rotor de un rotor conectadas al árbol a través de un buje. A este respecto, una pala de rotor está conectada a un adaptador de buje del buje mediante un cojinete

de pala. De esta manera, la energía eólica se puede utilizar en un movimiento rotatorio del árbol y para el accionamiento del generador; en la góndola está prevista una serie de módulos convertidores, que están configurados para llevar la corriente directamente suministrada por el generador a una frecuencia de red.

5 En particular, la invención ha reconocido que un segmento de torre antes mencionado es adecuado de forma especialmente ventajosa para la instalación a aproximadamente  $2/3$  de la altura de una torre de la instalación de energía eólica, en particular en una zona entre  $2/3$  menos 20 % hasta  $2/3$  más 20 % de la altura de la torre de la instalación de energía eólica, para absorber de forma especialmente efectiva una segunda frecuencia natural de una vibración perturbadora resonante eventualmente de la instalación de energía eólica, en particular de la torre de la  
10 instalación de energía eólica.

La invención parte de la consideración de que un módulo absorbedor de vibraciones es adecuado como base para una reducción relativamente simple, duradera y segura de las vibraciones perturbadoras; sin embargo, que se puede ampliar formando un módulo reductor de vibraciones adecuado; un módulo absorbedor de vibraciones se puede  
15 implementar en primer lugar ventajosamente de forma pasiva y con un coste comparativamente pequeño y aun así de alta efectividad. La invención ha reconocido que muchos dispositivos de construcción, en particular una instalación de energía eólica, representan un sistema vibratorio propenso a complejas vibraciones perturbadoras resonantes. Sin embargo, las frecuencias naturales se pueden identificar en una medida relativamente bien limitable; en particular, las frecuencias naturales más altas también se pueden definir comparativamente bien para un  
20 dispositivo de construcción definido, en particular una instalación de energía eólica. Se ha reconocido que un módulo absorbedor de vibraciones se puede diseñar de manera especialmente sencilla y eficiente en un espectro de frecuencias propias conocidas de las frecuencias perturbadoras de un dispositivo de construcción, en particular una instalación de energía eólica.

25 En pocas palabras, la invención parte de un sistema pendular, en particular un absorbedor de péndulo, con una masa de péndulo y un sistema de suspensión con una suspensión de masa de péndulo. Según la invención en el sistema de suspensión está previsto un número de elementos de resorte de péndulo y una suspensión de masa de péndulo con una cabeza de articulación, que presenta un cojinete de péndulo configurado como un cojinete de deslizamiento.  
30

Siguiendo el concepto de la invención, un módulo reductor de vibraciones configurado como un péndulo suspendido, en particular un módulo absorbedor de vibraciones, está provisto por un lado con un alojamiento de péndulo que se preferirá como un cojinete de deslizamiento. Por los más diversos motivos, esto es preferible a otras posibilidades de cojinete. La invención ha reconocido que por medio de una cabeza de articulación según el concepto de la invención  
35 se puede implementar un sistema de suspensión duradero y solicitable que, en principio, puede poner a disposición ante todo una superficie deslizante libre de mantenimiento del cojinete de deslizamiento; así la suspensión de masa de péndulo según el concepto de la invención resulta ser superior a sistemas más costosos y también permite una reducción especialmente eficiente de una frecuencia perturbadora de un componente, en particular debido a una baja amortiguación del cojinete de deslizamiento.  
40

Con respecto al cojinete de péndulo, la invención también ha reconocido que a lo largo de la vida útil de una instalación de energía eólica y a pesar de las condiciones ambientales adversas, incluso con una fuerte desviación del péndulo con un diseño adecuado de la superficie de deslizamiento del cojinete de deslizamiento, la misma se puede implementar de forma duradera y con una elevada fiabilidad. En particular, el concepto de la invención hace  
45 posible utilizar el cojinete de deslizamiento para permitir una reducción eficiente y de bajo mantenimiento de las vibraciones perturbadoras, que además se puede realizar de forma compacta, ahorrando espacio y, por tanto, ventajosamente para una instalación de energía eólica. Gracias a la utilización de un número de módulos absorbedores de vibraciones, se puede conseguir una absorción de vibraciones independiente de la dirección, que también es eficaz y sencilla, incluso con un cabeza de articulación unidireccional fijada para la desviación.  
50

Además, por otro lado, con una suspensión de masa de péndulo invariable en longitud y/o dirección, no se recurre expresamente directamente a una variabilidad de la masa de péndulo ni la longitud de péndulo directa; esto por motivos de una compacidad del módulo absorbedor de vibraciones. Se ha demostrado que un elemento de resorte de péndulo puede ofrecer suficientes posibilidades de ajuste incluso con una suspensión de masa de péndulo  
55 invariable, a fin de ajustar una suspensión de masa de péndulo con respecto a un espectro de frecuencias perturbadoras de un dispositivo de construcción.

En particular, con el uso de un número de módulos reductores de vibraciones, en particular módulos absorbedores de vibraciones, con un dispositivo reductor de vibraciones, en particular un dispositivo absorbedor de vibraciones,  
60 han resultado una serie de ventajas. Así en caso de fallo de un absorbedor de vibraciones, la función de vibración se mantiene en cualquier caso parcialmente gracias a la disposición redundante. Los módulos absorbedores de vibraciones individuales se pueden ajustar de diferente manera, por lo que se puede implementar una absorción de

vibraciones de banda comparativamente ancha. Y finalmente, un alojamiento se puede realizar aún más duradero como resultado de una masa reducida para cada módulo.

- 5 Además, el concepto de la invención tiene potencial para un dispositivo de protección anticaídas preferida y también ofrece además una posibilidad de ampliación del concepto de absorción de vibraciones a un concepto de amortiguación y/o un concepto regulado de forma activa para la reducción de vibraciones en un dispositivo de construcción. El módulo y el dispositivo ofrecen la posibilidad de un dispositivo de protección anticaídas, como también una amortiguación de la posición final y una ampliación fundamental de un aspecto de amortiguación y un componente activo para un módulo absorbedor de vibraciones.
- 10 Perfeccionamientos preferidos de la invención se pueden deducir de las reivindicaciones dependientes, que especifican en detalle posibilidades ventajosas de perfeccionar el dispositivo en el marco del concepto de la invención.
- 15 En el marco de un perfeccionamiento especialmente preferido, al menos un elemento del resorte de péndulo del número de elementos de resorte de péndulo está provisto con un resorte diseñado como resorte de compresión. En particular, cada elemento del resorte de péndulo presenta un resorte y cada uno de los resortes está configurado como un resorte de compresión. Un resorte de compresión ha demostrado ser especialmente preferido para estabilizar la masa de péndulo. En particular, en el caso de un elemento de resorte de péndulo, puede estar previsto
- 20 que el resorte esté dispuesto bajo presión de forma proximal por debajo un platillo de resorte de una sujeción de resorte. En un extremo proximal del resorte, es decir, un extremo del resorte más cercano a la estructura portante, el resorte está bajo precarga, en particular bajo presión, preferiblemente en un platillo de resorte. En un extremo distal del resorte, es decir, un extremo del resorte adyacente en primer lugar a la masa de péndulo, el resorte está colocado preferiblemente directamente en la masa de péndulo.
- 25 Preferiblemente el elemento de resorte de péndulo puede presentar una sujeción de resorte, que está configurada para el ajuste variable de la longitud de resorte del resorte. En particular, por medio de la sujeción de resorte se puede realizar un ajuste de una precarga del resorte, en particular un ajuste de la fuerza de resorte de compresión de un resorte de compresión. Un resorte de compresión siempre se puede diseñar según la norma DIN 13906.
- 30 Ha resultado ser ventajoso prever una posibilidad de ajuste para un resorte a través de la longitud de resorte y/o rigidez de resorte. En particular, este enfoque resulta ser ventajoso en comparación con otros enfoques para influir en la absorción de vibraciones. En principio, es posible cambiar la masa de péndulo y/o la longitud de péndulo para el ajuste adicional de una frecuencia de absorción (en relación con una frecuencia perturbadora). Sin embargo, una
- 35 "longitud de péndulo" efectiva con una masa comparativamente pequeña y con una dimensión espacial pequeña se puede lograr mediante el ajuste de una fuerza de resorte de compresión o cualquier otro ajuste de una longitud de resorte. En conjunto se pone a disposición un sistema comparativamente compacto de un módulo reductor de vibraciones, en particular un módulo absorbedor de vibraciones. En particular, un módulo de este tipo es adecuado para la instalación en espacios limitados de un segmento de construcción y/o un dispositivo de construcción.
- 40 Han surgido distintas posibilidades para la implementación de una construcción de ajuste para el elemento de resorte de péndulo. Ha resultado ser especialmente preferible una construcción de ajuste donde están previstos medios de ajuste por encima de una estructura portante, en particular por encima de una placa de estructura portante. La construcción de ajuste presenta medios de ajuste que atraviesan la placa de estructura portante, una
- 45 placa base y/o un platillo de resorte. Está previsto que los medios de ajuste presentan un perfil de soporte, en este caso presentan un perfil de soporte dispuesto por encima de la placa base. El perfil de soporte porta un mecanismo de ajuste puro de ajuste variable y presenta un tope para un medio de ajuste de un mecanismo de ajuste.
- En el marco de un perfeccionamiento constructivo especialmente preferido puede estar previsto que, para la
- 50 implementación del mecanismo de ajuste, la construcción de ajuste presente una varilla de guiado con rosca rotativa, que engrana en un agujero roscado del perfil de soporte que sirve como un tope, donde la varilla de guiado presenta de forma proximal un ataque para medios rotativos y de forma distal un medio de ajuste que está configurado para el desplazamiento del platillo de resorte. Por ejemplo, el medio de ajuste puede presentar, por ejemplo, un tope que ase detrás del platillo de resorte, por ejemplo, en forma de contratuerca o similares.
- 55 El resorte está conectado preferiblemente de forma distal, directa o indirectamente, a la masa de péndulo.
- En el caso de una suspensión de masa de péndulo sin cambio de longitud y/o dirección, ha resultado ser ventajoso en la concepción general cambiar la longitud de péndulo efectiva mediante ajuste de la longitud de resorte, en particular ajustando la fuerza de resorte de compresión de un resorte de compresión. Además, ha resultado ser
- 60 ventajoso que se consiga una suspensión elástica independiente de la dirección de la masa de péndulo, es decir, ampliamente equilibrada para todas las direcciones de movimiento, porque un número de elementos de resorte

están dispuestos circunferencialmente a la masa de péndulo, en particular alrededor de una suspensión de masa de péndulo central.

5 Perfeccionamientos preferidos prevén una adaptación de la frecuencia de absorción con vistas a una frecuencia perturbadora o frecuencia de vibración perturbadora, que además se puede diseñar ventajosamente de banda ancha; se puede diseñar de banda más ancha de lo que sería el caso con una adaptación idéntica de todos los elementos de resorte de péndulo.

10 Preferiblemente, puede estar previsto en particular que el número de elementos de resorte de péndulo presente un primer resorte, en particular un resorte de compresión, y un segundo resorte, en particular un resorte de compresión, cuya fuerza del resorte de compresión sea diferente. En particular, todos los resortes de péndulo pueden presentar diferentes fuerzas de resorte de compresión. También puede resultar ser ventajoso agrupar ciertos elementos de resorte de péndulo en grupos de simetría y prever las mismas fuerzas de compresión para todos los resortes de péndulo de un grupo de simetría, mientras que los resortes de diferentes grupos de simetría presentan diferentes  
15 fuerzas de resorte de compresión.

20 En conjunto se puede ajustar una dependencia direccional de un módulo reductor de vibraciones o de sus propiedades elásticas de amortiguación y resorte del mismo, adecuada con vistas a los requisitos de la instalación de energía eólica y de la configuración espacial especial de un modo de vibración de una segunda frecuencia natural. Esto resulta ser ventajoso para la realización constructiva de un módulo absorbedor de vibraciones con vistas a sus propiedades de elasticidad y/o amortiguación o con vistas a las propiedades efectivas de longitud y dirección.

25 En particular, las propiedades de elasticidad y/o amortiguación de un módulo de absorción de vibraciones se pueden ajustar desviándose de una simetría rotacional.

30 Sin embargo, alternativamente se puede conseguir una elasticidad a la vibración y una propiedad de amortiguación de un módulo reductor de vibraciones, en particular un módulo absorbedor de vibraciones, que se ajusta de forma comparativamente simétrica a la rotación, dado que el número de elementos de resorte de péndulo presentan un primer y un segundo resorte, cuya fuerza de resorte de compresión es igual. En particular puede estar previsto que todos los resortes de péndulo presenten las mismas fuerzas de resorte de compresión.

35 Ha resultado ser ventajoso que el número de elementos de resorte de péndulo sea par. En particular, un número de al menos cuatro elementos de resorte de péndulo, preferiblemente seis u ocho elementos de resorte de péndulo, ha resultado ser ventajoso. El número de elementos de resorte de péndulo está dispuesto preferiblemente simétricamente en ángulo de rotación alrededor de la suspensión de masa de péndulo dispuesta de forma central sobre el eje de suspensión. El número de elementos de resorte de péndulo está conectado preferiblemente directa o indirectamente a un lado cobertor de la masa de péndulo o se fija de alguna otra manera.

40 Además, las posibilidades constructivas de realización preferidas para una suspensión de masa de péndulo se pueden estar previstas en el marco de un perfeccionamiento. En particular, se resultado ser ventajoso que la suspensión de masa de péndulo tenga una varilla de péndulo que porta la cabeza de articulación en su extremo proximal. En particular, la masa de péndulo está colocada en un extremo distal de la suspensión de masa de péndulo.

45 Ventajosamente está previsto para la colocación de la masa de péndulo que la varilla de péndulo atraviese la masa de péndulo a lo largo del eje de suspensión y la masa de péndulo descansa sobre un tope distal de la varilla de péndulo en un lado base y/o esté sujeta en un lado cobertor en un contratope de la varilla de péndulo. De esta manera es posible fijar con seguridad una masa de péndulo, incluso de peso comparativamente alto, a la varilla de  
50 péndulo.

55 Ventajosamente la suspensión de masa de péndulo está sujeta de forma rotativa deslizante en un perno de cojinete para la configuración del cojinete de deslizamiento. Un perno de cojinete está sujeto preferiblemente en la cabeza de articulación en un receptáculo de perno de cojinete. El receptáculo de perno de cojinete está formado preferiblemente en un anillo interior de la cabeza de articulación; en particular, para la configuración del cojinete de deslizamiento está configurada una superficie interior del anillo interior dirigida hacia el perno de cojinete como una superficie de deslizamiento.

60 Para el diseño de un cojinete de deslizamiento sencillo y eficaz ha resultado ser especialmente preferido que la cabeza de articulación presente una superficie de deslizamiento de un único cojinete de deslizamiento. La configuración de una única superficie de deslizamiento de un único cojinete de deslizamiento ha resultado ser ventajosa para mantener lo más bajos posibles los costes de sellado y las medidas de servicio. En particular se

5 mantiene bajo el coste para el diseño del cojinete de péndulo. Sin embargo, en una modificación de un cojinete de péndulo variado puede estar previsto que la cabeza de articulación tenga un número de superficies de deslizamiento de uno o varios cojinetes de deslizamiento. Esta última modificación puede resultar ser ventajosa si se debe reducir la fuerza superficial en una superficie de deslizamiento, en particular si las fuerzas de cojinete se deben distribuir sobre una superficie de deslizamiento lo más grande posible.

10 Preferiblemente el perno de cojinete está sujeto, en particular bloqueado y/o contraatornillado de forma fija, es decir, no rotativa en el receptáculo de perno de cojinete. Así en particular la suspensión de masa de péndulo y el perno de cojinete están configurados para un alojamiento síncrono. Es preferible que la suspensión de masa de péndulo presenta un cabeza de articulación para el alojamiento deslizante en el perno de cojinete, en particular sólo para el alojamiento deslizante de la suspensión de masa de péndulo en el perno de cojinete.

15 En una modificación, el perno de cojinete puede estar sujeto de forma rotativa en el receptáculo de perno de cojinete para la realización de un movimiento pendular. En particular puede estar configurado un alojamiento síncrono entre el perno de cojinete y el receptáculo de perno de cojinete. Adicional o alternativamente, en una variación la suspensión de masa de péndulo puede estar sujeta de forma rotativa en el perno de cojinete.

20 Otros perfeccionamientos han demostrado su eficacia respecto al diseño de una superficie de deslizamiento del cojinete de deslizamiento y para la protección de la superficie de deslizamiento del cojinete de deslizamiento. Ha resultado ser especialmente preferible que al menos una zona parcial de la superficie de deslizamiento del cojinete de deslizamiento esté hecha de acero para rodamientos y, en particular, que todo el cojinete de deslizamiento este hecho de acero para rodamientos. El acero para rodamientos ha resultado ser especialmente resistente también en el caso de movimientos de fricción lentos con altas fuerzas de compresión. Por ejemplo, una cabeza de articulación y/o el perno de cojinete y/o el receptáculo de perno de cojinete pueden estar hechos total o parcialmente de acero para rodamientos, en particular una superficie de deslizamiento de los mismos y/o una superficie de cojinete de los mismos o zonas parciales de ellos. Las superficies de deslizamiento de estos componentes mencionados también pueden estar especialmente tratadas, endurecidas o configuradas en función del módulo de elasticidad y del grado de dureza.

30 También ha resultado ser ventajoso que el cojinete de deslizamiento, en particular la cabeza de articulación y/o el perno de cojinete y/o el receptáculo de perno de cojinete, presente una protección contra la corrosión. La protección contra la corrosión en forma de recubrimiento de zinc ha resultado ser ventajosa. De este modo se impide prácticamente una corrosión del cojinete de deslizamiento o, en particular, de la cabeza de articulación.

35 En particular, ha resultado ser ventajoso prever un medio para la prevención de una entrada de humedad en la zona de una cabeza de articulación, en particular la zona del cojinete de péndulo, ventajosamente la zona del cojinete de deslizamiento o de las superficies del cojinete de deslizamiento. Preferiblemente puede estar prevista una junta de labios en el lado de un anillo interior del cabeza de articulación. Por ejemplo, un perno de cojinete puede llevar una junta de labios. Una junta de labios también se puede variar, por ejemplo, en una forma modificada como anillo obturador simple o anillo obturador de labios o anillo obturador cilíndrico similar.

El módulo absorbedor de vibraciones puede estar asegurado de forma especialmente preferida con medidas adicionales a fin de reducir una vibración perturbadora de la forma más efectiva posible.

45 En particular, el sistema pendular puede tener al menos un elemento amortiguador que, además de la amortiguación propia de los elementos de resorte de péndulo, amortigua una vibración de absorción del módulo absorbedor de vibraciones. A saber, esto puede reducir eventualmente la amplitud de la frecuencia de absorción de vibraciones, no obstante, de este modo es posible un diseño de banda más ancha de la absorción de vibraciones.

50 En particular, ha resultado ser ventajoso que un módulo absorbedor de vibraciones esté provisto con un limitador o amortiguador de amplitud y/o de posición final. En particular esto ha resultado ser ventajoso cuando se colocan en un dispositivo un número de módulos absorbedores de vibraciones, en caso necesario con proximidad espacial estrecha. Por consiguiente, se impide de forma segura una colisión u otra proximidad similar a un contacto de los módulos absorbedores de vibraciones y/o está prevista una amortiguación de impactos adecuada en el caso de una desviación máxima.

60 También ha resultado ser ventajoso que el sistema de suspensión presente un dispositivo de protección anticaídas; en particular, ha resultado ser ventajosa una construcción de tracción entre la masa de péndulo y la estructura portante. Preferentemente puede estar prevista una construcción de tracción ajustable a tracción, que se extiende entre la masa de péndulo y la estructura portante.

En general, un dispositivo de protección anticaídas ha demostrado ser ventajoso en un sistema de suspensión, a fin



de sujetar una masa de péndulo en la estructura portante en el peor de los casos de un fallo del sistema de suspensión y/o, en cualquier caso, para evitar una caída sin obstáculos de la masa de péndulo. En particular, junto a un limitador de amplitud y/o de posición final provisto con función de tope, el sistema de suspensión puede presentar un sistema de amortiguación del péndulo que está configurado para amortiguar el movimiento pendular durante un movimiento pendular libre.

En un perfeccionamiento, el módulo reductor de vibraciones, en particular el módulo absorbedor de vibraciones, ofrece la posibilidad de conectar un órgano de ajuste activo al sistema pendular. El órgano de ajuste activo está configurado especialmente para regular un movimiento pendular libre de la masa de péndulo.

En particular, este órgano de ajuste activo puede ser parte de una regulación activa. Una regulación activa presenta preferiblemente:

- un detector de fase para detectar una fase relativa entre el módulo absorbedor de vibraciones y la frecuencia perturbadora de un dispositivo de construcción o de un segmento de construcción,

- un regulador, y

- un amplificador de potencia para convertir la magnitud de ajuste en el órgano de ajuste.

En este caso, el módulo absorbedor de vibraciones se amplía de un simple módulo pasivo a un módulo activo.

Para el perfeccionamiento del dispositivo absorbedor de vibraciones puede estar previsto que esté previsto un número, en particular un número par, de módulos reductores de vibraciones,

en particular módulos absorbedores de vibraciones, configuración total o parcialmente idéntica o también configuración diferente.

Con una configuración idéntica de un número de módulos absorbedores de vibraciones en un dispositivo absorbedor de vibraciones, se puede lograr una absorción de vibraciones altamente eficiente, pero de banda relativamente estrecha de un dispositivo de construcción. Al colocar un número de módulos absorbedores de vibraciones con longitud desigual y/o misma dirección de vibración y/o mismo ajuste de la tensión del resorte, el dispositivo absorbedor de vibraciones puede estar diseñado de banda comparablemente ancha.

Ejemplos de realización de la invención se describen ahora a continuación mediante el dibujo en comparación con el estado de la técnica, que está representado igualmente en parte. Esto no debe representar necesariamente a escala los ejemplos de realización, mejor dicho, el dibujo, donde es útil para la explicación, está realizado de forma esquematizada y/o ligeramente distorsionada. Con vistas a compleciones de las enseñanzas reconocibles directamente del dibujo se remite al estado de la técnica especializado. En este caso se debe tener en cuenta que se pueden efectuar numerosas modificaciones y cambios respecto a la forma y el detalle de una forma de realización, sin desviarse de la idea general de la invención. Las características de la invención dadas a conocer en la descripción, en el dibujo y en las reivindicaciones pueden ser esenciales tanto individualmente como en cualquier combinación para el perfeccionamiento de la invención. Además, todas las combinaciones de al menos dos de las características dadas a conocer en la descripción, el dibujo y/o las reivindicaciones caen dentro del alcance de la invención. La idea general de la invención no está limitada a la forma o el detalle exacto de la forma de realización preferida mostrada y descrita a continuación, o está limitada a un objeto que estaría limitado en comparación con el objeto reivindicado en las reivindicaciones. Para los rangos de dimensionado especificados, los valores situados dentro de los límites mencionados también deben darse a conocer como valores límite y se pueden utilizar y reivindicar a voluntad. Otras ventajas, características y particularidades de la invención se pueden deducir de la descripción siguiente de ejemplos de realización preferidos y mediante los dibujos.

En detalle el dibujo muestra en:

Fig. 1 Una representación esquemática de una instalación de energía eólica como ejemplo de un dispositivo de construcción que, en particular debido a su modo constructivo esbelto, hace conveniente colocar un dispositivo absorbedor de vibraciones de una forma de realización preferida; en la vista (A) se muestra la instalación de energía eólica con una torre hueca y en la vista (B) se muestra una amplitud de vibración natural más elevada especialmente llamativa de un modo de vibración espacial en la torre hueca, en particular una segunda frecuencia natural en un rango de aproximadamente 2/3 de la altura de una instalación de energía eólica;

Fig. 2 en la vista (A), una representación esquemática de los elementos de una estructura absorbidora de vibraciones general con amortiguación con respecto a una estructura principal propensa a una vibración

perturbadora, donde la vista (B) muestra una representación de una vibración perturbadora de una torre de una instalación de energía eólica con y sin absorción de vibraciones;

Fig. 3 una representación esquemática de un módulo absorbedor de vibraciones como sistema pendular con masa de péndulo y con un elemento de resorte de intervención lateral;

Fig. 4 en la vista (A) una representación esquemática de una forma de realización especialmente preferida de un módulo absorbedor de vibraciones como sistema pendular con una masa de péndulo, un número de elementos de resorte de péndulo y con un sistema de suspensión y, en la vista (B), una distribución circunferencial preferida de los elementos de resorte de péndulo del sistema de suspensión de la fig. 4 (A);

Fig. 5 una realización constructiva, especialmente preferida, de la forma de realización preferida del módulo absorbedor de vibraciones de la fig. 4;

Fig. 6 un detalle de una cabeza de articulación de la suspensión de masa de péndulo de un sistema de suspensión en el módulo absorbedor de vibraciones de la fig. 4 y fig. 5;

Fig. 7 un detalle de un elemento de resorte de péndulo de la forma de realización del módulo absorbedor de vibraciones de la fig. 4 y fig. 5;

Fig. 8 una vista global en perspectiva de una forma de realización especialmente preferida de un dispositivo absorbedor de vibraciones con cuatro módulos absorbedores de vibraciones de la fig. 4 y la fig. 5;

Fig. 9 una vista en sección lateral parcialmente en perspectiva de un segmento de torre de una instalación de energía eólica con un dispositivo absorbedor de vibraciones de la fig. 8.

En las fig. 1 a la fig. 9 se utilizan las mismas referencias en aras de la simplicidad para las mismas o similares partes o partes de la misma o similar función.

La fig. 1 muestra en la vista (A) una instalación de energía eólica 1000 con una torre 1001 y una góndola 1002 colocada sobre la torre 1001. La góndola 1002 porta un rotor 1003 con un número de en cuestión tres palas de rotor 1004. Una pala de rotor 1004 del rotor 1003 está conectada a través del buje 1005 con un árbol no representado más en detalle en la góndola 1002. Para ello una pala de rotor 1004 está conectada a un adaptador de buje a través de un cojinete de pala y acoplada con el eje. En el caso del rotor rotativo accionado por el viento 1003 se puede accionar un generador dispuesto en la góndola 1002 para generar electricidad a través del árbol. La energía eléctrica suministrada por el generador se puede transformar a través de convertidores eléctricos, transformadores y otros dispositivos eléctricos adecuados similares para alimentar una red eléctrica no trasladada más en detalle; los dispositivos pueden estar dispuestos en la góndola 1002 o en la base 1010 en la torre 1001 o fuera de la torre 1001 de la instalación de energía eólica 1000.

La torre 1001 de la instalación de energía eólica 1000 está empotrada en la base 1010 a través de una cimentación no representada más en detalle. La torre 1001 de la instalación de energía eólica 1000 está construida a partir de un número de segmentos de torre 1100, por ejemplo, como un segmento hueco cilíndrico de acero o de hormigón pretensado. Un segmento de torre 1100 dispuesto entre la góndola 1002 y la base 1010, no designado aquí más en detalle, está equipado con un dispositivo absorbedor de vibraciones 200, que se explica en una forma de realización preferida con respecto a las otras figs. 4 a 9.

Se ha demostrado que una instalación de energía eólica 1000, en particular con un diseño cada vez más grande, no sólo debe satisfacer requisitos más elevados de una amortiguación de las vibraciones perturbadoras; también se debe especificar una construcción que ahorre recursos de un módulo absorbedor de vibraciones 100 o de un dispositivo absorbedor de vibraciones 200. Dado que la aparición de grandes amplitudes de fenómenos de resonancia pronunciados en una instalación de energía eólica 1000 se debe evitar de la forma más fiable posible, ante todo ha demostrado ser ventajoso un módulo absorbedor de vibraciones 100, que se describe aquí en el marco de una forma de realización especialmente preferida. Sin embargo, se debe entender que el módulo absorbedor de vibraciones 100 aquí descrito también se puede perfeccionar como un módulo reductor de vibraciones general - en particular provisto de regulación y/o amortiguación activa apropiada - incluso si está configurado inicialmente de forma pasiva y sin medios amortiguadores explícitos que vayan más allá de un amortiguador propio.

Una instalación de energía eólica 1000 se puede excitar para vibrar de las más diferentes maneras, donde un espectro de vibraciones perturbadoras o fenómenos de vibraciones perturbadoras se puede descomponer en diferentes modos propios de vibración, con respectivamente un modo de vibración espacialmente pronunciado. Debido al gran número de posibles excitaciones de vibraciones, un espectro de vibraciones perturbadoras o un

fenómeno de vibraciones perturbadoras con diferentes modos de vibración resulta ser comparativamente complejo en una primera frecuencia natural y, en particular, la frecuencia natural más alta que va más allá.

Por ejemplo, las vibraciones libres y autoexcitadas de la instalación de energía eólica 1000 también se pueden  
 5 superponer mediante fuerzas periódicas u otras fuerzas internas y externas para excitar los movimientos de vibración. En particular, se ha demostrado que las vibraciones inducidas por el viento, sobre todo debido a ráfagas o desprendimientos de vórtices, pueden conducir a fenómenos de vibración comparativamente complejos, en particular en el rango de frecuencias más bajas. Se pueden producir excitaciones de vibraciones periódicas y comparativamente de alta frecuencia porque dos instalaciones de energía eólica se encuentran una detrás de otra  
 10 debido al desprendimiento del vórtice, lo que también está designado como amortiguación. En general, la influencia de las corrientes de viento puede conducir a que las instalaciones de energía eólica adyacentes cerca unas de otras estén expuestas a vibraciones de expansión y de flexión o torsión, como en particular durante el galope o aleteo. En particular tales y otras excitaciones de las palas de rotor conducen adicionalmente a un momento de cabeceo de la góndola 1002 y a un espectro de excitación de la torre 1001 con modos de vibración más allá de la primera  
 15 frecuencia natural.

HA designa en primer lugar el eje de suspensión de un módulo absorbedor de vibraciones 100, que es esencialmente paralelo a un eje de simetría SA, de un dispositivo absorbedor de vibraciones 200, que se muestra en detalle en las fig. 1 y fig. 8 y fig. 9 - en este caso el eje de simetría SA se corresponde esencialmente con el eje de la  
 20 torre TA.

En la fig. 1 vista (B) se traza a modo de ejemplo una amplitud de una, aquí segunda, frecuencia natural más alta de un modo de vibración de la torre 1001. El conocimiento exacto de la amplitud máxima de un modo de vibración en la torre 1001 se puede simular o medir, por ejemplo; así se conoce que los modos propios pares por encima de la  
 25 primera frecuencia natural aparecen en un rango por encima de la mitad de la altura de la torre 1001. Se demuestra que una reducción especialmente fiable de tales amplitudes se puede conseguir por medio de un dispositivo reductor de vibraciones con un módulo reductor de vibraciones arreglado, que está dispuesto aproximadamente al mismo nivel de la amplitud más grande del modo de vibración.

30 Un módulo absorbedor de vibraciones 100 o un dispositivo absorbedor de vibraciones 200, como se describe en las fig. 4 a 9, es especialmente adecuado como base. Esto se puede complementar ventajosamente con elementos de amortiguación o regulación activa, a fin de conseguir un espectro de frecuencias aún más amplio de frecuencias de absorción con un amortiguador de vibraciones adicional o características de amortiguación activa.

35 Una adaptación de un módulo absorbedor de vibraciones 100 o de un dispositivo absorbedor de vibraciones 200 es razonable considerando los diferentes diseños de una instalación de energía eólica. A saber, en parte, un modo propio más alto de una torre 1001 o de una instalación de energía eólica 1000 resulta ser independiente de la dirección del viento, no obstante, en parte también es razonable un ajuste dependiente de la dirección del viento de las características de absorción de vibraciones en caso de necesidad.

40 La base de la presente forma de realización es un módulo absorbedor de vibraciones 100 o un dispositivo absorbedor de vibraciones 200, que para la absorción de vibraciones está dispuesto aproximadamente a 2/3 de la altura de una longitud de una torre 1001, es decir, aproximadamente a la altura de la mayor amplitud de un modo de vibración más alto; esto, por ejemplo, a la manera mostrada en las fig. 8 y fig. 9. Como elemento en primer lugar  
 45 puramente absorbente y pasivo, la forma de realización del módulo absorbedor de vibraciones 100 o del dispositivo absorbedor de vibraciones 200 se puede utilizar de forma duradera - en particular diseñado para la vida útil nominal de la instalación de energía eólica - y para un rango de temperaturas muy amplio, de -40 °C a +60 °C.

El módulo absorbedor de vibraciones 100 o el dispositivo absorbedor de vibraciones 200 descrito a continuación se  
 50 pueden ajustar a una frecuencia perturbadora mediante ajuste de una llamada "longitud de péndulo efectiva" - aunque sin cambiar la longitud real de un sistema de suspensión y/o sin cambiar la masa de péndulo - con respecto a la frecuencia de absorción; por consiguiente, es posible una adaptación fina de todo el sistema reductor de vibraciones. En cuestión una frecuencia natural de 1,48 Hz se debe reducir a un rango de frecuencias de 0,4 a 3 Hz.

55 La fig. 2 muestra esquemáticamente en la vista (A) un sistema 2000 - a modo de ejemplo, p. ej. para una instalación de energía eólica 1000 - con un dispositivo reductor de vibraciones 200 en acoplamiento a una estructura vibratoria - como por ejemplo una torre 1001 de una instalación de energía eólica 1000 con formación del sistema acoplado 2000 del dispositivo 200 e instalación de energía eólica 1000 - con un masa de sistema  $m_{\text{sistema}}$  de la instalación de energía eólica 1000 y una masa de absorbedor  $m_{\text{absorbedor}}$ , es decir, esencialmente una masa de péndulo 110. La  
 60 dirección de la flecha representada con  $S_{\text{sistema}}$  indica el eje de simetría de la torre 1001 de la instalación de energía eólica 1000. La capacidad de vibración y amortiguación está representada por una constante de resorte  $C_{\text{sistema}}$  y una constante de amortiguación  $d_{\text{sistema}}$  o para el absorbedor la constante de resorte  $C_{\text{absorbedor}}$  y una constante de

amortiguación  $d_{\text{absorbedor}}$  - Las constantes de resorte desajustan las frecuencias del amortiguador con respecto a una frecuencia perturbadora del sistema; por lo tanto, se utilizan ante todo para ajustar la frecuencia del amortiguador a fin de aumentar el efecto de absorción y, eventualmente, el efecto de amortiguación adicional del amortiguador.

- 5 La fig. 2 muestra en la vista (B) la amplitud de una vibración perturbadora  $SA_0$  resultante según el modelo en la vista (A) con una frecuencia natural  $f_E$  de la vibración perturbadora sin una medida reductora de vibraciones, en particular absorbidora de vibraciones. Como  $SA_m$  se muestra el curso de una amplitud de vibración perturbadora reducida, donde se utiliza un absorbedor de vibraciones dinámico, que en sí mismo está realizado de forma no amortiguada y pasiva. Como es generalmente, así también en el caso del sistema acoplado 2000 representado en la fig. 2 vista (A),  
 10 la frecuencia natural  $f_E$  del modo de vibración representado se escinde en dos frecuencias  $f_1, f_2$  que están cerca una de la otra, alrededor de la frecuencia natural  $f_E$  de la vibración perturbadora. Una ventaja es la extinción prácticamente completa, en cualquier caso, fuerte reducción, de la amplitud con  $f_E$  a al menos 2/3 del valor original. Eventualmente se puede tomar en consideración que las amplitudes comparativamente pequeñas de la escisión de frecuencias  $f_1, f_2$  ocurren fuera de la frecuencia natural  $f_E$ . Por esta razón en particular puede ser razonable proveer  
 15 la forma de realización de un absorbedor de vibraciones representada aquí a continuación de una amortiguación adicional o regulación activa, a fin de reducir también las amplitudes de las frecuencias escindidas  $f_1, f_2$  del sistema acoplado 2000.

- La fig. 3 muestra esquemáticamente el modo de funcionamiento básico de un sistema absorbedor de vibraciones  
 20 3000 realizado como un sistema pendular. En un punto de suspensión 0 del construcción B se puede describir un péndulo 3001, describible a través del centro de gravedad S, de longitud l con una masa de péndulo m con una desviación  $\varphi$  respecto al eje de suspensión HA y con un acoplamiento elástico de resorte de una constante de resorte C respecto a la construcción B. Junto a la longitud del péndulo l y la masa de péndulo m, también la constante del resorte C y una distancia a al punto de suspensión 0 están incluidas en una ecuación de movimiento  
 25 para el sistema absorbedor de vibraciones 3000; esto se describe, por ejemplo, por Petersen en "Dynamik der Baukonstruktion" (Vieweg 2000, primera edición, Múnich). A través del correspondiente acoplamiento elástico o amortiguador C, representado como un resorte, una masa de péndulo representada con su centro de gravedad S se puede desviar en un ángulo; a este respecto, la constante del resorte C desajusta la frecuencia natural del péndulo, es decir, aquí sirve ante todo para ajustar la frecuencia del absorbedor a fin de aumentar el efecto de absorción y, si  
 30 es necesario, adicionalmente el efecto amortiguador del dispositivo 200.

En conjunto se puede ajustar una longitud de resorte a según la ley de Hooke como  $F=C \cdot \Delta l$  o en caso de precarga  $F=C \cdot (L_v + \Delta l)$  si se conoce el índice de elasticidad y la elongación o recalcao.

- 35 La fig. 4 muestra esquemáticamente según el concepto de la invención en la vista (A) una forma de realización especialmente preferida que va más allá de un módulo absorbedor de vibraciones 100 para un dispositivo absorbedor de vibraciones 200 mejor descrito en la fig. 8 para el uso en una instalación de energía eólica 1000 representada en las fig. 1 y fig. 9. El módulo absorbedor de vibraciones 100 está configurado para la colocación colgada en el dispositivo absorbedor de vibraciones 200 y, por encima de éste, en el segmento de torre 1100 de la  
 40 instalación de energía eólica 1000. El módulo absorbedor de vibraciones 100 presenta un sistema pendular 101 con una masa de péndulo de 110 y con un sistema de suspensión 120 para suspender la masa de péndulo de 110 de una estructura portante 150. Junto a una suspensión de masa de péndulo 130, que está fijada a la estructura portante 150 a través de una cabeza de suspensión 170, el sistema de suspensión 120 también presenta un número de elementos de resorte de péndulo 140, que discurren entre la masa de péndulo 110 y la estructura portante 150 en  
 45 la dirección de un eje de suspensión HA del módulo absorbedor de vibraciones 100; el eje de suspensión HA se corresponde esencialmente con el eje de la torre TA mostrado en la fig. 1.

- El sistema de suspensión 120 se muestra en cuestión para un centro de gravedad S de la masa de péndulo 110 desviado en la desviación  $\varphi$  con respecto al eje suspendido HA. En el estado no desviado, los ejes de resorte FA  
 50 aquí mostrados de los elementos de resorte de péndulo 140, como también el eje PA de la suspensión de masa de péndulo 130 discurren esencialmente en paralelo al eje suspendido HA o en el estado desviado están desviados con respecto al eje suspendido HA.

- En la fig. 4 vista (B) se ve además que ocho elementos de resorte de péndulo 140 están distribuidos simétricamente  
 55 circunferencialmente alrededor del eje de suspensión HA; en la forma de realización mostrada simbólicamente en cuestión de un módulo absorbedor de vibraciones 100, estos están alineados verticalmente, es decir, con su eje de resorte FA en paralelo al eje de suspensión HA en el estado no desviado y esencialmente en paralelo al eje de péndulo PA de la suspensión de masa de péndulo 130 en el estado desviado.

- 60 Como se explica detalladamente mediante las siguientes fig. 5 y 7, los elementos de resorte 140 están diseñados de manera preferida para el ajuste del módulo absorbedor de vibraciones 100. Un módulo absorbedor de vibraciones 100 utilizable en condiciones reales debería estar diseñado básicamente para diseñar una frecuencia de

amortiguador  $f$  con vistas a un espectro de frecuencias  $F$  de una vibración perturbadora, en particular para adaptar la frecuencia de amortiguador  $f$  a una frecuencia natural  $f_E$ . Esta necesidad de adaptación ya puede surgir, por ejemplo, debido a tolerancias técnicas de fabricación, tales como desviaciones geométricas, desviaciones de masa e índices de elasticidad diferentes en una instalación de energía eólica 1000, incluso si se puede calcular un espectro de frecuencias perturbadoras según el diseño constructivo.

En principio, el módulo absorbedor de vibraciones 100 representado en detalle en la fig. 5 ofrece una posibilidad de ajuste de los elementos de resorte de péndulo 140; esto con la ventaja de que se evita una costosa modificación de longitud de la suspensión de masa de péndulo 130. Esto también tiene la ventaja de que la suspensión de masa de péndulo 130 se puede diseñar específicamente para una construcción duradera, libre de mantenimiento y sencilla del sistema de suspensión 120.

En particular se ha reconocido, en el marco de la presente forma de realización y generalmente según un concepto de perfeccionamiento de la invención, que una modificación en la precarga de un elemento de resorte de péndulo 130, en particular a través de una modificación de una longitud de precarga de un resorte 141, diseñado como resorte de compresión, de un elemento de resorte de péndulo 140, se puede lograr efectivamente un efecto analógico como con un aumento de la masa de péndulo o una modificación de la longitud de péndulo. En el presente caso, esta circunstancia se describe con la ayuda de una modificación efectiva de la longitud de péndulo, con ello se considera una prolongación o modificación efectiva, pero no espacial, de una longitud de péndulo  $l$ , únicamente a través de la configuración de una precarga de resorte de un elemento de resorte de péndulo 140, en particular, un ajuste de una fuerza de resorte de compresión del resorte de compresión del elemento de resorte de péndulo 140 sobre la longitud de resorte del resorte 141.

En particular, como se ve en la fig. 4, está previsto complementar el alojamiento de péndulo con resortes de compresión en un número de elementos de resorte de péndulo 140; la presión se aplica a los ocho resortes de compresión en cuestión por medio de una placa de estructura portante 151. Los elementos de resorte de péndulo 140 están distribuidos uniformemente a lo largo de un trazado circunferencial. Un medio de ajuste para el ajuste de una longitud de resorte para un elemento de resorte de péndulo 130 está configurado de tal manera que un movimiento rotativo predeterminado de ajuste se puede transformar en un movimiento de traslación de ajuste por presión.

La disposición de en cuestión ocho elementos de resorte de péndulo 140 distribuidos en una circunferencia permite una suspensión muy uniforme en todas las direcciones de movimiento de la masa de péndulo 110 contra la placa de estructura portante 151; esto con un esfuerzo técnicamente aceptable. Además, en general es válido que un número mayor de elementos de resorte de péndulo 140 reduciría la dependencia direccional de las propiedades del péndulo. En el presente caso resulta ser especialmente ventajoso que los elementos de resorte de péndulo 140 se aplican prácticamente a la misma altura que una suspensión de masa de péndulo 110 en una estructura portante 150, es decir, proporcionando un punto de aplique sobre el plano de la placa de estructura portante 151.

La fig. 5 muestra en detalle un módulo absorbedor de vibraciones 100 con el sistema pendular 101 en una estructura portante 150. La estructura portante 150 presenta una placa de estructura portante 151, en cuyo lado inferior -que cuelga en dirección vertical, es decir, a lo largo del eje de suspensión HA- está fijado el sistema pendular 101 con el sistema de suspensión 120 para la colocación colgada de la masa de péndulo 110.

La misma placa de estructura portante 151 está sujeta en su lado superior por un soporte perfilado 201 del dispositivo absorbedor de vibraciones 200. Por ejemplo, el soporte perfilado 201 se puede acoplar a un segmento de torre de 1100 de la torre 1001 de la instalación de energía eólica 1000.

Además, el soporte perfilado 201 está sujeto a través de un dispositivo de tracción y sujeción 210. El dispositivo de tracción y sujeción 210 se puede modificar en longitud. En su extremo inferior, el dispositivo de tracción y sujeción 210 presenta una articulación 211, donde se coloca un perfil de fijación 212 de forma regulable en ángulo y que se encaja en la zona de recepción del soporte perfilado 201. El perfil de fijación 212 y el perfil de soporte 201 están atravesados en ambos lados por un tornillo portante 213, que choca en ambos lados en el lado exterior del perfil de soporte 201, en particular en este caso está contraatornillado por una tuerca.

A la misma altura, la placa de estructura portante 151 ofrece una superficie de tope plana en su lado inferior para, por un lado, una cabeza de articulación 131 en una cabeza de suspensión 170 de la suspensión de masa de péndulo 130; la cabeza de articulación 131 presenta un cojinete de péndulo 160 configurado como un cojinete de deslizamiento, que está formado entre un perno de cojinete 161 y un receptáculo de perno de cojinete 162.

En la fig. 6 se muestra en detalle la cabeza de suspensión 170 y se muestra la configuración de la cabeza de articulación 160 con una placa de soporte 172 del receptáculo de perno de cojinete 162 y un anillo interior 171 en el

perno de cojinete 161. La placa de soporte 172 del receptáculo de perno de cojinete 162 está fijada en la presente forma de realización en la placa de estructura portante 151 mediante conexiones atornilladas 152, que chocan en el lado inferior de la placa de soporte 172 y en el lado superior de la placa de estructura portante 151. El perfil de soporte 201 se puede soldar, por ejemplo, a la placa de soporte 151 en su borde de tope o fijarse de otro modo mediante unión de material, forma o fuerza.

Además, el receptáculo de perno de cojinete 162 presenta una primera y una segunda placa lateral 174.1, 174.2 dispuestas perpendicularmente a la placa de soporte 172. Cada una de las placas laterales 174.1, 174.2 presenta un orificio de cojinete 176.1, 176.2, que están configurados para la recepción preferentemente con precisión de ajuste del perno de cojinete 161 a lo largo del eje del cojinete LA. El mismo perno de cojinete 161 está fijado en un lado exterior de una segunda placa lateral 174.2 a través de un tope 163 del perno de cojinete 161. En el primer lado exterior de la primera placa lateral 174.1, el perno de cojinete 161 está contraatornillado y para ello presenta una rosca exterior 165. Una primera y una segunda contratuerca 162.1, 162.2 en la rosca exterior 165 están espaciadas del primer lado exterior de la primera placa lateral exterior 174.1 a través de una arandela 164 y adicionalmente aseguradas frente a un aflojamiento por un pasador de chaveta 166 en el extremo del perno de cojinete 161. Las tuercas 162.1, 162.2 están realizadas preferiblemente como tuercas hexagonales. Entre las placas laterales 174.1, 174.2 está sujeto un anillo interior 171 del perno del cojinete centralmente a una distancia entre las placas laterales 174.1, 174.2 mediante un casquillo espaciador 168.

Una superficie de deslizamiento que configura un cojinete de deslizamiento está configurada en un lado interior del anillo interior 171 dirigido hacia el perno de cojinete. Además, el anillo interior 171 está obturado en ambos lados en sus lados exteriores dirigidos a las placas laterales 174.1, 174.2 mediante una junta de labios 169. Las juntas de labios 169 están hechas en cuestión de poliuretano y, por lo tanto, presentan una buena elasticidad en frío y bajas fuerzas de recuperación.

El anillo interior 171 forma el cojinete de deslizamiento con su superficie de deslizamiento que descansa con precisión de ajuste en el perno de cojinete 161 junto a la superficie de deslizamiento opuesta del perno de cojinete 161 dirigida hacia la superficie de deslizamiento del anillo interior. Las superficies de deslizamiento del cojinete de deslizamiento están formadas aquí de acero para rodamientos. Todos los componentes de la cabeza de articulación 131, como también el perno 161 y el receptáculo de perno de cojinete 162 están provistos de un recubrimiento de zinc que protege de la corrosión. La cabeza de articulación 131 puede estar provista adicional o alternativamente con una capa de deslizamiento de teflón, en particular en caso de necesidad también en el área de la capa de deslizamiento. Esto reduce la resistencia a la fricción y garantiza la durabilidad del cojinete de deslizamiento.

La cabeza de articulación 131 continúa en una sola pieza o en arrastre de forma en una varilla de péndulo 133 de la suspensión de masa de péndulo 130. La varilla de péndulo 133 atraviesa de forma central la masa de péndulo 110 y porta en su extremo inferior 132 un juego de contratuercas 133.1, 133.2 en una arandela 133.3, que están aseguradas contra un aflojamiento.

Entre el cabeza de articulación 131 y la varilla de péndulo 133 está prevista una pieza de prolongación 135, que continúa el anillo interior 171 de forma adecuada y que se conecta directamente a la varilla de péndulo 133. Otra contratuerca 134 descansa sobre la varilla de péndulo entre la pieza de prolongación 135 que forma un tope 136 y fija una placa de presión 111 por encima de la masa de péndulo 110. La masa de péndulo 110 se fija entre la placa de presión 111 y la arandela 133.3; esto conforme al par de apriete de las contratuercas 134, 133.1, 133.2.

En referencia a las fig. 5 y 7 se muestra un número de elementos de resorte de péndulo 140 en la dirección del eje de suspensión HA entre la masa de péndulo 110 y la estructura portante 150, concretamente entre un lado superior de la masa de péndulo 110 y un lado inferior de la placa de estructura portante 151. Las partes se representan detalladamente en la fig. 7, donde un elemento de resorte de péndulo 140 presenta un resorte 141 diseñado como resorte de compresión en relación con la placa de estructura portante 151. El elemento de resorte de péndulo 140 también presenta un mecanismo de ajuste 180, del que una primera parte 180.1 descansa por encima de la placa de estructura portante 151 y una segunda parte 180.2 por debajo de la placa de estructura portante 151. Además, el mecanismo de ajuste 180 presenta una tercera parte 180.3, situada en una varilla de guiado, que está configurada concretamente para desplazar la segunda parte 180.2 contra la primera parte 180.1.

Concretamente está previsto para ello que esté previsto un platillo de resorte 181 por debajo de la placa de estructura portante 151 y a una distancia de ésta como base para la segunda parte 180.2. El platillo de resorte 181 sujeta el resorte 141 configurado como resorte de compresión por debajo el platillo de resorte 181 bajo tensión de compresión, de modo que este se precarga con acortamiento de su longitud. A través de la tercera parte 180.3 antes mencionada del mecanismo de ajuste 180 se puede ajustar una distancia ED para ajustar la longitud del resorte a.

Un perfil de soporte 182 sujeta, formando una primera parte 180.1 del mecanismo de ajuste 180, el regulador de

ajuste variable 183 por encima de la placa de estructura portante 151 como la tercera parte 180.3 del mecanismo de ajuste. El dispositivo de ajuste 183 es parte de un sistema de precarga de resorte, que se apoya en la primera parte 180.1 en forma del perfil de soporte 182 y que produce una precarga de presión mediante la primera parte 180.1 sobre el platillo de resorte 181 y a través de este sobre el resorte 141. La tercera parte 180.3 con el regulador 183 trabaja en cuestión en la conversión del movimiento rotativo en movimiento de traslación. Para ello, el regulador 183 está configurado esencialmente como un tornillo de movimiento.

La fricción en los extremos de resorte al ajustar la longitud de precarga se mantiene lo más baja posible. Además, se garantiza que el platillo de resorte 131 no gire al girar la varilla de guiado 190. Para garantizarlo el tornillo de movimiento del regulador 183 está provisto de una zona de tiene una forma poligonal, es decir, aquí un perfil cuadrado 190Q. La varilla de guiado 190 se guía en la zona del perfil cuadrado 190Q. Para ello, los casquillos de polímero circulares en cuestión están provistos de un agujero cuadrado y se pegan por medio de un adhesivo industrial de dos componentes. En una variante más sencilla se puede incorporar, p.ej. fresar, un agujero cuadrado en la placa de estructura portante 151 por medio de una fresa.

El tornillo de movimiento del regulador 183 presenta una varilla de guiado 190 con el perfil cuadrado 190Q por secciones en la sección central, que descansa en el perfil de soporte 182 formado en cuestión en forma de un perfil en U invertido. El perfil cuadrado 190Q está flanqueado en ambos lados por una primera y una segunda tuerca hexagonal como contratornillos 191.1, 191.2 con arandelas 191.1U, 191.2U asignadas. Además, la varilla de guiado 190 atraviesa un casquillo de guiado 193, que descansa en la placa de estructura portante 151 -concretamente empotrado en una abertura 153 de la misma.

Además, la varilla de guiado 190 atraviesa el platillo de resorte 181; esto sin un casquillo de guiado entre un perfil cilíndrico ensanchado 190Z de la varilla de guiado 190 y una prolongación roscada 190G de la varilla de guiado 190G. Para la formación del perfil cilíndrico ensanchado 190Z, la varilla de guiado 190Z también puede presentar una sección transversal estrecha y, por lo tanto, atravesar un casquillo o manguito similar para la formación del perfil exterior cilíndrico del perfil cilíndrico 190Z. En un extremo de la varilla de guiado 190 opuesto al perfil cuadrado en 190Q, esta porta la prolongación roscada 190G, que está superpuesta por una arandela y dos contratueras 192.1, 192.2 - configurada una como tuerca hexagonal, la otra como tuerca de sombrerete.

La fig. 8 muestra una forma de realización preferida de un dispositivo absorbedor de vibraciones 200 con en cuestión cuatro módulos absorbedores de vibraciones 100.1, 100.2, 100.3, 100.4. El soporte perfilado 201 representada en la fig. 5 - aquí como soporte perfilado 201.1 y soporte perfilado 201.2 - está fijado lateralmente mediante bridas o construcciones de colocación similares 230 en un segmento de torre 1100. En cuestión están previstos para el primer soporte perfilado 201.1 un primer nervio más corto 230.1 con una primera brida curvada 231.1 en el extremo y un segundo nervio más largo 230.2 con una segunda brida curvada 231.2 en el extremo, a fin de implementar un montaje apropiado para el trazado del lado envolvente interior del segmento de torre. En este caso, dos módulos absorbedores de vibraciones 100.1, 100.2 o 100.3, 100.4 están fijados respectivamente por pares a un perfil de soporte 201.1 o 201.2 de una estructura portante 150. Además de las características ya descritas en las fig. 5 a 7, se puede reconocer una construcción de tracción 220 ajustable a tracción, que sirve como dispositivo de protección anticaídas; en cuestión a modo de ejemplo, la masa de péndulo 110 está conectada con un perfil de soporte 201.1 o 201.2.

La construcción de un módulo absorbedor de vibraciones 100 o del dispositivo 200 puede estar instalada fácilmente accesible en el segmento de torre 1100 y, por lo tanto, ante todo libre de mantenimiento y resistente al desgaste. En un módulo absorbedor de vibraciones 100 o en el dispositivo absorbedor de vibraciones 200 pueden estar previstos topes para limitar espacialmente una desviación máxima de un módulo y proteger así el segmento de torre 1100 frente a deterioros. Como se representa en detalle en la fig. 9, se puede acceder a un dispositivo absorbedor de vibraciones 200 a través de un podio 300. Por encima de la plataforma formada por el perfil de soporte 201.1 o 201.2 está dispuesta una plataforma 310 del podio 300. El podio 300 presenta una barandilla de apoyo 320 alrededor de un espacio libre a lo largo del eje de la torre TA, a través del que es posible un acceso al dispositivo absorbedor de vibraciones 200; la barandilla de apoyo 320 puede ser retirada o evitada para esta finalidad. Así la longitud de un resorte para un elemento de resorte de péndulo 130 se puede ajustar no sólo con una herramienta estandarizada y de forma relativamente sencilla. Además, se puede ajustar de forma calibrada y medida la longitud de resorte; en conjunto, el dispositivo absorbedor de vibraciones 200 se puede ajustar de forma sencilla y determinable con un coste relativamente pequeño.

Lista de referencias

60	100	Módulo absorbedor de vibraciones
	100.1,100.2,100.3, 100.4	Módulos amortiguadores de vibraciones
	101	Sistema pendular

110	Masa de péndulo
111	Placa de compresión
120	Sistema de suspensión
130	Suspensión de masa de péndulo
5 131	Cabeza de articulación
132	Extremo inferior
133	Varilla de péndulo
133.1.133.2	Contratuerca de un juego de contratuercas
133.3	Arandela
10 134	Contratuerca adicional
135	Pieza de prolongación
136	Tope
140	Elemento de resorte de péndulo
141	Resorte
15 150	Estructura portante
151	Placa de estructura portante
152	Conexión atornillada
153	Apertura
160	Cojinete de péndulo
20 161	Perno de cojinete
162	Receptáculo de perno de cojinete
162.1.162.2	Tuerca / contratuerca
163	Tope
164	Arandela
25 165	Rosca exterior
166	Pasador de chaveta
168	Casquillo espaciador
169	Junta de labios
170	Cabeza de suspensión
30 171	Anillo interior
172	Placa de soporte
174.1.174.2	Placa lateral
176.1.176.2	Orificio de cojinete
180	Mecanismo de ajuste
35 180.1	Primera parte
180.2	Segunda parte
180.3	Tercera parte
181	Platillo de resorte
182	Perfil de soporte
40 183	Regulador
190	Varilla de guiado
190Z	Perfil cilíndrico
190G	Prolongación roscada
190Q	Perfil cuadrado
45 191.1, 191.2	Contratornillos
191.1U, 191.2U	Arandelas
192.1, 192.2, 192.3	Contratuerca
193	Casquillo de guiado
200	Dispositivo absorbedor de vibraciones
50 201	Soporte perfilado / perfil de soporte
201.1.201,2	Soporte perfilado / perfil de soporte
210	Dispositivo de tracción y sujeción
211	Articulación
212	Perfil de fijación
55 213	Tornillo portante
220	Construcción de tracción
230	Construcción de colocación
230.1	Primer nervio
230.2	Segundo puente
60 231.1	Primera brida
231.2	Segunda brida
300	Podio



## ES 2 748 801 T3

310	Plataforma
320	Barandilla de apoyo
1000	Instalación de energía eólica
1001	Torre
5 1002	Góndola
1003	Rotor
1004	Palas de rotor
1005f	Buje
1010	Base
10 1100	Segmento de torre
2000	Sistema
3000	Sistema absorbedor de vibraciones
3001	Péndulo
B	Construcción
15 C	Acoplamiento elástico o amortiguador
ED	Distancia
F	Espectro de frecuencia
FA	Eje de resorte
HA	Eje de suspensión
20 LA	Eje de cojinetes
PA	Eje
S	Centro de gravedad
SA	Eje de simetría
TA	Eje de la torre
25	

**REIVINDICACIONES**

1. Módulo reductor de vibraciones, que presenta:
- 5 - una estructura portante (150),
- un sistema pendular (101) con una masa de péndulo (110) y con un sistema de suspensión (120) para suspender la masa de péndulo (110) en la estructura portante (150), donde
- 10 el sistema de suspensión presenta una suspensión de masa de péndulo (130), que discurre en la dirección de un eje de suspensión y que está fijada a la estructura portante a través de una cabeza de suspensión (170), donde
- el sistema de suspensión (120) presenta un número de elementos de resorte de péndulo (140) que discurren en la dirección del eje de suspensión (HA) en paralelo a la suspensión de masa de péndulo (130), donde un eje de resorte
- 15 (FA) del elemento del resorte de péndulo (140) discurre en paralelo al eje de suspensión (HA) en el estado no desviado de un elemento del resorte de péndulo (140), y
- la cabeza de suspensión (170) de la suspensión de masa de péndulo (130) presenta una cabeza de articulación (131) que está fijada a la estructura portante,
- 20 caracterizado porque
- la cabeza de suspensión (170) presenta un cojinete de péndulo en forma de cojinete de deslizamiento, y
- 25 - el elemento de resorte de péndulo (140) presenta un resorte (141) diseñado como resorte de compresión y una sujeción de resorte que está configurado para el ajuste variable de una longitud de resorte del resorte y/o para el ajuste de una fuerza de resorte de compresión del resorte, donde un platillo de resorte está espaciado en un lado de una placa base que en el otro lado presenta un perfil de soporte (182) que lleva un mecanismo de ajuste (180) ajustable de forma variable, y el perfil de soporte (182) presenta un tope y un medio de ajuste.
- 30
2. Módulo según la reivindicación 1, caracterizado porque el mecanismo de ajuste (180) presenta una varilla de guiado (190) con rosca rotativa que engrana en un orificio roscado que sirve de tope, donde la varilla de guiado (190) presenta de forma proximal un enganche para medios rotativos y de forma distal un medio de ajuste que está configurado para desplazar el platillo de resorte (181).
- 35
3. Módulo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el número de elementos de resorte de péndulo (140) están dispuestos simétricamente en ángulo de rotación alrededor de la suspensión de masa de péndulo (130) dispuesta de forma central sobre el eje de suspensión (HA).
- 40
4. Módulo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el número de elementos de resorte de péndulo (140) están fijados en un lado cobertor de la masa de péndulo.
5. Módulo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la suspensión de masa de péndulo (130) presenta una varilla de péndulo (133) que lleva la cabeza articulada (131) en su extremo
- 45 proximal.
6. Módulo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la varilla de péndulo (133) atraviesa la masa de péndulo a lo largo del eje de suspensión (HA) y la masa de péndulo descansa en un lado base sobre un tope distal de la varilla de péndulo (133) y/o está sujeto en un lado cobertor en un contratope de la
- 50 varilla de péndulo (133).
7. Módulo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque un perno de cojinete (161) está sujeto en un receptáculo de perno de cojinete (162) en la cabeza de articulación (131), donde la suspensión de masa de péndulo (130) está sujeta de forma rotativa deslizante en el perno de cojinete (161) para
- 55 formar el cojinete de deslizamiento.
8. Módulo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque al menos una superficie de deslizamiento del cojinete de deslizamiento y/o de una cabeza de articulación (131) y/o del perno de cojinete (161) y/o del receptáculo de perno de cojinete (162) está hecha de acero para rodamientos.
- 60
9. Módulo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el sistema de suspensión (120) presenta una construcción de tracción ajustable (220) para formar un dispositivo de protección

anticaídas, que se extiende entre la masa de péndulo (110) y la estructura portante (150).

10. Módulo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el sistema pendular (101) presenta al menos un elemento amortiguador que está configurado como un limitador de amplitud y/o de posición final.  
5
11. Módulo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el sistema de suspensión (120) y/o sistema pendular (101) presenta un amortiguador de péndulo que está configurado para amortiguarlo durante un movimiento pendular libre.  
10
12. Módulo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque al sistema pendular (101) está conectado un órgano de ajuste, activo que está configurado para regular un movimiento pendular libre de la masa de péndulo, presentando una regulación activa con un detector de fase, un regulador y un amplificador de potencia para la magnitud de ajuste.  
15
13. Dispositivo reductor de vibraciones, que está configurado para la colocación colgada de un número de módulos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en un dispositivo de construcción.
14. Segmento de construcción para un dispositivo de construcción con un módulo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, y/o segmento de torre (1100) para una instalación de energía eólica (1000) con un módulo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.  
20
15. Instalación de energía eólica (1000) con una torre (1001) y una góndola (1002) colocada sobre la torre (1001) y que porta un rotor (1003), donde la torre (1001) presenta un segmento de torre (1100) con un módulo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.  
25
16. Instalación de energía eólica (1000) según la reivindicación 15, caracterizada porque el segmento de torre (1100) está dispuesto en una región que se extiende entre  $\frac{2}{3}$  de la altura de la torre - 20 % de la altura hasta  $\frac{2}{3}$  de la altura de la torre +20 % de la altura.  
30

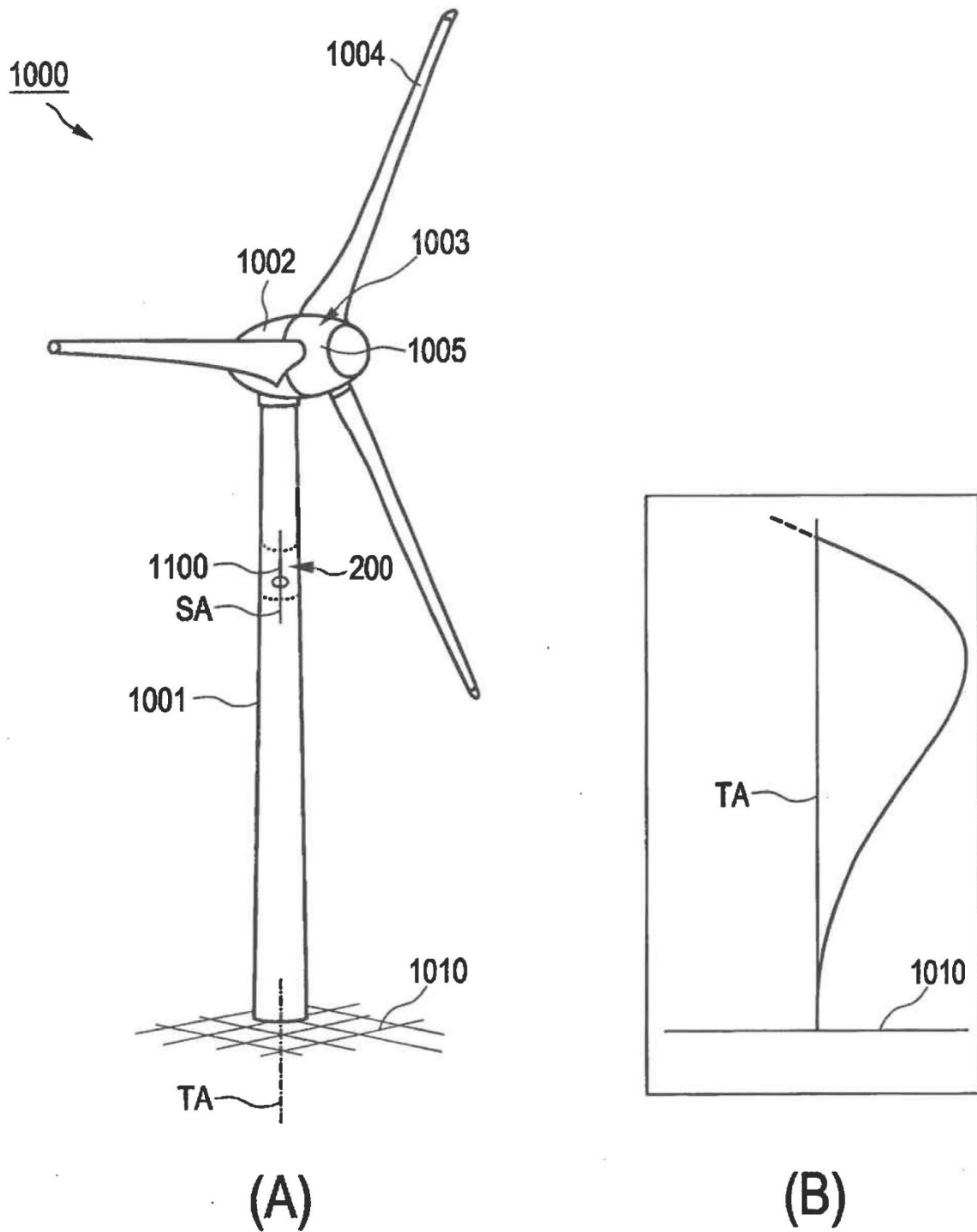


Fig. 1

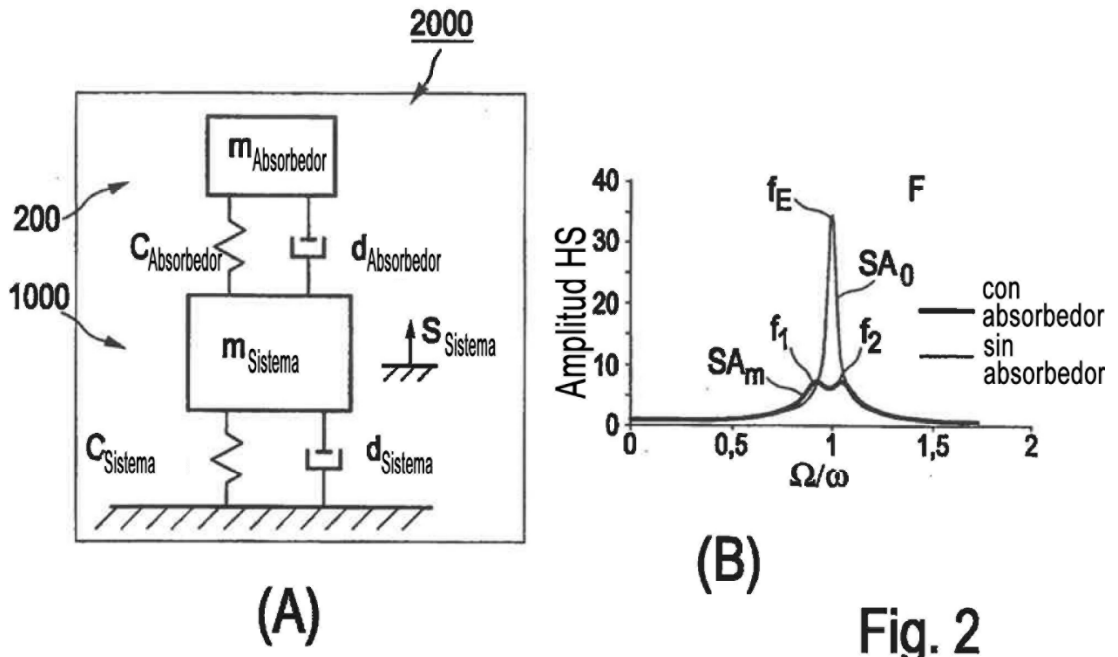


Fig. 2

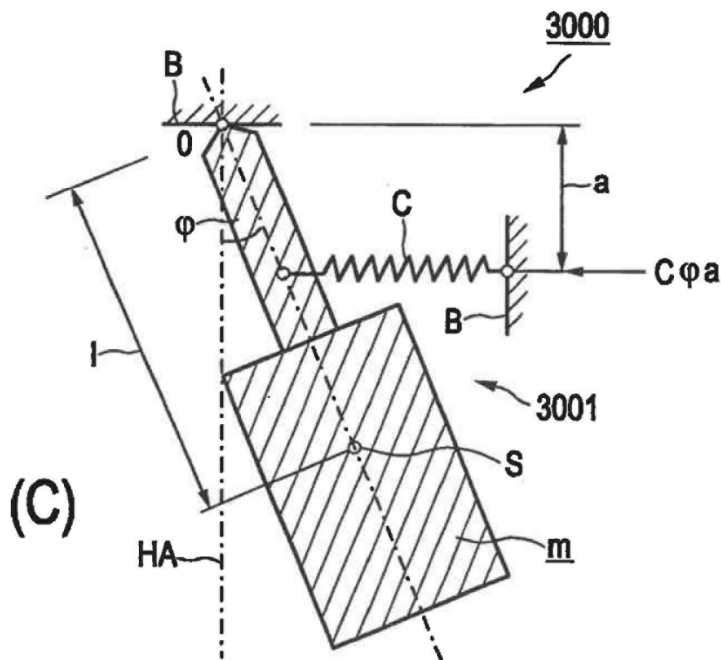


Fig. 3

ES 2 748 801 T3

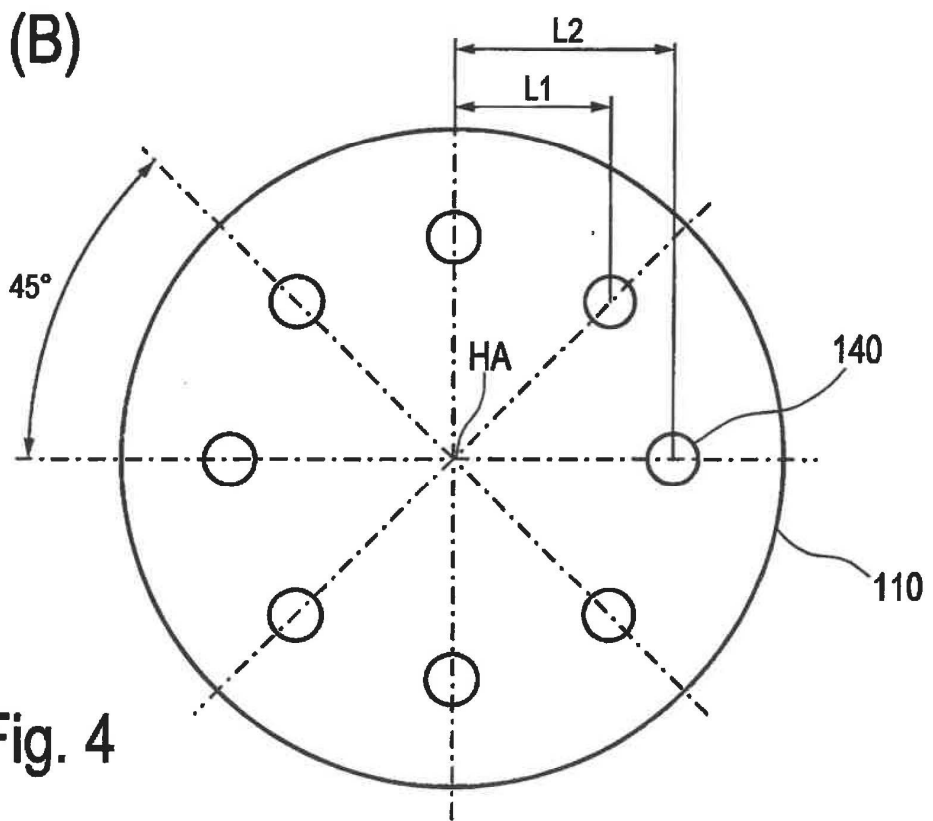
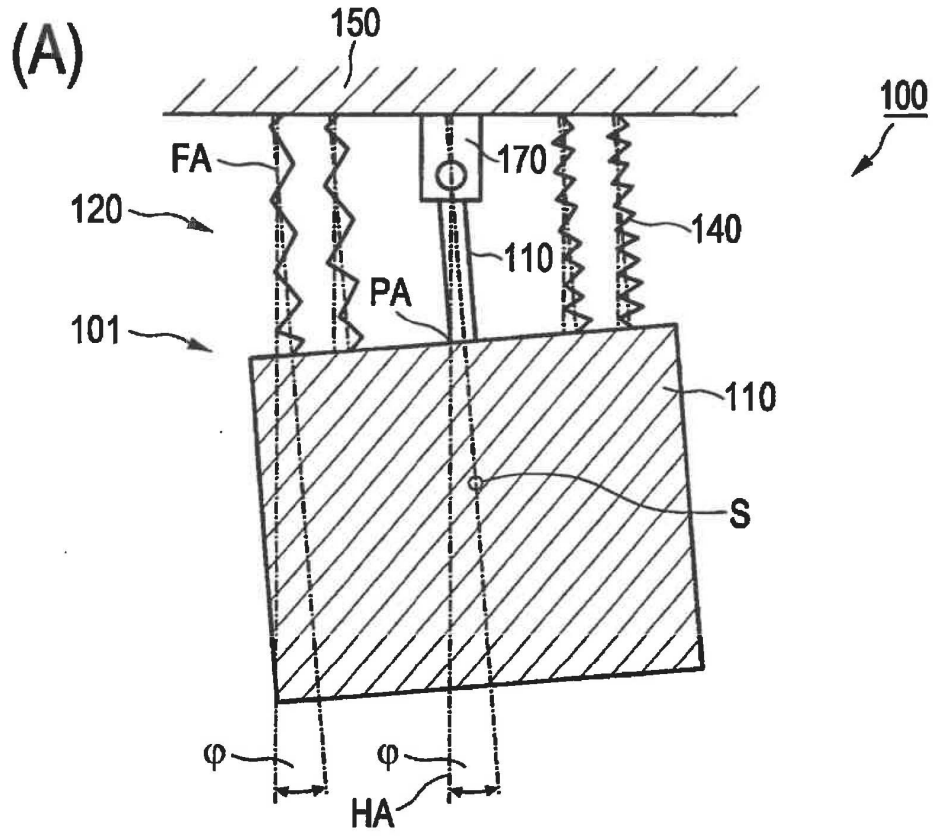


Fig. 4

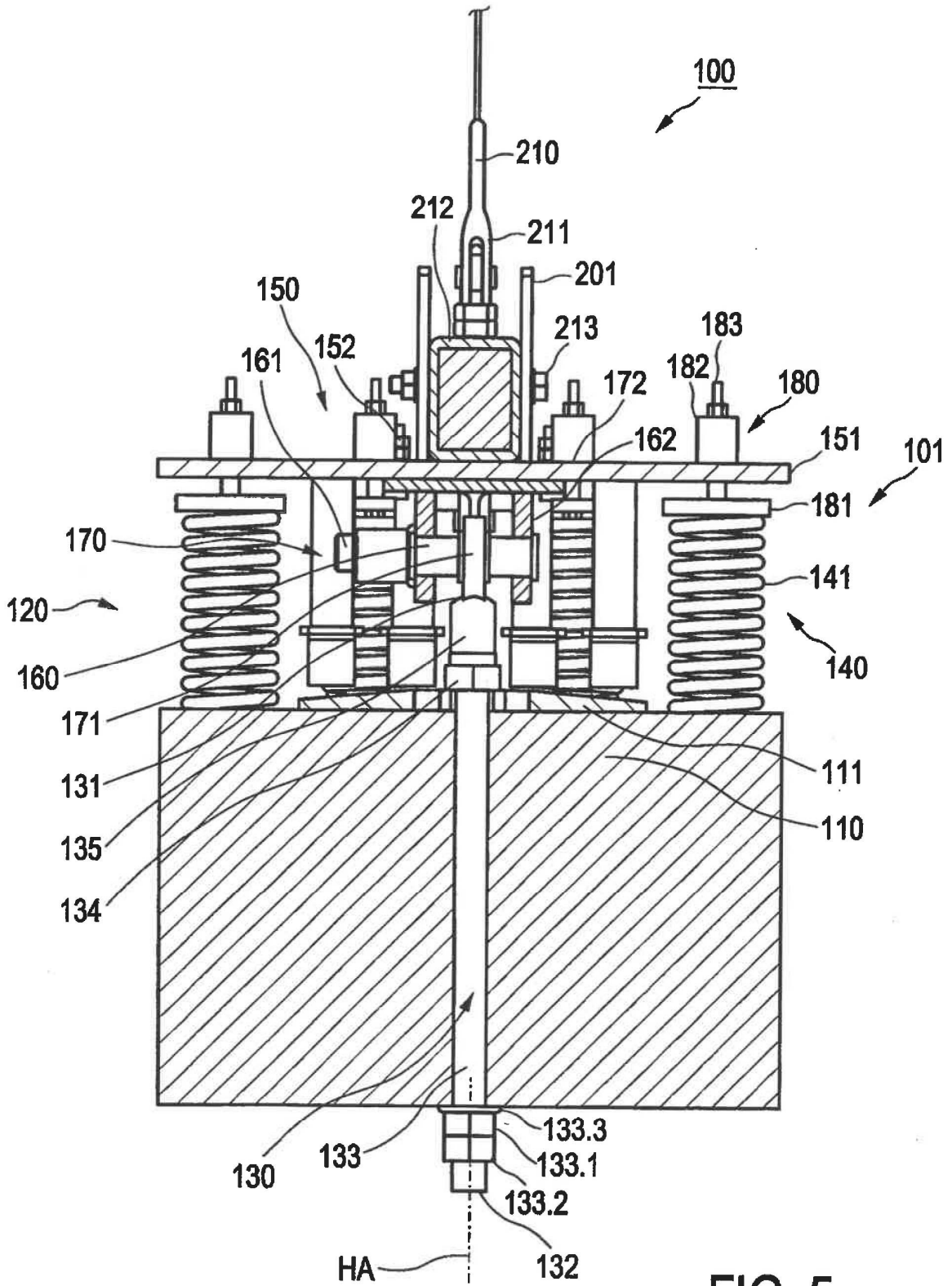


FIG. 5



