

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 782 195**

51 Int. Cl.:

F03D 80/00 (2006.01)

F16C 11/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.02.2017 PCT/EP2017/000237**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.08.2017 WO17144167**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2017 E 17709905 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020 EP 3420227**

54 Título: **Aerogeneradores con cojinetes elásticos de péndulo de bolas**

30 Prioridad:

24.02.2016 EP 16000441

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

11.09.2020

73 Titular/es:

FM ENERGIE GMBH & CO. KG (100.0%)

**Im Rosengarten 16
64646 Heppenheim, DE**

72 Inventor/es:

MITSCH, FRANZ

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

ES 2 782 195 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

Aerogeneradores con cojinetes elásticos de péndulo de bolas

5 La invención se refiere a aerogeneradores que, además de los dispositivos habituales para la amortiguación de las diferentes vibraciones que se originan en la instalación, están equipados con cojinetes elásticos de péndulo de bolas novedosos. Estos cojinetes de péndulo de bolas pueden ser usados, en principio, para la suspensión cardánica de un absorbedor de péndulo, con preferencia en la torre de un aerogenerador, así como para la fijación del cable de instalaciones flotantes de alta mar, en el fondo de una masa de agua. La invención se refiere también a los correspondientes absorbedores de vibración de péndulo, como aquellos que presentan equipos de amortiguación adicionales, para disminuir o reducir vibraciones de torsión del péndulo que pueden originarse durante la vibración del péndulo, por ejemplo, en los aerogeneradores, en particular cuando el péndulo se golpea.

15 La suspensión de absorbedores de péndulo en aerogeneradores se efectúa, según el estado de la técnica (véase, por ejemplo, el documento EP 1008747 A2), la mayoría de las veces mediante el uso de grilletes, que por sí mismos no contribuyen a la amortiguación del movimiento del péndulo, aparte de las fuerzas de fricción. Los grilletes de este tipo, que en su forma de realización más simple son estribos en forma de U que pueden cerrarse con un perno enroscable o de encaje, están sujetos, no obstante, a un fuerte desgaste, por lo que deben ser objeto de una vigilancia constante, dado que se da el riesgo de que el cable del péndulo se caiga junto con la masa de absorbedor a medida que aumenta el tiempo de funcionamiento.

20 Como alternativa a dicha simple suspensión, también se han usado en el estado de la técnica mientras tanto articulaciones cardánicas, pero estas tienen la desventaja de que son relativamente complejas y caras, debido a su mayor desgaste en la zona de los cojinetes de deslizamiento o de los rodillos usados.

25 Ocasionalmente, se han propuesto en el estado de la técnica también articulaciones de péndulo elásticas que, no obstante, en sus diseños de construcción conocidos, introducen una gran rigidez en el sistema de vibración en principio indeseada para uso en aerogeneradores, de modo que mediante la conocida dependencia relativamente fuerte de la temperatura de los materiales elásticos, se influye y modifica de manera impredecible la frecuencia natural del sistema de absorbedor dependiendo de la temperatura. Esto, a su vez, requiere cada vez más una compleja adaptación del sistema de vibración.

30 Por tanto, el objetivo consistía en proporcionar un absorbedor de péndulo, en particular para uso en aerogeneradores, con una suspensión o un cojinete de articulación que, en el sentido mencionado, presente mejores propiedades con respecto a las soluciones conocidas del estado de la técnica, debiendo hacerse particular hincapié en una alta resistencia axial, un bajo par de reajuste y una influencia lo más insignificante posible en la frecuencia natural del sistema y, con ello, con una amplia independencia de la temperatura.

35 El objetivo planteado se solucionó mediante los objetos de la invención especificados y descritos a continuación y en las reivindicaciones.

40 El objeto de la invención es, por tanto, un aerogenerador que comprende al menos un cojinete elástico, que es un cojinete de péndulo de bolas, que a su vez comprende una articulación de bolas (5) con un cabezal de articulación interior (5.4) y una cavidad de articulación (5.5), en donde el cabezal de articulación presenta al menos forma semiesférica y está montado en la cavidad de articulación dimensionada y conformada correspondientemente, y al menos una, con preferencia dos o tres capas de elastómero (5.1) están dispuestas entre cabezal de articulación y cavidad de articulación de tal manera que al menos el 80 %, con preferencia el 90 - 100 % de la superficie de la capa de elastómero está unida de manera fija con las superficies esféricas del cabezal de articulación y de la cavidad de articulación, y la capa de elastómero presenta un espesor de 5 mm - 20 mm, en donde, en caso de la presencia de varias capas de elastómero, éstas se encuentran completa o parcialmente separadas entre sí por láminas metálicas intermedias (5.3).

45 En una forma de realización preferente de la invención, la articulación de péndulo de bolas o el cojinete de bolas mencionado presenta dos capas de elastómero, que están separadas entre sí por una lámina metálica, que está interrumpida con preferencia en la zona central de la capa de elastómero (Figura 4d).

50 Se ha demostrado que deberían usarse de manera ventajosa tales cabezales de articulación y correspondientes cavidades de articulación, que presentan al menos una forma semiesférica, con preferencia una forma parcialmente esférica con un radio circular o ángulo de envoltura de 180° a 325°, con preferencia de 180° a 245°, o de 220° a 245°, estando cubiertas en la medida de lo posible todas las superficies esféricas por una capa de elastómero. Solo con este diseño constructivo el absorbedor del péndulo es capaz de moverse en grandes ángulos en un espacio pequeño, absorbiendo grandes fuerzas sin influir de manera significativa la frecuencia natural del sistema, o del aerogenerador.

55 En una forma de realización particular de la invención, la capa de elastómero (5.1) puede tener una rigidez diferente entre el cabezal de articulación esférico (5.4) y la cavidad de articulación de bolas (5.5), en particular con respecto a la dirección axial del péndulo y la dirección horizontal y perpendicular al péndulo, o dicho de otro modo, con respecto

al centro de la respectiva esfera en comparación con los extremos. Esto puede conseguirse, de acuerdo con la invención, mediante dos medidas. Por un lado, el material de elastómero, puede ser de una rigidez diferente en el punto en cuestión, o las zonas en cuestión, de modo que se puede influir en las propiedades de desviación del péndulo sin que se modifiquen significativamente al mismo tiempo las propiedades de amortiguación del amortiguador de péndulo. Pueden lograrse diferentes rigideces, por ejemplo, mediante el uso de material de elastómero con diferente dureza Shore.

Por otro lado, puede preverse que el material de elastómero contenga cámaras emplazadas de una manera específica (por ejemplo en el cenit de la bola de cabezal de articulación), que pueden ser llenadas desde fuera con un fluido bajo presión a través de una válvula (Figuras 4b, c). El fluido sirve para que se origine una cavidad y que el elemento se suavice de este modo en la dirección cardánica. El elemento sometido a carga no se vuelve más rígido debido a una mayor presión.

Las cámaras también pueden originarse, en principio, mediante la introducción a presión de fluido en una zona en la que capa de elastómero y metal del cojinete de articulación no están unidos entre sí de manera fija, o con una zona dentro de la capa de elastómero en la que se sitúa material de elastómero uno sobre otro y puede estirarse bajo presión hasta formar una cámara.

El objeto de la invención es, además, un aerogenerador correspondiente, en el que el cojinete de péndulo de bolas es parte de un absorbedor de vibración de péndulo, que comprende una varilla de péndulo (2) y una masa de absorbedor (1), pudiendo moverse el absorbedor de péndulo en todas las direcciones libremente alrededor del cojinete de péndulo de bolas elástico, y presentando con preferencia un dispositivo en la zona del cojinete de péndulo de bolas, que disminuye o impide vibraciones de torsión del absorbedor.

En una primera realización de este tipo (Figuras 1 - 3), dicho dispositivo comprende al menos una palanca de torsión (2.1), que está colocada esencialmente perpendicular a la varilla de péndulo (2) y un cojinete de torsión elástico para movimientos de lanzamiento (6) y un cojinete de torsión elástico para movimientos de giro (7) del péndulo (1, 2). Para una mejor distribución de la carga, se pueden proporcionar varias palancas de torsión de este tipo, con preferencia tres.

En otra realización de la invención, el dispositivo comprende al menos tres elementos de resorte (8), que están distribuidos de manera esencialmente uniforme en la zona de la articulación de péndulo (5) alrededor de la varilla de péndulo (2) y están dispuestos de tal modo que pueden amortiguar o evitar movimientos de torsión del péndulo (2) (Figura 5). Los elementos de resorte pueden ser, convenientemente, resortes de espiral habituales o resortes elásticos que comprenden capas de material de elastómero y láminas metálicas intermedias. Además, también pueden usarse amortiguadores hidráulicos. Con preferencia se disponen tres elementos de este tipo dispuestos perpendicularmente al eje del absorbedor de péndulo en la zona de la articulación de péndulo, con preferencia alrededor de la misma, o por encima o por debajo de ella, con preferencia de tal modo que forman entre sí un ángulo de 120°. De esta manera, mediante las fuerzas de resorte activas, pueden impedirse o reducirse giros del absorbedor de péndulo golpeándolo contra la pared de la torre o contra un dispositivo de tope previsto para ello.

Esencialmente el mismo efecto se logra mediante otra realización de acuerdo con la invención, según la Figura 6 y dispuesta de manera similar. En este caso, se usa un dispositivo que presenta al menos tres varillas de conexión (9) con cojinetes esféricos elásticos (9.1)(9.2), que están distribuidos en la zona de la articulación de péndulo (5) de manera esencialmente uniforme alrededor de la varilla de péndulo (2) y están dispuestos de tal modo que se amortiguan o evitan movimientos de torsión del péndulo (2). Las varillas de conexión (9) pueden realizarse, por ejemplo, como se representa en la Figura 6, mediante elementos de rodillo.

En una realización simple muy específica de la invención, el dispositivo comprende para la amortiguación de movimientos de torsión del péndulo un yugo de péndulo (2.2)(2.3) con elementos de tope (10) elásticos en la zona de la articulación de péndulo (5), tal como se representa, por ejemplo, en la Figura 7.

En otra realización de la invención, dichos dispositivos para la amortiguación del movimiento de torsión del péndulo pueden ser formados mediante combinaciones de dichas realizaciones. En particular, puede combinarse el uso de un yugo de péndulo con un equipo de resorte o un equipo de manillar.

Las articulaciones de péndulo de acuerdo con la invención descritas son adecuadas también de manera ventajosa para uso en plataformas de alta mar de varios usos, por ejemplo para la fijación móvil de la plataforma con el fondo del océano en aerogeneradores o instalaciones de transporte de petróleo. Así, la presente invención se refiere, por tanto, también a una plataforma de alta mar (18), en particular para aerogeneradores, que está anclada a través de cables (15) al fondo del océano o del mar (12) a través de cimientos (11), estando fijado cada cable (15) a la plataforma por medio de fijaciones de cable (14) a través de dicha articulación de bolas superior (17) de acuerdo con la invención, y a los cimiento por medio de dicha articulación de bolas inferior (16) de acuerdo con la invención. Una aplicación de este tipo se representa en la Figura 8.

La invención se refiere también a un absorbedor de vibración de péndulo correspondiente, que comprende una varilla

de péndulo (2) o un cable de péndulo, al menos una masa de absorbedor (1) y una articulación de bolas (5) elástica en el extremo superior de la varilla de péndulo/cable de péndulo, en donde:

- 5 (i) la articulación de bolas (5) está equipada con un cabezal de articulación interior (5.4) y una cavidad de articulación (5.5),
 (ii) el cabezal de articulación presenta al menos forma semiesférica y está montado en la cavidad de articulación dimensionada y conformada correspondientemente,
 (iii) al menos una, con preferencia dos capas de elastómero (5.1) separadas por una lámina metálica, estando dispuesta/s entre cabezal de articulación y cavidad de articulación de modo que el péndulo se puede mover en
 10 todas direcciones libremente alrededor del cojinete elástico de péndulo de bolas,
 (iv) el cabezal de articulación (5.4), unido con la capa de elastómero y la correspondiente cavidad de articulación (5.5), presenta una forma parcialmente esférica con un radio circular o ángulo de envoltura de 180° a 325°, con preferencia mayor de 220°, en particular mayor de 245°, pero no mayor de 325° y
 15 (v) un dispositivo, que disminuye o impide vibraciones de torsión axiales del péndulo, está colocado en la zona de la articulación de bolas (5); en donde el dispositivo adicionalmente

- (i) comprende al menos una palanca de torsión (2.1), que está instalada de manera esencialmente perpendicular a la varilla de péndulo (2) y presenta un cojinete de torsión elástico para movimientos de lanzamiento (6) y un cojinete de torsión elástico para movimientos de giro (7) axiales del péndulo (1, 2), o
 20 (ii) presenta al menos tres elementos de resorte (8), que están distribuidos en la zona de la articulación de péndulo (5) de manera esencialmente uniforme alrededor de la varilla de péndulo (2) y están dispuestos de tal modo que se amortiguan o evitan movimientos de torsión del péndulo (2), o
 (iii) presenta al menos tres varillas de conexión (9) con cojinetes esféricos elásticos (9.1, 9.2), que están distribuidos en la zona de la articulación de péndulo (5) de manera esencialmente uniforme alrededor de la
 25 varilla de péndulo (2) y están dispuestos de tal modo que se amortiguan o evitan movimientos de torsión del péndulo (2), o
 (iv) presenta un yugo de péndulo (2.2)(2.3) con elementos de tope (10) elásticos en la zona de la articulación de péndulo (5) y está dispuesto de tal modo que se amortiguan o evitan movimientos de péndulo de torsión, o
 30 (v) comprende combinaciones de los elementos de dispositivo de (ii) a (iv), en particular (ii) y (iv), o (iii) y (iv).

Por último, la invención se refiere también a aerogeneradores y absorbedores de vibración de péndulo de este tipo, que, además de los elementos de amortiguación de torsión descritos presentan, adicionalmente, elementos de amortiguación que posibilitan amortiguar las diferentes vibraciones que se originan en la instalación. Estos pueden ser amortiguadores de corrientes de Foucault, amortiguadores hidráulicos u otros amortiguadores independientes de la temperatura conocidos en el estado de la técnica (por ejemplo, documentos WO 2013/023728, WO 2014/102016, WO 2016/023628).

A continuación, se describen brevemente los valores de referencia usados en los dibujos, en el texto y en las reivindicaciones:

- 40
- 1 masa de absorbedor
 - 2 varilla de péndulo
 - 2.1 palanca de torsión
 - 2.2 yugo de péndulo
 - 2.3 fijación superior
 - 2.4 varillas de péndulo de conexión
 - 3 construcción de fijación
 - 4 elemento de péndulo con bloqueo de giro
 - 5 articulación semiesférica
 - 5.1 capa de elastómero interior
 - 5.2 capa de elastómero exterior
 - 5.3 lámina metálica intermedia
 - 5.4 bola interior
 - 5.5 bola exterior
 - 5.6 fluido
 - 5.7 reborde de sellado
 - 5.8 válvula de llenado
 - 6 cojinete de torsión de lanzamiento
 - 7 cojinete de torsión de giro
 - 8 elementos de resorte de torsión
 - 9 varillas de conexión
 - 9.1 cojinete esférico en varilla de conexión
 - 9.1.1 carril esférico de elastómero

- 10 amortiguador de tope
- 11 cimiento de ancla
- 12 fondo del océano
- 13 agua
- 14 fijación de cable
- 15 cable
- 16 articulación inferior
- 17 articulación superior
- 18 plataforma de alta mar
- 19 yugo móvil
- 20 yugo fijo

A continuación, se describen más detalles de la invención en particular mediante los dibujos 1 - 10:

5 El sistema de absorbedor descrito tiene un bajo par de reajuste y al mismo tiempo una alta resistencia axial, de modo que la influencia del elastómero en la frecuencia natural tiene solo una influencia muy insignificante en la frecuencia natural del sistema y, con ello, también la dependencia de la temperatura se vuelve insignificante.

10 Esta propiedad se consigue mediante una o varias capas de elastómero apiladas una sobre otra. Con ello, debido a la gran superficie de revestimiento de bolas y a las capas especialmente delgadas, se consiguen grandes rigideces axiales, que posibilitan la transmisión de fuerzas axiales correspondientemente altas.

15 La relación de la rigidez axial con respecto a la rigidez de torsión se incrementa a medida que crece el ángulo de envoltura, por lo que son especialmente adecuados ángulos de envoltura de los elementos de bola mayores de 220°, en particular entre 220° y 325°, o 220° y 245°. Una realización de este tipo se representa en la Figura 10. Los elementos de bola con un ángulo de hasta aproximadamente 225° pueden ser producidos aún como una parte única. En el caso de mayores ángulos de envoltura, éstos deben estar compuestos por regla general de dos o más partes. La capa de elastómero se posiciona lo más lejos posible alrededor del radio de la bola para mantener la relación de superficie de caucho libre con respecto a la superficie de caucho adherida al metal lo más pequeña posible. Dependiendo de los requisitos del posible ángulo de giro, se pueden conectar en serie cualquier número de capas de elastómero.

20 La rigidez cardánica del absorbedor puede reducirse aún más mediante la introducción de un fluido (5.6), dado que no se efectúa ninguna deformación del elastómero en la zona del fluido. La deformación del elastómero se efectúa únicamente fuera de la zona del fluido, de modo que solo una zona de elastómero relativamente pequeña se deforma, lo que causa fuerzas de empuje menores y, con ello, fuerzas cardánicas menores. Como se representa en la Figura 4b, un reborde de sellado (5.7) impide la penetración de los fluidos en el espacio entre metal y elastómero. Tal como es conocido de manera general, el líquido tiende a asentarse en la unión de caucho y metal en forma de diminutas gotas cuando se libera la carga y profundiza más en la unión durante la siguiente carga, de modo que el líquido puede salir en caso de una aplicación de carga frecuente. Esto puede impedirse, por ejemplo, empleando un líquido viscoso, por ejemplo, silicona espesa, en lugar de agua.

30 Un absorbedor de péndulo convencional tiene habitualmente una masa de absorbedor, que choca a través de un sistema de tope contra la pared de la torre del aerogenerador. En este caso, puede suceder que el absorbedor golpee la curvatura tangencialmente y, por tanto, experimente un par de torsión relativamente alto. Este par de torsión se transmite a través de la varilla de péndulo a la articulación de bolas. La articulación de bolas tiene, no obstante, solo una rigidez de torsión baja, de modo que se requiere absorber ésta con una construcción adicional. En este caso, el ángulo de giro del absorbedor no puede ser demasiado grande para no sobrecargar la unión con los amortiguadores. La solución de acuerdo con la invención se representa en las Figuras 1 a 3.

40 La Figura 1 muestra un absorbedor de péndulo que consiste en la masa de absorbedor (1), la varilla de péndulo (2), una construcción de fijación (3) y el elemento de péndulo con bloqueo de giro (4). El par se transmite a través de la palanca de torsión (2.1). A este respecto, la palanca de torsión está unida de manera articulada al yugo de péndulo (2.2). El punto de giro de esta unión se sitúa de manera ventajosa a la misma altura que el punto de giro del cojinete de péndulo de bolas. Esta unión puede establecerse, por ejemplo, en forma de cojinetes de deslizamiento. Con preferencia se usan en este caso casquillos de elastómero (6). El final de la palanca de torsión desemboca en un cojinete de torsión de giro (7), que está dispuesto en perpendicular a los cojinetes de torsión de lanzamiento (6). Este cojinete está realizado como cojinete de elastómero, con lo que puede transmitir tanto una carga de torsión como una carga cardánica. Es posible realizar el sistema, tal como se representa, con una palanca de torsión (2.1). Para posibilitar una mejor distribución de carga, pueden realizarse también dos o varias, con preferencia tres palancas de este tipo, en el perímetro.

50 Como alternativa a una o varias palancas de torsión, tal como se describió, también es posible usar elementos de resorte o elementos elásticos, como se muestra en la Figura 5 y la Figura 6. La articulación semiesférica (5) de la Figura 5 está estructurada, a este respecto, como se describió antes. Para la absorción de los impactos de torsión están colocados varios elementos de resorte de torsión (8) de varias capas dispuestos tangencialmente en la zona de la articulación. Estos unen el yugo de péndulo (2.2) con la fijación superior (2.3). Los elementos de resorte por

- detonación (8) establecen, por tanto, una unión elástica de los elementos (2.2) y (2.3). Esta unión es suave en dirección del péndulo debido a la baja rigidez de empuje de tales elementos de varias capas. Debido a la rigidez axial relativamente alta de los elementos de resorte de torsión de varias capas, existe una alta rigidez en la dirección de torsión entre (2.2) y (2.3). El sistema de la Figura 6 está estructurado de manera similar a la realización de acuerdo con la Figura 5. No obstante, la fijación superior (2.3) está unida con el yugo de péndulo (2.2) por varillas de conexión (9). A partir de ello resulta, asimismo una rigidez de torsión y unión cardánicamente suave entre yugo de péndulo (2.2) y la fijación superior (2.3). Las varillas de conexión(9) se componen, por ejemplo, de dos cojinetes de esferas de elastómero (9.1) o elementos de rodillo, conocidos per se en el estado de la técnica. Estos tienen la propiedad de ser radialmente rígidos y relativamente suaves en la dirección cardánica.
- La realización de acuerdo con la Figura 7 consiste esencialmente en la articulación semiesférica (5), el yugo de péndulo (2.2) con la fijación superior (2.3). Las fuerzas de torsión originadas, debidas al golpeo tangencial del absorbedor, se transmiten a través de amortiguadores de tope (10).
- Un caso de aplicación muy diferente de los cojinetes elásticos de péndulo de bolas es la unión y fijación de plataformas de alta mar, en particular para aerogeneradores o posiblemente para otras instalaciones flotantes (Figura 8, Figura 9). El cojinete puede usarse, por tanto, tanto para plataformas de alta mar propiamente dichas, como, en particular, para plataformas de alta mar con aerogeneradores. Al fijar los cables a cimientos en alta mar existe el problema de que los cables se doblan en el punto de sujeción debido al movimiento cardánico. Esto puede remediarse mediante el uso de grilletes convencionales existentes en el mercado. No obstante, debido a la fricción resultante entre los miembros individuales, estos están sujetos a un desgaste considerable, de modo que solo pueden ser usados durante un período de tiempo limitado. En el uso del cojinete elastomérico de péndulo de bolas de de acuerdo con la invención se efectúa la transmisión sin fricción. Los elementos están libres de mantenimiento durante un largo período de tiempo. Se usa también en este caso un cojinete elastomérico de péndulo de bolas (5) con una o varias capas de elastómero en forma de semiesfera. Éstas se emplazan entre el yugo móvil (19) y el yugo fijo (20). La fijación del cable (14) está colocada en el respectivo yugo móvil (20) (Figura 9). Debido a la baja rigidez cardánica de los elementos de elastómero, el cable está expuesto solamente a pares de flexión bajos. La carga de doblado sobre el cable es baja. Los elementos de este tipo de acuerdo con la invención pueden transmitir cargas de más de 1000 kN, incluso con un diámetro de aproximadamente 200 mm, y simultáneamente una rigidez cardánica baja. La rigidez cardánica puede ser reducida, adicionalmente, mediante el uso de un fluido (56) de acuerdo con una configuración como la mostrada en la Figura 4b.c. Si son usadas dos capas de elastómero, puede incorporarse también en la bola interior una almohadilla de fluido, de modo que la rigidez cardánica puede reducirse adicionalmente, por un lado, mediante varias capas y al mismo tiempo mediante el uso de la almohadilla de fluido. Para posibilitar ángulos aún más grandes con menor fuerza de reajuste, se pueden conectar varias articulaciones en serie. Para ello, tiene sentido diseñar los elementos en la dirección del cable, que están más alejados de los cimientos o de la plataforma, siendo más blandos que los elementos del punto de sujeción. En el caso de puntos de sujeción correspondientemente más blandos, se puede prescindir completamente de la técnica del cable. Los cables pueden ser reemplazados por una serie de uniones de varias articulaciones con elementos rígidos conectados entre sí.
- Las capas de elastómero en los cojinetes de péndulo de bolas de acuerdo con la invención presentan diferentes espesores que, no obstante, varían predominantemente entre 5 mm y 20 mm. En el caso de usar dos capas, la capa interior presenta de manera ventajosa solo aproximadamente el 50 - 70 % del espesor de la capa exterior, que está vulcanizada en la cavidad de articulación. Una capa interior elástica tiene un espesor entre 4,5 y 9 mm, mientras que una capa exterior elástica tiene un espesor entre 6 y 12 mm. Las durezas Shore de los elastómeros, usados en los cojinetes de péndulo de bolas de acuerdo con la invención, pueden ser de entre 50 y 100 Shore A.

REIVINDICACIONES

1. Aerogenerador que comprende un absorbedor de vibración de péndulo con alta resistencia axial, que es capaz de absorber grandes fuerzas, recorriendo grandes ángulos en un pequeño espacio y moviéndose libremente en todas direcciones sin influenciar significativamente la frecuencia natural de la instalación, en el que el absorbedor de vibración comprende una varilla de péndulo (2), una masa de absorbedor (1) y al menos un cojinete de péndulo de bolas (5) elástica con un cabezal de articulación (5.4) interior y una cavidad de articulación (5.5), donde el cabezal de articulación está montado en la cavidad de articulación dimensionada y conformada correspondientemente, en donde el cabezal de articulación (5.4) y la cavidad de articulación (5.5) de la articulación elástica de bolas (5) son esféricos y todas las superficies esféricas del cabezal de articulación (5.4) y de la cavidad de articulación (5.5) están cubiertas por al menos una capa de elastómero (5.1) y están unidas por ésta fijamente entre sí, donde la al menos una capa de elastómero posee un espesor de 5 - 20 mm, y donde todas las superficies esféricas del cabezal de articulación (5.4) y de la cavidad de articulación (5.5), cubiertas por la capa de elastómero, tienen una forma parcialmente esférica con un ángulo de envoltura de 180° a 325°.
2. Aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el cojinete de péndulo de bolas presenta al menos dos capas de elastómero (5.1, 5.2), que están completa o parcialmente separadas entre sí por una o varias láminas metálicas intermedias (5.3).
3. Aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** el cojinete presenta zonas, entre capa de elastómero (5.1) y cabezal de articulación (5.4) y/o cavidad de articulación (5.5), o dentro de la capa de elastómero (5.1), que permiten que un fluido (5.6) sea introducido a presión a través de una válvula de llenado en estas zonas, de modo que de este modo estén presentes rigideces de torsión localmente diferentes en caso de rigideces axiales constantes.
4. Aerogenerador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 - 3, **caracterizado por que** la capa de elastómero (5.1) entre cabezal de articulación y cavidad de articulación posee una rigidez diferente en dirección axial del cojinete que en dirección horizontal.
5. Aerogenerador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 - 4, **caracterizado por que** el absorbedor de vibración presenta un dispositivo, en la zona del cojinete de péndulo de bolas, que reduce o previene vibraciones de torsión del absorbedor.
6. Aerogenerador según la reivindicación 5, **caracterizado por que** el dispositivo comprende al menos una palanca de torsión (2.1), que está colocada esencialmente perpendicular a la varilla de péndulo (2) o al cable de péndulo (14) y presenta un cojinete de torsión elástico para movimientos de lanzamiento (6) y un cojinete de torsión elástico para movimientos de giro (7) del péndulo (1, 2).
7. Aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** el dispositivo presenta un yugo de péndulo (2.2) (2.3) con elementos de tope (10) elásticos en la zona de la articulación de péndulo (5) o del cable de péndulo (14) y está dispuesto de tal modo que amortigua o previene movimientos de péndulo de torsión.
8. Aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 5 o 7 **caracterizado por que** el dispositivo presenta al menos tres elementos de resorte (8), que están distribuidos en la zona de la articulación de péndulo (5) de manera esencialmente uniforme alrededor de la varilla de péndulo (2) o del cable de péndulo (14) y están dispuestos de tal modo que se amortiguan o previenen movimientos de torsión del péndulo.
9. Aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 5 o 7 **caracterizado por que** el dispositivo presenta al menos tres varillas de conexión (9) con cojinetes esféricos elásticos (9.1)(9.2), que están distribuidos en la zona de la articulación de péndulo (5) de manera esencialmente uniforme alrededor de la varilla de péndulo (2) o del cable de péndulo (14) y están dispuestos de tal modo que se amortiguan o previenen movimientos de torsión del péndulo.
10. Aerogenerador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 - 9, **caracterizado por que** presenta al menos un dispositivo adicional para la amortiguación de vibraciones que se originan en la instalación, siendo este dispositivo un amortiguador hidráulico, un amortiguador de corrientes de Foucault o un amortiguador mecánico independiente de la temperatura.
11. Aerogenerador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 - 10, **caracterizado por que** el aerogenerador es una plataforma de alta mar (18), que está anclada a través de cables (15) al fondo del océano o del mar (12) a través de cimientos (11), estando fijado cada cable (15) a la plataforma por medio de fijaciones de cable (14) a través de dicha articulación de bolas (5) , como articulación de bolas superior (17) y a los cimientos mediante dicha articulación de bolas (5) como articulación de bolas inferior (16).
12. Aerogenerador que comprende al menos un cojinete elástico de péndulo de bolas, que comprende una articulación de bolas (5) con un cabezal de articulación (5.4) interior y una cavidad de articulación (5.5), en donde el cabezal de

- articulación tiene una forma al menos semiesférica y está montado en la cavidad de articulación dimensionada y conformada correspondientemente, **caracterizado por que** entre cabezal de articulación y cavidad de articulación están dispuestas al menos dos capas de elastómero (5.1, 5.2), que están completa o parcialmente separadas entre sí por una o varias láminas metálicas intermedias (5.3), de tal manera que al menos el 80 % de la superficie de una capa de elastómero está unida de manera fija con las superficies esféricas del cabezal de articulación y de la cavidad de articulación, una capa de elastómero tiene un espesor de 5 mm - 20 mm, y el cabezal de articulación (5.4) cubierto por una capa de elastómero y la correspondiente cavidad de articulación (5.5) tienen una forma parcialmente esférica con un ángulo de envoltura de 180° a 325°.
- 5
- 10 13. Aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** el aerogenerador es una plataforma de alta mar (18), que está anclada a través de cables (15) al fondo del océano o del mar (12) a través de cimientos (11), estando fijado cada cable (15) por medio de fijaciones de cable (14) a la plataforma mediante dicha articulación de bolas (5) como articulación de bolas superior (17) y a los cimientos mediante dicha articulación de bolas (5) como articulación de bolas inferior (16).

Fig. 1

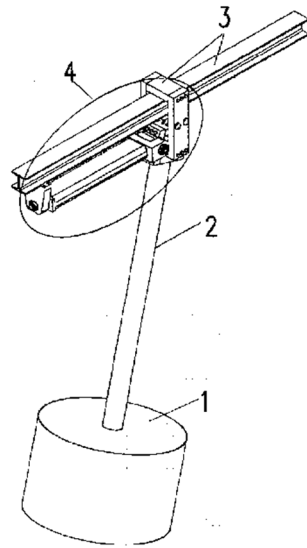


Fig. 2

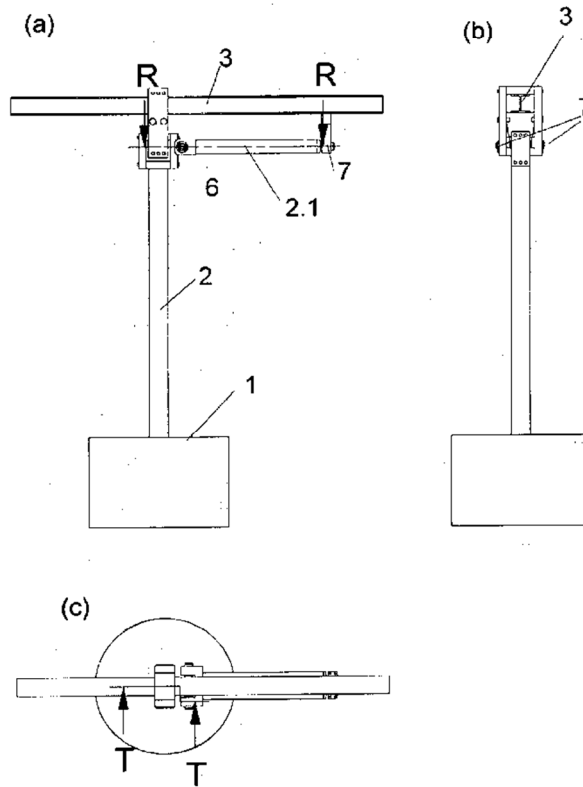


Fig. 3

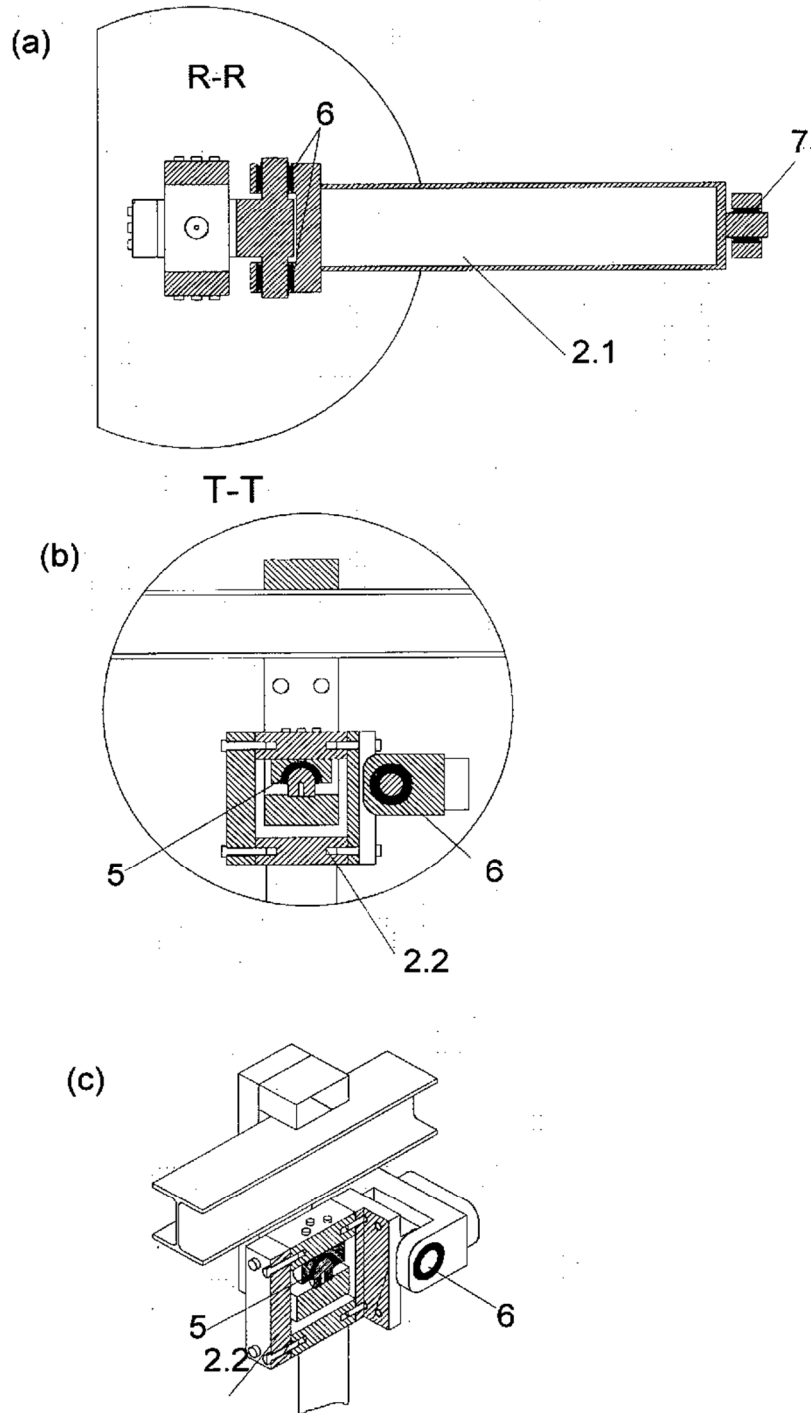


Fig. 4

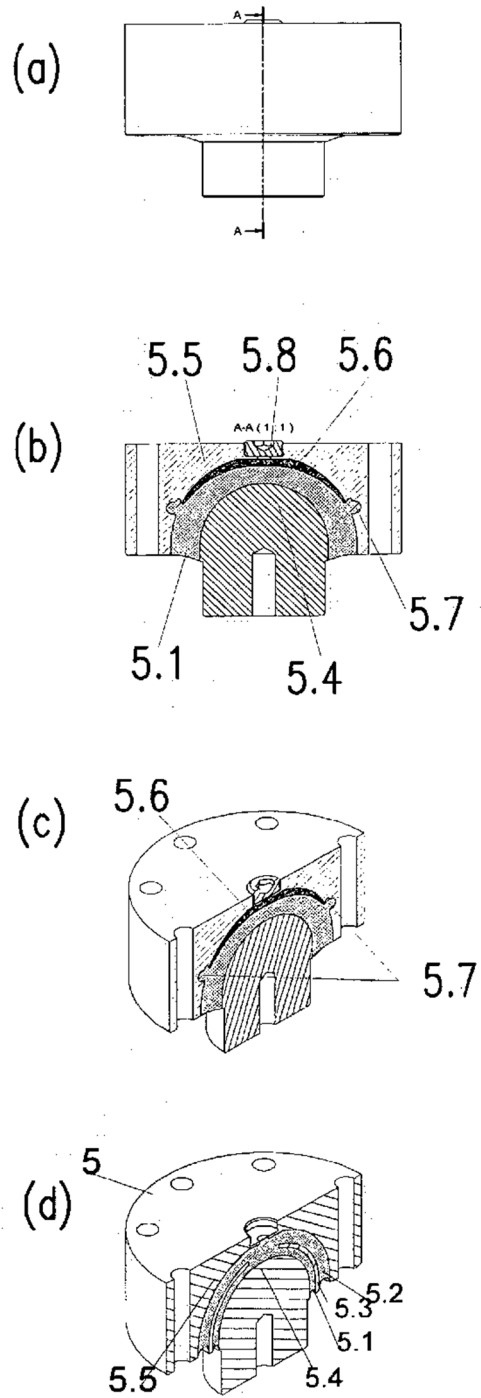


Fig. 5

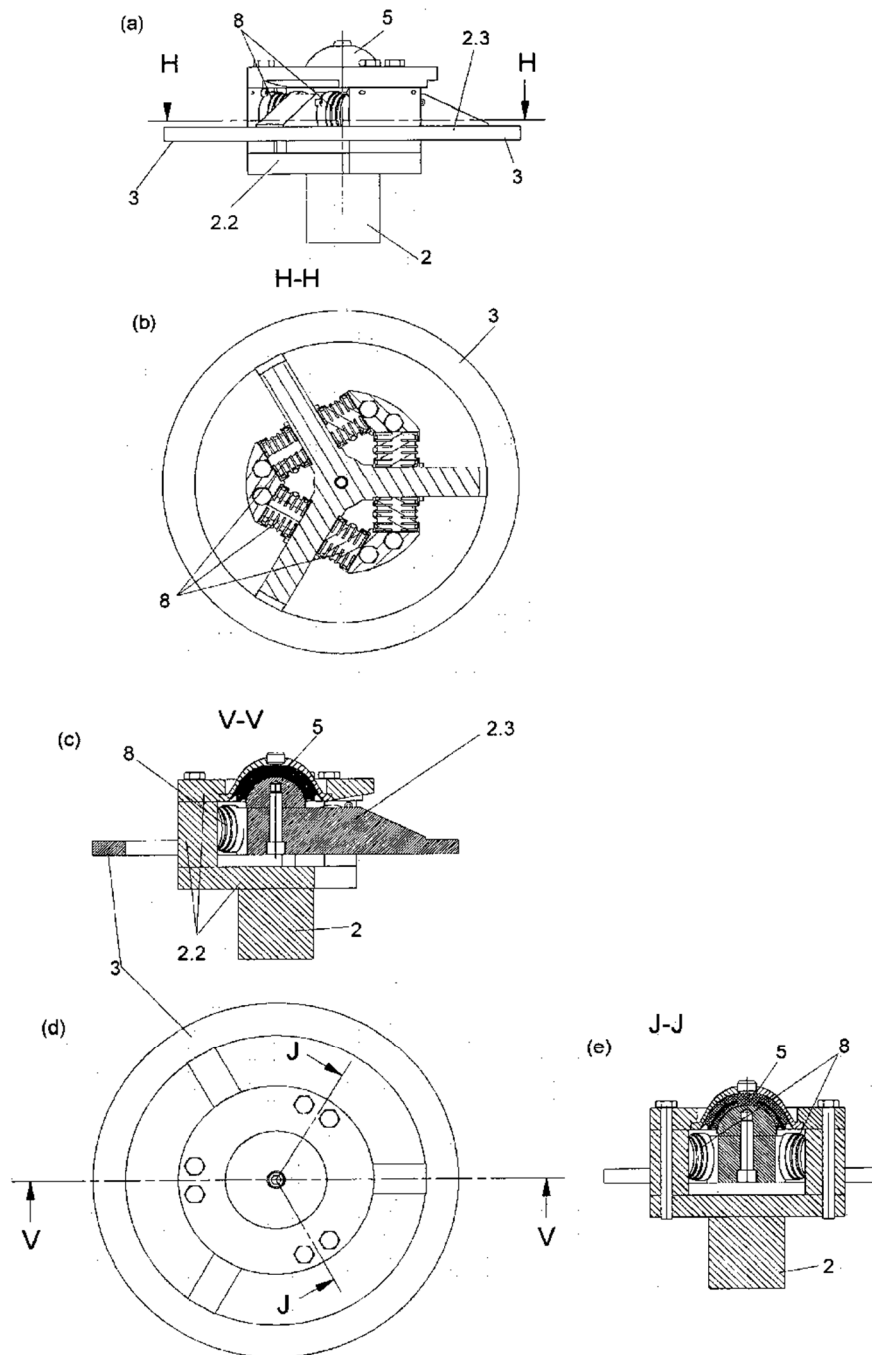


Fig. 6

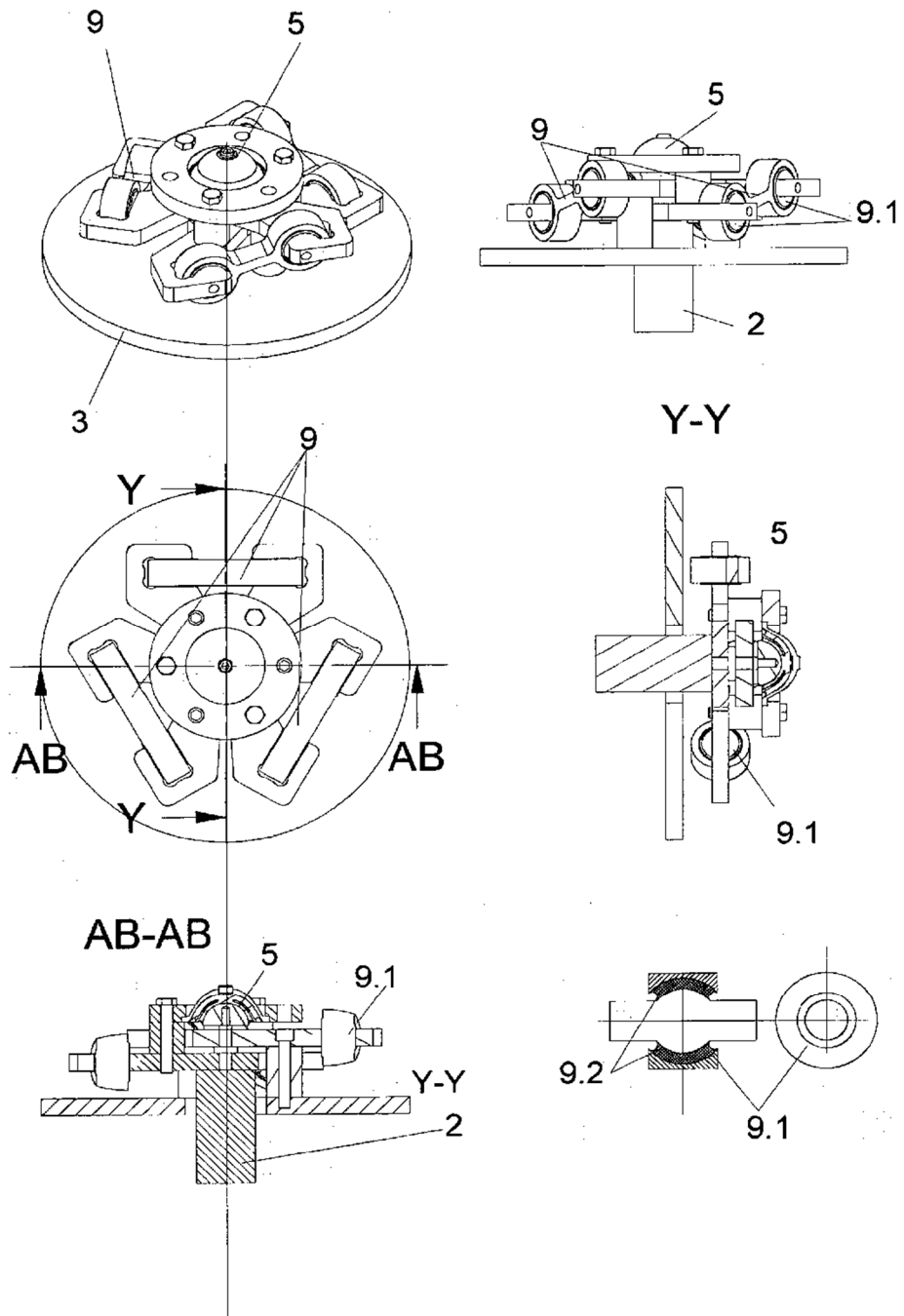


Fig. 7

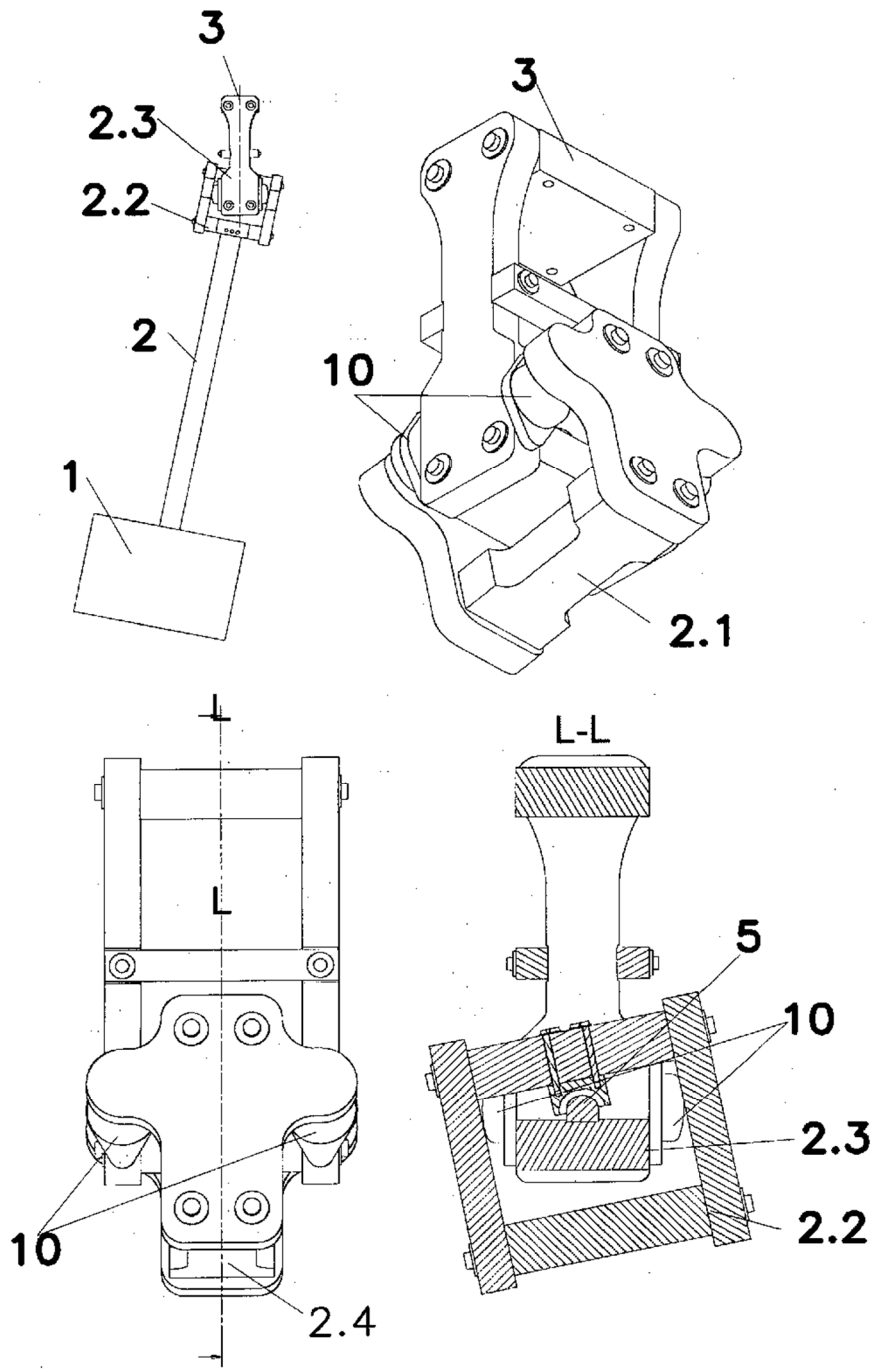


Fig. 8

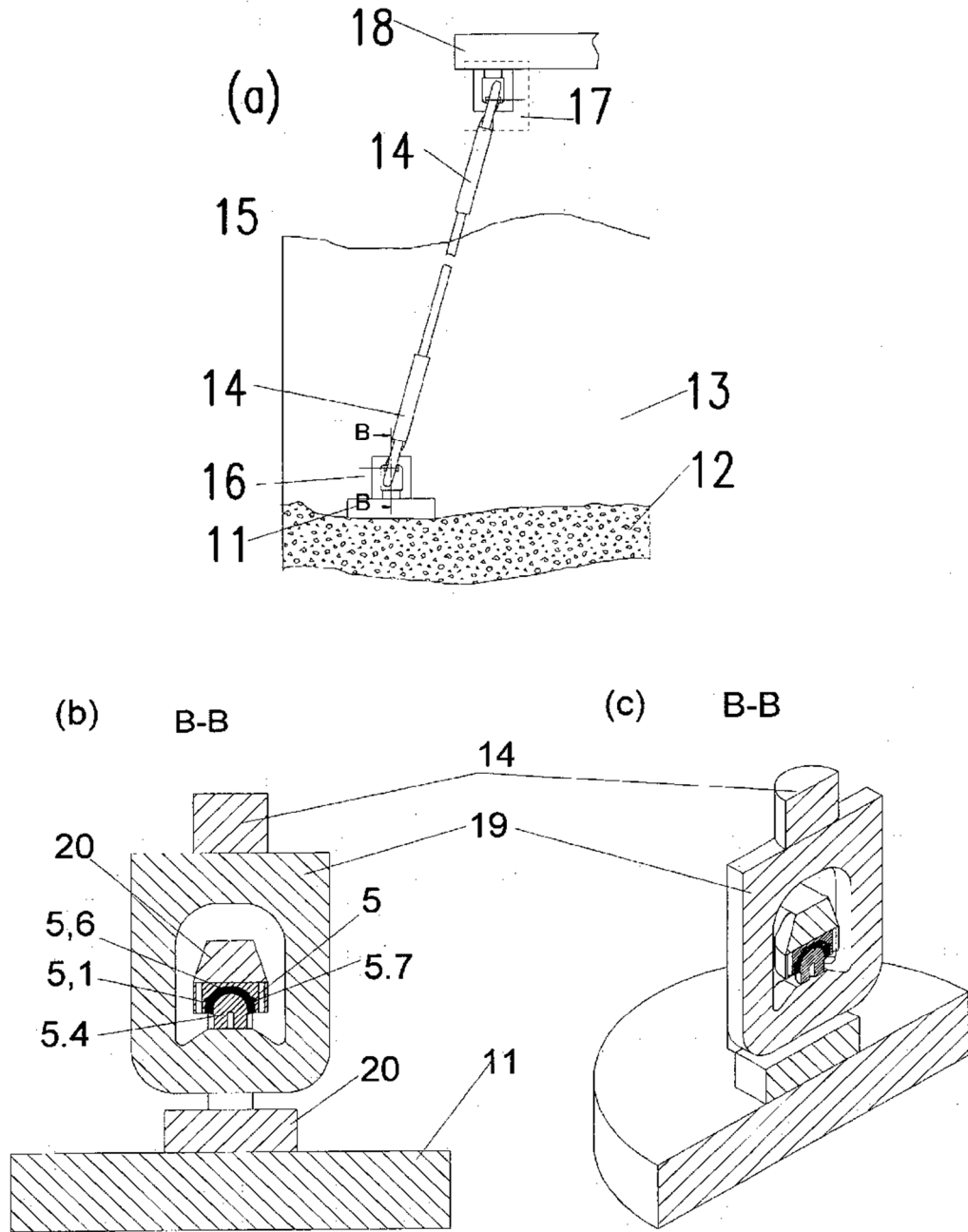


Fig. 9

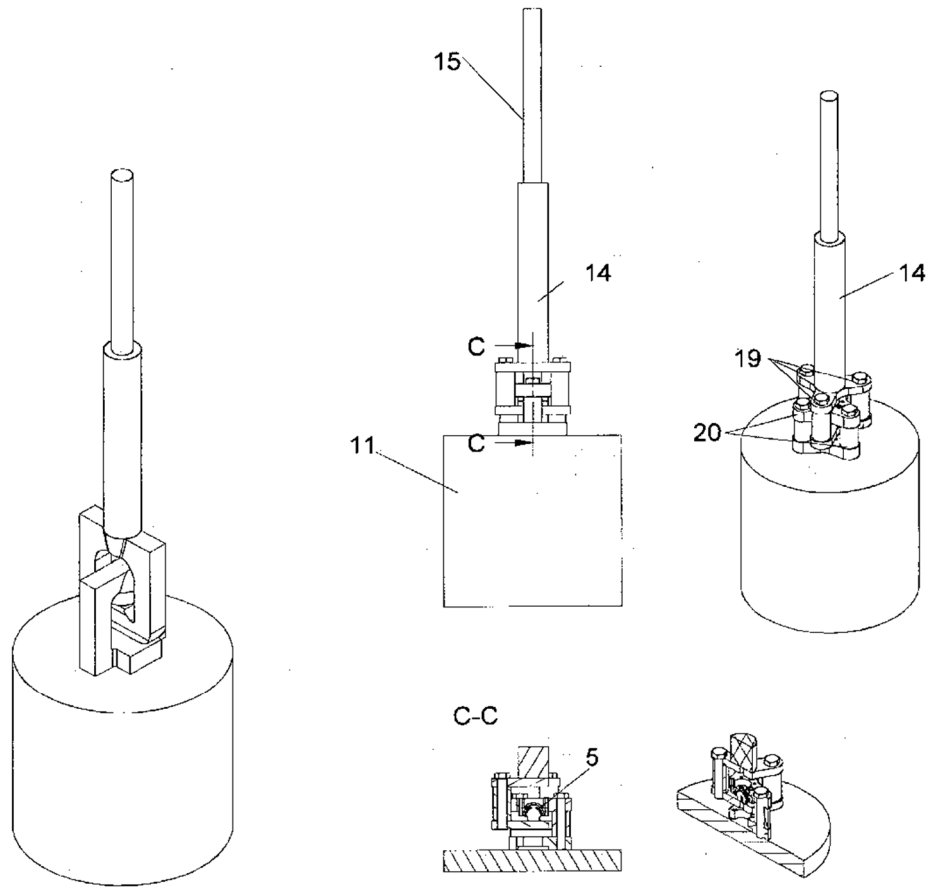
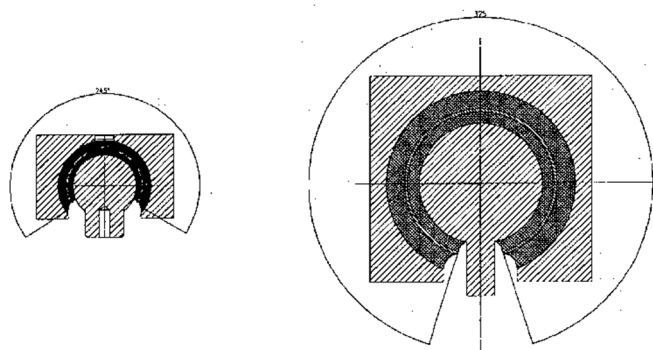


Fig. 10



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

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

Literatura no patente citada en la descripción

- EP 1008747 A2 [0002]
- WO 2013023728 A [0020]
- WO 2014102016 A [0020]
- WO 2016023628 A [0020]

10