

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 784**

51 Int. Cl.:

F16F 7/10 (2006.01)

F03D 80/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.08.2018 PCT/EP2018/000384**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.02.2019 WO19029839**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2018 E 18756148 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2024 EP 3665398**

54 Título: **Absorbedor de vibraciones con amortiguador rotativo**

30 Prioridad:

08.08.2017 EP 17001353

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

17.10.2024

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 2 982 784 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

Absorbedor de vibraciones con amortiguador rotativo

5 **Objeto de la invención**

La invención se refiere a un nuevo tipo de amortiguador rotativo y a un absorbedor de vibraciones que comprende este amortiguador para aerogeneradores u otras instalaciones o edificios altos y, en relación con su altura, estrechos.

10 La invención se refiere en particular a un absorbedor de vibraciones que comprende al menos una masa oscilante sobre al menos un cable de péndulo o una varilla de péndulo, en donde la masa que se hace oscilar por una frecuencia natural puede amortiguarse mediante un amortiguador rotativo de acuerdo con la invención como parte del absorbedor.

15 **Antecedentes y objetivo de la invención**

15 Los edificios e instalaciones altos y estrechos están sometidos a condiciones especiales de vibración, que deben tenerse en cuenta mediante medidas técnicas para evitar daños o procesos de fatiga prematura. Esto se cumple en particular para los aerogeneradores, que cada vez se utilizan en zonas más extremas (por ejemplo, en alta mar) y a mayor altura debido a su rápido desarrollo técnico en los últimos años, y tienen además torres cada vez más altas para aprovechar las mejores condiciones de viento que allí se dan. Estos aerogeneradores deben soportar las fuerzas que actúan sobre ellos debido al viento, las olas, las condiciones meteorológicas y el funcionamiento, que imponen diferentes cargas a las instalaciones en diferentes puntos. Las fuerzas de oscilación, en particular, pueden poner en peligro el funcionamiento y la seguridad de las instalaciones.

25 No solo durante el funcionamiento, sino también durante el montaje del aerogenerador o de una torre alta, se producen vibraciones debidas al viento o a otras fuerzas que pueden poner en peligro la estructura, sobre todo porque las instalaciones en construcción aún no están adaptadas de forma óptima a esas vibraciones perturbadoras. Cuando se erigen los mismos aerogeneradores, la torre se levanta primero por segmentos. A continuación se monta la góndola con el rotor. La situación sin la góndola (solo el muñón de la torre) debe considerarse crítica por lo que respecta a la excitación de resonancia, ya que en este estado pueden producirse amplitudes de oscilación mayores que con la góndola. Los absorbedores de vibraciones para tales fines se colocan en este sentido siempre en el extremo del segmento superior de la torre y se atornillan allí. Este proceso se repite hasta que la torre esté completamente erigida y la góndola pueda colocarse encima. La frecuencia natural de la instalación disminuye en este sentido a medida que avanza el montaje. Por lo tanto, la frecuencia del absorbedor debe poder ajustarse fácilmente dentro de un amplio margen (aprox. factor 2) y, por lo general, se sitúa en un nivel superior en comparación con la instalación acabada.

35 Por lo tanto, es necesario amortiguar eficazmente las vibraciones que se producen en estas instalaciones mediante medidas técnicas. Para ello se utilizan absorbedores de vibraciones de distintos diseños en función de los distintos campos de aplicación.

40 La mayoría de las fuerzas perturbadoras también afectan a la torre de la instalación, que suele ser excitada para vibrar a una frecuencia natural baja, normalmente < 1 Hz. Por este motivo, en el estado de la técnica se suelen utilizar absorbedores pendulares para amortiguar las vibraciones, que suelen estar suspendidos en la torre.

45 Los absorbedores pendulares para aerogeneradores se conocen en el estado de la técnica.

El documento EP 1008747 (B1), por ejemplo, describe un absorbedor pendular que presenta un elemento amortiguador elástico en el cojinete de articulación del péndulo.

50 El documento WO 2009/068599 describe un absorbedor pendular en el que las oscilaciones de la masa del péndulo se amortiguan mediante amortiguación por fricción utilizando varias placas. Con esta solución, surge el problema de la elevada generación de calor, que se manifiesta en forma de amortiguación variable con la temperatura. La utilización de amortiguadores por fluido plantea dificultades similares.

55 El documento EP2378118A2 describe un absorbedor pendular según el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 17.

60 Todas estas soluciones tienen también el inconveniente de que, debido al reducido espacio disponible para el movimiento del péndulo en la torre, solo pueden recorrerse pequeñas trayectorias de oscilación, lo que significa que las masas absorbentes necesarias deben ser bastante grandes para poder influir en la correspondiente frecuencia natural y en la amortiguación.

65 Para contrarrestarlo, se propusieron amortiguadores magnéticos o de corrientes parásitas en combinación con absorbedores pendulares. En los amortiguadores magnéticos convencionales, la amortiguación se consigue atrayendo o repeliendo imanes de polaridad opuesta o idéntica, que se mueven uno junto al otro. Los amortiguadores de corrientes parásitas se basan funcionalmente en el hecho de que se induce una corriente en un conductor eléctrico que se desplaza a través de un campo magnético variable. Las corrientes parásitas resultantes forman a su vez

campos magnéticos que contrarrestan el campo magnético original y ralentizan el movimiento del conductor. Si aumenta la velocidad a la que el conductor se desplaza en el campo magnético, aumenta la corriente parásita en el conductor, lo que da lugar a un campo magnético más intenso, que frena aún más y con más fuerza el movimiento.

5 Los amortiguadores magnéticos o de corrientes parásitas son conocidos como tal en el estado de la técnica.

El documento DE 37 41 578 A1, por ejemplo, describe un dispositivo amortiguador de vibraciones para máquinas de precisión que se basa en el movimiento de una placa entre los polos norte y sur de un campo magnético.

10 El documento US 2007/0131504 describe un amortiguador de vibraciones plano en el que un dispositivo pendular transversal se desplaza en el campo de campos magnéticos dispuestos de forma plana.

15 En el documento EP 2 696 072 se describe una disposición de absorbedor de vibraciones para aerogeneradores con un péndulo de masa y un elemento magnético y conductor en forma de placa, en donde se introduce una disposición deslizante, en particular una capa deslizante, entre los elementos, con la que se pretende garantizar un diseño compacto del absorbedor con solo una dependencia de la temperatura reducida. En caso de oscilación, el péndulo de masa es guiado a este respecto en preferiblemente dos dispositivos de oscilación, produciéndose un movimiento de la placa conductora con respecto a la placa magnética en el extremo inferior del péndulo de masa.

20 Los amortiguadores magnéticos mencionados tienen el inconveniente de que suelen depender mucho de la dirección y no se pueden hacer girar axialmente. Además, a menudo no es posible alcanzar con un esfuerzo razonable densidades de amortiguación suficientemente altas, que, sin embargo, son absolutamente necesarias cuando se utilizan aerogeneradores, en particular aerogeneradores con torres de 100 m de altura o más.

25 El documento WO 2016/023628 describe un amortiguador de vibraciones por corrientes parásitas que puede alcanzar mayores densidades de amortiguación y además es independiente de la dirección. El amortiguador consiste esencialmente en un tubo cilíndrico, que presenta una disposición de imán, así como un tubo conductor móvil que se guía por el interior. Ambos tubos son guiados sin fricción en la zona de la disposición de imán, siendo guiado el tubo conductor con respecto al tubo cilíndrico magnético, en una forma de realización preferida, por un dispositivo de rodillos fuera del área funcional.

30 Todos los amortiguadores magnéticos o de corrientes parásitas conocidos tienen la particularidad de que la fuerza contraria que genera el campo de corrientes parásitas y se opone al movimiento de la masa depende de la velocidad del movimiento. Sin embargo, dado que en torres altas como las de los aerogeneradores o en construcciones altas suelen generarse movimientos lentos por la frecuencia de excitación (viento, terremotos, etc.), surge el problema de que la fuerza generada del campo de corrientes parásitas no es suficiente para lograr una amortiguación suficiente en el caso de movimientos especialmente lentos. Lo mismo ocurre si las amplitudes de la oscilación son bajas. Puede ser de ayuda aumentar la densidad magnética, por ejemplo, aumentando el número de elementos magnéticos en general o por unidad de superficie. Sin embargo, esto no solo aumenta los costes, sino también el espacio necesario, que a menudo no está disponible, sobre todo en las torres de los aerogeneradores. Sin embargo, en general, en construcciones pequeñas los elementos magnéticos se vuelven entre calientes y muy calientes durante el funcionamiento, lo que conduce a una reducción de la independencia del amortiguador a la temperatura, ya que se genera mucho más calor en un espacio reducido debido al aumento de la energía de oscilación.

45 Por lo tanto, el objetivo era proporcionar amortiguadores magnéticos para la amortiguación de frecuencias naturales inferiores a 30 Hz, en particular inferiores a 10 Hz, preferiblemente entre 0,15 y 5 Hz, en particular entre 0,5 y 5 Hz, preferiblemente entre 0,15 y 2 Hz en construcciones e instalaciones técnicas altas y estrechas, en particular en aerogeneradores, que ya no presenten las desventajas descritas, en particular la amortiguación más bien baja en estados con baja energía cinética.

50 El objetivo se consiguió proporcionando los amortiguadores por corrientes parásitas que se especifican a continuación y en las reivindicaciones, así como absorbedores de vibraciones que comprenden tales amortiguadores.

Sumario de la invención

55 El objetivo se consiguió en particular convirtiendo el movimiento intrínsecamente lineal de la masa oscilante de un absorbedor pendular en un movimiento de rotación mediante medidas de diseño apropiadas, mediante lo cual la velocidad de rotación alcanzable puede ser un múltiplo de la velocidad lineal de la masa desplazada mediante la elección de un elemento de rotación correspondientemente grande y preferiblemente con simetría rotacional. Al colocar dispositivos de amortiguación/frenado en el elemento de rotación, se puede conseguir un mayor efecto de amortiguación.

65 En particular, si se utiliza un sistema de amortiguación por corrientes parásitas en el que los elementos conductores se desplazan con respecto a los elementos magnéticos mediante rotación, puede generarse un efecto de amortiguación en función del número de revoluciones. Como ya se ha mencionado, la velocidad del movimiento rotatorio es decisiva para el efecto de amortiguación que se consigue con el principio de corrientes parásitas utilizado

5 en este caso. De acuerdo con la invención, es posible, dependiendo del diseño, lograr una velocidad de los elementos conductores rotatorios que sea aproximadamente de 2 a 20 veces la de los elementos magnéticos estacionarios (o viceversa) y, por tanto, una fuerza de amortiguación que sea de 4 a 400 veces mayor (constante de amortiguación lineal: $N \times s/m$) con el mismo número de imanes en comparación con los amortiguadores de corrientes parásitas conocidos.

10 Además, el aumento de calor generado en un sistema rotatorio de este tipo puede disiparse más fácilmente debido a la mayor velocidad de movimiento, dado el caso también con la ayuda de dispositivos de refrigeración pasivos o activos, tales como aletas de refrigeración o paletas de refrigeración en los discos, ruedas o coronas dentadas rotatorias utilizados, siendo estas las encargadas de generar turbulencias de aire de refrigeración simplemente a través de su rotación, de forma similar a un ventilador.

15 Sin embargo, también es posible de acuerdo con la invención conseguir un efecto de frenado comparable si, por ejemplo, la disposición de amortiguación por corrientes parásitas preferentemente propuesta en este caso se sustituye por otro dispositivo de frenado, tal como un dispositivo amortiguador magnético convencional (por atracción y repulsión magnéticas), o un dispositivo amortiguador por fricción o un dispositivo amortiguador por fluido, en el elemento rotatorio del absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención.

20 Es un objeto de la invención, por tanto, una disposición de absorbedor de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 1.

Es, asimismo, objeto de la invención una disposición de absorbedor de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 17.

25 Otras formas de realización se definen en reivindicaciones dependientes.

Descripción de la invención y formas de realización

30 El absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención comprende un dispositivo de péndulo de masa convencional, así como al menos un dispositivo amortiguador (10) de acuerdo con la invención.

35 El dispositivo amortiguador (10) de acuerdo con la invención comprende a su vez una estructura de soporte (4), un dispositivo de transporte (2), la disposición de amortiguación (1) propiamente dicha, así como un elemento de unión (3) (Fig. 1)

Varios de los dispositivos amortiguadores (10) de acuerdo con la invención, en particular de dos a seis, pueden instalarse en una instalación que se ha de amortiguar, por ejemplo, en un aerogenerador (Fig. 8)

40 El dispositivo de transporte (2) está colocado en la estructura de soporte (4) o forma parte de ella. La disposición de amortiguación (1) propiamente dicha está a su vez fijada al dispositivo de transporte (2).

45 La disposición de amortiguación (1) comprende esencialmente al menos un primer elemento (1.1) rotatorio que se desplaza con respecto a un segundo elemento (1.2) estacionario, estando dispuestos elementos amortiguadores (1.3) entre estos elementos.

50 Estos elementos amortiguadores (1.3) son preferiblemente disposiciones o elementos amortiguadores por corrientes parásitas (1.4), pero también pueden ser de otro tipo de acuerdo con la invención, como disposiciones de amortiguación por fricción (1.5) o disposiciones de amortiguación por fluido (1.6), o también disposiciones de amortiguación con elementos magnéticos (1.7) convencionales, como se conocen todos ellos *per se* en el estado de la técnica. Ejemplos de ello son los generadores eléctricos, que convierten la potencia perdida en energía eléctrica para quemarla en resistencias, reutilizarla directamente o almacenarla para su posterior reutilización, por ejemplo, en baterías.

55 En una primera forma de realización de la invención, el dispositivo de transporte (2), que está colocado sobre la estructura de soporte (4), está conectado a la masa oscilante (7) a través de un elemento de unión (3) (Fig. 1 - 3)

60 En una segunda forma de realización de la invención, el dispositivo de transporte (2) también puede estar conectado a la estructura (9) que se ha de amortiguar, por ejemplo, la pared de la torre de un aerogenerador, a través del elemento de unión (3). En este caso, la masa oscilante (7) está conectada a la estructura de soporte (4) del dispositivo de transporte (2) a través de un elemento de unión (6). (Fig. 15)

65 En ambos casos, la energía cinética de la masa oscilante (7) genera un movimiento lineal en vaivén del dispositivo de transporte (2) que actúa en una dirección, por lo que se producen movimientos de rotación de dicha disposición de amortiguación (1) y se generan fuerzas que contrarrestan la masa oscilante (7).

En el caso más sencillo, el elemento de unión (3) es una articulación diseñada apropiadamente para que el dispositivo

de transporte y la masa estén conectados de forma más o menos directa.

5 En una forma de realización preferida, el elemento de unión es un componente independiente que puede moverse alrededor de un eje transversal al movimiento lineal del dispositivo de transporte a través de una o dos articulaciones de pivotado (3.2), y presenta otra conexión articulada (3.3) con la masa oscilante (7) o, dado el caso, con la estructura (9), que está diseñada de tal manera que se garantiza un movimiento espacial relativo. En otra forma de realización, la conexión articulada (3.3) del elemento de unión (3) se sustituye por una unión elástica (15), que permite movimientos de elevación (giro) y cabeceo simultáneamente.

10 De acuerdo con la invención, el dispositivo de transporte (2) puede ser cualquier medio técnico que permita convertir un movimiento lineal en un movimiento de rotación, tal como una correa de rodadura, una cinta de rodadura, una correa dentada, una cremallera, un husillo/tornillo de bolas o una manivela de empuje, así como los correspondientes dispositivos para el transporte, como rodillos, raíles, etc.

15 Todos estos medios tienen en común que, de acuerdo con la invención, transfieren su energía cinética lineal a un elemento (1.1) rotatorio conectado a ellos con un radio libremente seleccionable. Sin embargo, a medida que aumenta el radio del elemento (1.1) rotatorio, puede alcanzarse una velocidad de revolución significativamente mayor que la especificada por la velocidad del movimiento lineal.

20 En una forma de realización preferida de la invención, se utiliza una correa de rodadura (por ejemplo, correa plana, correa trapezoidal) o una cinta de rodadura, en particular una correa dentada (2.1), que se desplaza sobre rodillos de transporte (2.2) o ruedas dentadas. En este sentido, al menos una rueda de transporte sirve también como rueda motriz (2.2.1) para dicho elemento (1.1) rotatorio, que de acuerdo con la invención tiene un radio significativamente mayor que la rueda motriz.

25 En la forma de realización más sencilla, el dispositivo de transporte consiste, por tanto, en una correa dentada, que es guiada sobre dos rodillos de transporte (2.2) opuestos montados en la estructura de soporte y, de este modo, puede moverse en vaivén junto con el elemento de unión (3)(3.1) fijado a ella, que a su vez está unido a través de dicha conexión articulada (3.3.1).

30 Por supuesto, la correa dentada o la correa de rodadura también pueden guiarse sobre más de dos rodillos de transporte. En el caso de una correa dentada, los rodillos de transporte están equipados preferentemente con dientes que permiten el transporte sin deslizamiento del elemento de unión con la masa.

35 En todas las formas de realización de la invención, el elemento (1.1) rotatorio forma parte de la disposición de amortiguación (1) y está conectado directamente al dispositivo de transporte (2). El elemento rotatorio puede ser una rueda, un disco o una corona dentada, por ejemplo. En el amortiguador de corrientes parásitas de acuerdo con la invención, el elemento (1.1) rotatorio está equipado con elementos magnéticos (1.4.2) o elementos conductores (1.4.1).

40 Este tipo de amortiguador se explica con más detalle a continuación.

45 Los elementos conductores están hechos de un material que conduce bien la electricidad, como el aluminio o el cobre o aleaciones apropiadas. Los elementos conductores pueden tener forma de placa, tira, anillo o piezas individuales dispuestas sobre una placa de soporte, una tira de soporte o un anillo de soporte.

50 Los elementos magnéticos están formados por anillos magnéticos o, por razones prácticas, barras magnéticas individuales, que están dispuestas sobre una placa de soporte, una rueda de soporte, una tira de soporte o un anillo de soporte. Los elementos magnéticos adyacentes se sitúan preferiblemente de forma que los polos norte y sur estén enfrentados. También es posible utilizar elementos electromagnéticos, que tienen la ventaja de que la intensidad de campo es regulable e incluso puede desconectarse dado el caso.

55 En una primera forma de realización de la invención, el elemento (1.1) rotatorio es un disco conductor, o placa conductora, o disco de soporte / placa de soporte para elementos conductores, preferiblemente de aluminio. En el caso de una placa de soporte, los elementos conductores pueden estar colocados en la superficie lateral.

60 Sin embargo, también es posible colocar el elemento conductor como una tira cerrada sobre la periferia del elemento (1.1) rotatorio configurado como disco o rueda, es decir, sobre su llanta, en cuyo caso la circunferencia de la rueda o del disco o del elemento (1.1) rotatorio debe ser suficientemente ancha.

En otra forma de realización, el elemento (1.1) rotatorio es un soporte para una disposición de imán formada por elementos magnéticos (1.4.2), preferiblemente en forma de disco o rueda, o corona dentada, estando colocados los elementos magnéticos sobre la superficie del disco o rueda.

65 Sin embargo, también es posible en este caso colocar los elementos magnéticos descritos en la periferia del elemento (1.1) rotatorio, que está diseñado como disco o rueda, es decir, en su llanta.

Por lo tanto, el elemento (1.1) rotatorio desempeña la función de conductor o la función de imán de la disposición de amortiguación por corrientes parásitas. De acuerdo con la invención, un segundo elemento (1.2), pero estacionario, está siempre dispuesto frente a él, estando los dos elementos (1.1)(1.2) separados entre sí por un pequeño espacio esencialmente constante de aproximadamente 1 a 5 mm. El elemento (1.2) estacionario está montado a este respecto en la estructura de soporte (4) o forma parte de ella. El espacio formado por el espacio entre el primer y el segundo elemento en la zona de las partes funcionales (imán/conductor) está completamente libre de fricción, por lo que difiere, por ejemplo, del absorbedor de vibraciones del documento EP 2 696 072, que prevé en este caso una disposición deslizante propia entre las partes de la disposición de corrientes parásitas que se mueven una respecto a la otra.

Por consiguiente, el elemento (1.1) excitado en rotación por el movimiento lineal del dispositivo de transporte (2) se desplaza con respecto al elemento (1.2) estacionario, lo que induce una corriente parásita con un campo magnético que contrarresta el giro y, en última instancia, provoca una amortiguación de la masa oscilante (7) y de la estructura (9).

En una forma de realización de la invención, el primer elemento (1.1) rotatorio está dotado, por tanto, de una función de conductor, como se describe, y en consecuencia el segundo elemento (1.2) estacionario está dotado de una función de imán.

En otra forma de realización, a la inversa, el primer elemento (1.1) rotatorio está dotado de una función de imán y el segundo elemento (1.2) estacionario, de una función de conductor. En otra forma de realización de la invención, los elementos magnéticos están colocados sobre la superficie lateral del disco o rueda (del elemento rotatorio o del estacionario) a un radio determinado respecto al centro de giro, y están dispuestos radial o tangencialmente. Los elementos magnéticos también pueden disponerse a este respecto en varias filas con radios diferentes. Como ya se ha mencionado, el radio determina la velocidad a la que se mueve la disposición de imanes con respecto al elemento conductor y, por tanto, también el efecto amortiguador.

En otra forma de realización de la invención, los elementos magnéticos (1.4.2) están colocados en la periferia o en la llanta del elemento (1.1) rotatorio y el elemento conductor (1.4.1) está colocado sobre el elemento (1.2) estacionario, que está dispuesto en este caso frente al elemento (1.1) rotatorio y lo envuelve.

A la inversa, el elemento conductor (1.4.1) también puede estar colocado en la periferia o llanta del elemento (1.1) rotatorio, o el propio elemento rotatorio puede estar configurado como elemento conductor (por ejemplo, un disco de aluminio), mientras que los elementos magnéticos se disponen sobre el elemento estacionario circundante.

En todos los casos, los elementos magnéticos pueden estar dispuestos radial o tangencialmente con respecto al elemento rotatorio o estacionario. También pueden disponerse en varias filas unas encima o debajo de otras sobre la superficie lateral de un disco de soporte o una rueda de soporte. Además, también pueden disponerse a lo largo de la periferia o sobre la circunferencia en diferente número o con diferentes intensidades de campo, con lo que puede conseguirse un efecto amortiguador mayor o menor en un determinado estado de movimiento de la masa (7) en comparación con el estado de movimiento anterior o posterior.

El efecto de amortiguación de las corrientes parásitas puede potenciarse utilizando elementos ferromagnéticos (1.4.3), por ejemplo un disco de hierro o acero, que pueden ponerse en contacto con el elemento conductor (1.4.1) por el lado opuesto a los elementos magnéticos.

En una forma de realización particular de esta invención se utilizan masas centrífugas (1.4.11) sobre un elemento rotatorio, que presentan elementos conductores (1.4.9) en forma de segmentos circulares y que pueden ponerse en proximidad funcional con los elementos magnéticos (1.4.8) enfrentados en función del número de revoluciones reduciendo o aumentando la anchura del espacio abierto. Esto permite modificar o adaptar el efecto de amortiguación a las condiciones del sistema de oscilación.

También es posible seleccionar los puntos de tope del elemento de unión (3), por ejemplo en el dispositivo de transporte por correa dentada antes mencionado, en función del movimiento de la masa o del péndulo, de tal manera que el efecto de amortiguación en la zona de los puntos de inversión del péndulo sea relativamente alto en comparación con la amortiguación cuando el péndulo pasa por el punto más bajo a la mayor velocidad. En cambio, con una disposición completamente simétrica y marcha libre del movimiento lineal del dispositivo de transporte, la amortiguación es mayor cuando la masa del péndulo pasa por el punto más bajo, ya que es aquí donde la velocidad del péndulo es mayor.

También pueden conseguirse efectos similares en cuanto a inversión o desplazamiento de los efectos de amortiguación si el dispositivo no se coloca horizontalmente, sino verticalmente o en un ángulo entre $>0^\circ$ y $<90^\circ$ con respecto a la horizontal. De este modo, la amortiguación puede adaptarse a las condiciones deseadas del sistema de oscilación.

El elemento (1.1) rotatorio es preferiblemente rotacionalmente simétrico en forma de disco o rueda (con radios) o

corona dentada. Dependiendo del tamaño de la instalación que se haya de amortiguar o del péndulo de masa, tiene un diámetro de entre 300 y 800 mm, en particular de alrededor de 500 mm. El elemento (1.2) estacionario tiene dimensiones similares y también es preferiblemente rotacionalmente simétrico.

5 Por consiguiente, la estructura de soporte (4) con el dispositivo de transporte (2) tiene una longitud de entre 600 mm y 1500 mm, preferiblemente de 800 a 1000 mm. Sin embargo, de acuerdo con la invención, los valores especificados no son limitativos y pueden adoptar tanto valores mayores como menores, conforme a los sistemas de oscilación que se hayan de amortiguar.

10 El dispositivo amortiguador (10) de acuerdo con la invención también puede prever varias disposiciones de amortiguación (1) en el dispositivo de transporte (2), es decir, también varios, en particular de 2 a 4 elementos (1.1) rotativos y correspondientemente también varios elementos (1.2) estacionarios.

15 En el caso de un dispositivo de transporte con correa de rodadura o correa dentada (2.1) guiada sobre dos rodillos, por ejemplo, no solo un rodillo puede actuar como rueda motriz (2.2.1) para un elemento (1.1) rotatorio a través del árbol (5), sino que dos o más rodillos (2.2) del dispositivo de transporte pueden estar conectados en cada caso a un elemento (1.1) rotatorio a través de en cada caso un árbol (5). Esto no solo permite lograr mayores efectos de amortiguación, sino también una distribución simétrica de la carga, lo que repercute en un menor desgaste del dispositivo de transporte y, por tanto, de todo el absorbedor de vibraciones.

20 También es posible que un árbol (5) accionado por una rueda motriz (2.2.1) tenga dos, tres o cuatro elementos (1.1) rotatorios en ambos extremos del árbol (5).

25 En el caso de un único dispositivo de correa o cinta (2.1)(2.2) en el dispositivo de transporte, pueden utilizarse hasta cuatro disposiciones de amortiguación (1).

30 En otra forma de realización de la invención, entre la rueda motriz (2.1.1) o un componente que actúe funcionalmente de manera similar y el elemento (1.1) rotatorio, ambos conectados a través del árbol (5), puede instalarse un engranaje con una relación de transmisión que permita efectuar más de una revolución del elemento (1.1) rotatorio por revolución de la rueda motriz. Esto puede aumentar aún más la velocidad de revolución del elemento (1.1) rotatorio y aumentar así el efecto amortiguador causado por la corriente parásita.

35 Si se utiliza una correa dentada o una cinta/correa de rodadura con rodillos de transporte, el guiado del elemento de unión (3) o de su fijación (3.1) sobre la correa puede estar en gran medida libre de carga. Por lo tanto, en la forma de realización más sencilla de la invención, no se requiere necesariamente un elemento de apoyo o de guiado. No obstante, es ventajoso y a menudo necesario proporcionar dicho elemento de apoyo y de guiado en forma de dispositivo de rodadura o de deslizamiento (2.3) al menos en la zona de fijación (3.1) del elemento de unión (3). Por ejemplo, puede utilizarse un carro (2.3.1) en el que pueda apoyarse la correa y que pueda desplazarse sobre raíles (2.3.2), o una cinta de rodadura sobre rodillos (2.3.3), o alternativamente también un dispositivo deslizante (2.3.4).

40 Como se ha descrito anteriormente, las disposiciones de absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención presentan preferiblemente un dispositivo de corrientes parásitas como elemento amortiguador propiamente dicho, que se aloja entre el primer elemento (1.1) rotatorio y el segundo elemento (1.2) estacionario.

45 Sin embargo, también son objeto de la invención absorbedores de vibraciones que funcionan con otro tipo de amortiguación, pero que, por lo demás, están contruidos exactamente de la misma manera. Elementos de fricción de todo tipo, incluidos materiales sólidos o líquidos, pueden servir como medios de amortiguación. Materiales y dispositivos apropiados son conocidos en el estado de la técnica. Como elemento de fricción pueden servir, por ejemplo, pastillas de freno rotatorias sobre el elemento (1.1) rotatorio, que se presionan en función de la rotación
50 debido a masas centrífugas reajustables.

También es posible diseñar el disco de rotación como un freno de disco. También se pueden colocar uno o varios discos de freno adicionales. Este freno adicional puede utilizarse para absorber los picos de carga. El disco conductor rotatorio también puede usarse simultáneamente como freno de disco, que se emplea como freno de sobrecarga.

55 También pueden utilizarse fluidos de viscosidad variable como elementos de fricción (amortiguador por fluido). Por último, también pueden utilizarse amortiguadores magnéticos convencionales en absorbedores de vibraciones.

Lista de referencias

- 1** Disposición de amortiguación
 - 1.1 (primer) elemento rotatorio
 - 1.1.1 ventilador, aspa de ventilador / refrigerador
 - 1.2 (segundo) elemento estacionario
 - 1.3 disposición de amortiguación (general)
 - 1.4 disposición de amortiguación/(elementos) de amortiguación por corrientes parásitas
 - 1.4.1 elemento conductor / placa conductora
 - 1.4.1.1 elemento conductor sobre soporte
 - 1.4.2 elemento magnético
 - 1.4.2.1 elementos magnéticos sobre soporte
 - 1.4.3 elemento ferromagnético
 - 1.4.4 primer disco magnético
 - 1.4.5 segundo disco magnético
 - 1.4.6 disco conductor
 - 1.4.7 soporte para imanes (amortiguador centrífugo)
 - 1.4.8 elementos magnéticos (amortiguador centrífugo)
 - 1.4.9 elemento conductor (amortiguador centrífugo)
 - 1.4.10 espacio
 - 1.4.11 masas centrífugas
 - 1.4.12 árbol con placa de soporte
 - 1.4.13 resorte de retracción con articulaciones
 - 1.5 elementos amortiguadores - amortiguación por fricción
 - 1.5.1 placa rotatoria con árbol
 - 1.5.2 elemento estacionario - tambor de freno
 - 1.5.3 masas centrífugas
 - 1.5.4 resorte de recuperación con articulaciones
 - 1.5.6 forro de freno
 - 1.6 disposición de amortiguación por fluido
 - 1.7 disposición de amortiguación magnética (convencional)
- 2** Dispositivo de transporte
 - 2.1 correa de rodadura, cinta de rodadura, correa dentada
 - 2.2 rodillos/ruedas de transporte / ruedas dentadas
 - 2.2.1 rueda motriz para elemento 1.1 rotatorio
 - 2.3 dispositivo de rodadura/deslizamiento
 - 2.3.1 carro
 - 2.3.2 raíl de rodadura
 - 2.3.3 vía de rodadura
 - 2.3.4 pieza deslizante / disposición deslizante
 - 2.4 cremallera
 - 2.5 husillo/tornillo de bolas
- 3** Elemento de unión
 - 3.1 fijación/sujeción para 2.1, 2.4, 2.5
 - 3.2 conexión articulada con el dispositivo de transporte
 - 3.2.1 articulación de pivotado/basculante
 - 3.3 conexión articulada con la masa oscilante 5
 - 3.3.1 articulación giratoria o esférica
- 4** Estructura de soporte
- 5** Árbol común para rueda motriz 2.2.1 y elemento 1.1 rotatorio
 - 5.1 Rodamiento para árbol
- 6** Conexión articulada entre la estructura de soporte (4) y la estructura que se ha de amortiguar
- 7** Masa oscilante (durante el funcionamiento)
- 8** Suspensión de masa
 - 8.1 varilla de péndulo / cuerda de péndulo
- 9** Estructura que se ha de amortiguar (torre, construcción)
- 10** Dispositivo amortiguador que comprende (1), (2) (3) y (4)
- 11** Edificación
- 12** Disco tándem
 - 12.1. disco conductor exterior (1.4.6)
 - 12.2. disco conductor interior
 - 12.3 conexión rotatoria de los discos conductores
 - 12.4 disco magnético con imanes en ambos lados
- 13** Pasador de bloqueo
 - 13.1 cierre de seguridad para pasador de bloqueo
- 14** Resortes para ajuste de frecuencia

- 14.1 resorte para unión al dispositivo de transporte (2)
- 14.2 resorte para unión a la estructura de soporte (4)
- 14.3 orificio oblongo para el desplazamiento del resorte
- 15 Unidad de giro y cabeceo
 - 15.1 elemento de elastómero para el movimiento de elevación
 - 15.2 elemento de elastómero para el movimiento de cabeceo
 - 15.3 elemento de fijación de la unidad de amortiguación
 - 15.4 fijación de 15.2
 - 15.5 dirección del movimiento de elevación
 - 15.6 dirección del movimiento de cabeceo
- 17 Dispositivo de ajuste de la amortiguación en función del recorrido
 - 17.1 dispositivo de ajuste
 - 17.2 resorte de elemento de retención
 - 17.3 levas de ajuste
 - 17.4 levas de ajuste en el dispositivo de ajuste
 - 17.5 elemento de resorte de retorno
 - 17.6 forro de freno
 - 17.7 forro de fricción - freno (opcional)
 - 17.8 bloqueo de giro
 - 17.9 zona rotatoria y axialmente fija
 - 17.10 zona no giratoria y axialmente desplazable
 - 17.11 distancia disco conductor magnético
 - 17.12 distancia disco de freno
 - 17.13 casquillo deslizante
 - 17.14 rodillos de rodadura (no representados)
- 18 Freno de disco adicional
 - 18.1 pinza de freno
 - 18.2 sujeción pinzas de freno
- 19 Dispositivo de compensación de temperatura
 - 19.1 actuador del termostato
 - 19.2 aislamiento
 - 19.3 conexión para transferencia de presión
 - 19.4 limitación de movimiento
- 20 Dispositivo de compensación de temperatura
 - 20.1 placa de apoyo del resorte
 - 20.2 resorte de compresión
 - 20.3 receptáculo
 - 20.4 soporte del actuador
 - 20.5 distanciadores
 - 20.6 tope en estado frío
 - 20.7 espacio abierto en estado frío
 - 20.8 espacio abierto en estado caliente
 - 20.9 actuador
 - 20.10 componentes rotatorios
 - 20.11 componentes estacionarios
 - 20.12 tope en estado caliente

A continuación se describen en detalle las formas de realización representadas en las figuras.

5 La Fig. 1 muestra una vista en perspectiva de un dispositivo amortiguador (10) de acuerdo con la invención, que puede utilizarse en un absorbedor de vibraciones con péndulo y masa pendular. Un dispositivo de transporte (2) está montado sobre una estructura de soporte (4). La estructura de soporte presenta un elemento de conexión con articulación (6) para conectar la estructura de soporte a la estructura (9) vibratoria y que ha de amortiguarse, o viceversa. El dispositivo de transporte (2) consta de dos rodillos montados sobre cojinetes en los extremos izquierdo y derecho del dispositivo. Los dos rodillos están conectados entre sí mediante una cita / correa de rodadura (2.1). El rodillo (derecho) está montado sobre un árbol (5) y acciona este durante su movimiento de rodadura y, por lo tanto, también la disposición de amortiguación (1) propiamente dicha, en forma de disco, que está encajada sobre el árbol y, en este caso específico, presenta elementos de una disposición de amortiguación por corrientes parásitas (1.4). En concreto, se trata de: un disco conductor (1.4.1), que puede rotar y se corresponde con el primer elemento (1.1) rotatorio, un disco magnético (1.4.2), que suele ser un disco de soporte sobre el que están colocados imanes permanentes o electroimanes en uno o ambos lados, y que está separado del disco conductor por un estrecho espacio entre ellos (no mostrado) sin contacto, así como, en una forma de realización preferida, un disco ferromagnético (1.4.3), que está colocado en el otro lado del disco conductor.

20 El disco conductor (1.4.1) y el disco ferromagnético (1.4.3) rotan sobre el árbol (5), mientras que todos los demás elementos de la disposición de amortiguación están fijos y conectados en última instancia a la estructura de soporte

(4).

5 El disco conductor (1.4.1) sobre el árbol (5) es accionado por el rodillo (2.2.1) y la correa de rodadura (2.1). Esta última está conectada al elemento de unión (3) a través del elemento de fijación o sujeción (3.1). Los dos extremos de la cinta de rodadura o de la correa suelen juntarse en esta posición, a no ser que se utilice una correa sin fin. El elemento de unión (3) está configurado en forma de columpio o silla, con articulaciones de pivotado (3.2) opuestas con un eje imaginario a la altura de la correa/cinta. En el centro de la base del columpio hay otra articulación (3.3) que puede funcionar en todas las direcciones.

10 La masa oscilante (7) del péndulo (8) o bien la estructura (9) que se ha de amortiguar pueden fijarse (no mostrado) a esta articulación esférica directamente o mediante cardán.

15 En general, el punto de unión (3) puede fijarse tanto a la masa pendular (7) como a la estructura (9) que ha de estabilizarse. Si se fija (3) a (7), la estructura (9) se fija al punto de unión (6). Si, en cambio, la estructura (6) se fija al punto de unión (3), la masa (7) se fija al punto de unión (6).

20 Encima del elemento de fijación (3.1) hay un dispositivo de rodadura (2.3). Este dispositivo de rodadura comprende un carro (2.3.1) sobre el que puede apoyarse la correa/cinta (2.1). Sus rodillos se desplazan sobre un carril de rodadura (2.3.2) colocado encima. El carro, que suele ir sobre raíles, también puede sustituirse por varios rodillos de apoyo o por un dispositivo deslizante o una cinta transportadora. El movimiento lineal en vaivén del elemento de unión (provocado por la masa oscilante del péndulo) mueve, por tanto, la correa de rodadura y, con ello, la rueda motriz (2.2.1) y, por tanto, también el elemento conductor (1.4.1) rotatorio, lo que provoca la amortiguación en la disposición (1.4).

25 La Fig. 2: muestra una vista lateral del dispositivo amortiguador de acuerdo con la invención de la Fig. 1. En este caso, la cinta de rodadura es una correa dentada (2.1), los rodillos (2.2)(2.2.1) son ruedas dentadas o ruedas con revolución dentada.

30 La Fig. 3: muestra otra vista en perspectiva del dispositivo de acuerdo con la invención de acuerdo con la Fig. 1

35 La Fig. 4: muestra una sección en perspectiva a través de la disposición de amortiguación (1)(1.4) de un amortiguador por corrientes parásitas de acuerdo con la invención. El elemento (1.1) rotatorio es a su vez una placa conductora (1.4.1), que está conectada al árbol (5). El árbol (5) está montado de manera correspondiente (5.1). El elemento (1.2) estacionario es una placa de soporte (1.4.2) para elementos magnéticos (1.4.2.1). Se aprecia un espacio abierto entre los dos elementos de placa. El rodillo impulsor (2.2.1), accionado por el movimiento de la correa (2.1), hace rotar el disco conductor. El disco conductor también está en contacto con un elemento ferromagnético (1.4.3) en forma de anillo, que está colocado en el lado exterior del disco conductor.

40 La Fig. 5: muestra un dispositivo amortiguador por corrientes parásitas en el que los elementos conductores y magnéticos están colocados en la periferia o por encima de la circunferencia de una rueda o un disco. La rueda / el disco asume en este sentido la función del elemento (1.1) rotatorio y presenta además elementos de ventilación o refrigeración (en este caso como rueda de paletas) (1.1.1). Una tira de aluminio está fijada en este caso a la periferia de la rueda como elemento conductor (1.4.1). Entre el elemento conductor y la llanta está colocada una tira de hierro o acero como amplificador de la amortiguación. Un disco estacionario, fijado al dispositivo de transporte o al dispositivo de soporte, sirve de disco de soporte (1.4.2) para los imanes (1.4.2.1), estando los imanes también fijados a la periferia de este disco. El disco estacionario con los imanes tiene un diámetro correspondientemente mayor que el disco rotatorio con el elemento conductor, y está dispuesto de modo que su circunferencia está por encima de la circunferencia del elemento conductor. Los elementos magnéticos se sitúan entonces en el lado interior de la circunferencia exterior, mientras que el elemento conductor con el elemento ferromagnético se dispone en el lado exterior de la circunferencia interior. Sin embargo, también es posible una disposición inversa, en la que las piezas estacionarias estén dispuestas en el interior y el elemento conductor rotatorio en el exterior.

50 La Fig. 6: muestra posibles disposiciones de los elementos magnéticos 1.4.2.1 sobre el elemento de soporte 1.4.2. (a) en este caso están dispuestas dos filas de elementos magnéticos en el borde exterior del disco de soporte en alineación radial con respecto a los polos, con el polo norte y el polo sur preferiblemente uno frente a otro. (b) en este caso están dispuestas dos filas de elementos magnéticos, cada una con una orientación tangencial (también preferiblemente orientación norte-sur)

60 La Fig. 7: muestra un absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención con péndulo (8) y masa (7) en una torre (9), en donde la masa está conectada a tres dispositivos amortiguadores (10), como se ha descrito anteriormente, a través del elemento de unión o su conexión articulada (3.2) para abarcar todos los planos de oscilación del péndulo de la forma más óptima posible. Los dispositivos amortiguadores también están conectados a la estructura de la torre (9) a través de conexiones articuladas (6).

65 La Fig. 8: muestra un absorbedor para la construcción equipado con los dispositivos amortiguadores (10) de acuerdo con la invención. El absorbedor para la construcción consiste en un anillo de soporte que se coloca sobre el respectivo

segmento de la torre. El anillo de soporte tiene tres brazos con suspensiones pendulares (8) en los que se suspenden las masas oscilantes (7). En esta forma de realización, las masas oscilantes (7) están distribuidas alrededor del segmento de la torre. Un dispositivo amortiguador (10), tal como se ha descrito, se fija a cada uno de los tres brazos a través de la conexión articulada (6). Los dispositivos amortiguadores están a su vez conectados a los elementos de masa (7) a través de las conexiones articuladas (3.3).

La Fig. 9: muestra un amortiguador por fricción de acuerdo con la invención. Tres masas centrífugas (1.5.3) con resortes de recuperación y articulaciones (1.5.4) están colocadas sobre un disco (1.5.1) rotatorio sobre un árbol. Las masas centrífugas presentan segmentos circulares dispuestos de tal manera que forman un disco con breves interrupciones. Los segmentos circulares están provistos de un forro de freno o forro de fricción en su borde exterior.

El disco (1.5.1) rotatorio con las masas centrífugas así concebidas se desplaza con respecto a un disco (1.5.2) estacionario diseñado como tambor de freno. Con números de revoluciones superiores, los segmentos del forro de freno se presionan contra el tambor de freno, inhibiendo así la rotación.

La Fig. 10: muestra un amortiguador centrífugo por corrientes parásitas de acuerdo con la invención. En principio, se trata de una combinación de las formas de realización de la Fig. 5 y la Fig. 9. A partir de la Fig. 10, los elementos conductores (1.4.9) sustituyen a los segmentos de forro de freno (1.5.6). Un anillo con elementos magnéticos (1.4.8) sustituye al tambor de freno (1.5.2), formando el anillo magnético parte del elemento (1.2) estacionario (Fig. 6). De este modo, las masas centrífugas (1.4.11) pueden desplazar los segmentos circulares de los elementos conductores hacia fuera o hacia dentro en función del número de revoluciones, lo que permite variar la anchura del espacio entre los elementos conductores y los elementos magnéticos y, con ello, el efecto amortiguador.

La Fig. 11: muestra un dispositivo amortiguador con dos disposiciones de amortiguación (1) enfrentadas formadas por elementos amortiguadores por corrientes parásitas (1.4), que están fijados al mismo rodillo de transporte (2.2). A diferencia de la forma de realización de la Fig. 1, cada una de estas disposiciones de amortiguación (1) comprende un disco tándem de corrientes parásitas, formado por un disco conductor (12.1, correspondiente a 1.4.6) exterior, un disco conductor (12.2) interior y un disco (12.4) dispuesto entre ellos, que está equipado con imanes en ambos lados. Los discos conductores exterior e interior se conectan entre sí mediante elementos de conexión (12.3).

En una forma de realización modificada de la invención, el disco central no está equipado con imanes en ambos lados, sino que tiene aberturas en las que los imanes están incrustados, de modo que son eficaces hacia ambos lados. Esto significa que el número de imanes puede reducirse a la mitad.

La Fig. 12: muestra diferentes perspectivas de un amortiguador de acuerdo con la invención, que prevé un dispositivo de bloqueo para el dispositivo de transporte (2) desplazable.

Los absorbedores deben inmovilizarse con fines de mantenimiento. Para ello se suelen utilizar elementos de fijación adicionales con los que se atornilla firmemente la masa del absorbedor a la estructura que se desea estabilizar. El mecanismo de bloqueo descrito en este caso permite conectar firmemente la estructura de soporte (4) al dispositivo de transporte (2).

Para ello se utiliza un perno (13) que se inserta y asegura a un orificio que atraviesa los componentes (2) y (4). La correa de rodadura o la cinta de rodadura no se carga con este bloqueo de transporte, de modo que se obtiene una conexión a prueba de fallos que permite un entorno de trabajo seguro incluso en caso de cargas más elevadas.

La Fig. 13: muestra diferentes perspectivas de una disposición de absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención, que presenta dispositivos con los que se puede ajustar la frecuencia del absorbedor o del sistema de oscilación. Esto es necesario para que un aerogenerador, por ejemplo, compense posibles tolerancias debidas a diferentes cimientos, diferentes cimentaciones, diferentes rigideces de la torre y diferentes masas. Incluso a altas frecuencias, por ejemplo en relación con la segunda frecuencia natural de la torre del orden del hercio, se requieren varillas de péndulo con longitudes inferiores a 200 mm. Esto es geoméricamente imposible o muy difícil de conseguir. Sobre todo, es necesario que las varillas de péndulo sean al menos tan grandes como la amplitud de oscilación requerida, por lo que las varillas deben ser más largas que la longitud requerida para la frecuencia ya solo por esta razón. De acuerdo con la invención, este problema puede resolverse utilizando uno o más resortes adicionales (14). Los resortes adicionales requieren puntos de conexión adicionales (interfaces) entre la masa oscilante y la masa que se ha de estabilizar. Los elementos de resorte (14) se colocan entre el dispositivo de transporte (2) y el elemento (1.2) estacionario de la disposición de amortiguación (1), por lo que estos quedan tensionados entre sí. A este respecto quedan ventajosamente tensionados de tal manera que el resorte descargado no se afloja con toda la amplitud.

Por lo tanto, se requiere un gran recorrido dinámico del resorte. Por tanto, para amplitudes grandes poco frecuentes, está previsto que el resorte de descarga (14) pueda aflojarse. Para evitar que el resorte descargado se atasque (se tuerza, se comprima) en caso de un recorrido aún mayor, se prevé una fijación de resorte (14.2) que está diseñada para poder desviarse en un orificio oblongo (14.3).

Es posible colocar más o menos resortes para un ajuste preciso de la frecuencia. Además, pueden utilizarse resortes de distinta rigidez.

5 En la Fig. 13 se muestra la realización con 2×4 resortes ocultos. Los resortes mostrados son resortes de tracción de acero estándar, preferiblemente de acero inoxidable.

10 La Fig. 14: muestra varias perspectivas de una disposición de absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención, que presenta una articulación de elastómero en la zona del elemento de unión (3) para poder realizar el movimiento de elevación (giro) y cabeceo de la unidad de amortiguación (1).

En el pasado, para este tipo de requisitos se solían utilizar cojinetes lisos o de rodillos. Los cojinetes lisos están sujetos a un cierto desgaste, que hace que las articulaciones traqueteen, y los cojinetes de rodillos suelen requerir mantenimiento (lubricación).

15 El cojinete (15) mostrado en este caso está formado por dos casquillos de elastómero estructuralmente integrados, destinados a los movimientos de giro (elevación) y cabeceo. El elemento (15.1) permite el movimiento de elevación (15.5) del dispositivo absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención, mientras que el elemento (15.2) es responsable del movimiento de cabeceo (15.6).

20 En la representación se muestran en cada caso casquillos de una sola capa. Para fuerzas mayores y ángulos más grandes, se requieren de varias capas (preferiblemente dos capas de elastómero). Debido a la elasticidad de tales casquillos en todas las direcciones, 15.1 también asume una pequeña proporción del movimiento de cabeceo 15.6. Al mismo tiempo, 15.2 también asume una pequeña proporción del movimiento de elevación 15.5.

25 La Fig. 15: muestra un absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención con un dispositivo amortiguador (10) vertical o no horizontal dentro de una torre de un aerogenerador. Una ventaja de un dispositivo amortiguador de este tipo en la torre, vertical o dispuesto en un ángulo de entre 0 y 90° (respecto al plano horizontal de la torre), es que la amortiguación es baja en el paso por cero del péndulo, mientras que se genera una fuerte amortiguación a grandes amplitudes. Esto también ahorra espacio. La desventaja de las pequeñas amplitudes o los pequeños movimientos en el paso por cero puede compensarse utilizando elementos amortiguadores 1 más grandes con discos más grandes y, dado el caso, más imanes en el caso de la amortiguación por corrientes parásitas.

30 La Fig. 16: muestra un absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención con una disposición de amortiguación por corrientes parásitas (1.4), en la que la amortiguación conseguida aumenta a medida que aumenta la excursión de la masa oscilante (7) y, por tanto, del dispositivo de transporte (2), y viceversa, disminuye a medida que disminuye la excursión. Para ello, el absorbedor de vibraciones está equipado con un dispositivo de ajuste (17) que aumenta o disminuye el espacio abierto entre la placa conductora y el disco magnético en función de la dirección del movimiento.

35 Por tanto, el dispositivo de ajuste (17) permite reducir y aumentar la amortiguación en cualquier punto en función del recorrido del dispositivo de transporte (2).

40 Básicamente, el sistema está diseñado para que el espacio abierto entre los imanes y el disco conductor pueda variar en función del recorrido de oscilación. A este respecto, el espacio abierto entre los imanes y el disco conductor varía entre 15 mm y 1 mm. Esto significa que la constante de amortiguación puede ajustarse en un factor de alrededor de 45 10. En particular, el espacio abierto se regula entre 10 mm y 2 mm, lo que modifica la constante de amortiguación en un factor de alrededor de cinco. El dispositivo de ajuste (17)(17.1) está firmemente conectado al dispositivo de transporte (2). Esta se desplaza con una amplitud creciente contra las levas de ajuste (17.3) y desplaza así el segundo elemento (1.2) estacionario con los imanes (1.4.2) de la disposición de amortiguación (1) más o menos cerca del disco conductor (1.4.1). Las levas de ajuste preestablecidas en el dispositivo de ajuste (17.4) especifican la distancia deseada en función del recorrido. Con un espacio abierto aún menor, es posible colocar adicionalmente un disco de freno (17.6) (17.7), que puede aumentar aún más la amortiguación. La distancia del disco de freno entre la pieza rotatoria y la pieza rotatoria se selecciona a este respecto de modo que los imanes permanezcan libres cuando el disco de freno entre en contacto, lo que garantiza que el espacio abierto entre la placa conductora y la placa magnética siga siendo siempre superior a cero.

50 Por regla general, las levas de ajuste en el dispositivo de ajuste (17.4) están diseñadas de tal manera que la amortiguación aumenta a medida que aumenta la amplitud o a medida que aumenta la excursión de la masa oscilante (7). Los frenos de disco (17.6) y (17.7) pueden activarse hacia el final del recorrido de pivotado. Sin embargo, diseñando de forma diferente las levas ajustadas (17.4) también es posible implementar una gran amortiguación y, 55 dado el caso, un frenado adicional en cualquier posición, que se reduce de nuevo a medida que aumenta la amplitud. Esto significa que se cumplen todos los requisitos previos para diseñar una amortiguación adaptativa.

60 Preferiblemente, con este sistema se accionan simultáneamente dos discos giratorios. Esto tiene la ventaja de que las fuerzas transversales generadas por el dispositivo de ajuste se anulan al presionar las levas de ajuste (17.3). Si solo se utiliza una disposición de amortiguación (1), se requiere un montaje estable del dispositivo de transporte (2). El elemento de resorte de retorno (17.5) sirve para contrarrestar la fuerza introducida por las levas de ajuste (17.3). El 65

- elemento de resorte de retorno ejerce una fuerza que contrarresta la fuerza que actúa sobre las levas. Con este resorte, la "zona no rotatoria y desplazable axialmente (17.10) queda permanentemente presionada contra la estructura de soporte (4). Al engranar, las levas (17.10) se desplaza en dirección al disco conductor. Para que (17.10) no gire junto con el disco conductor, está previsto un bloqueo de giro (17.8). Puede tratarse, por ejemplo, de una conexión hexagonal entre los elementos (17.10) y el elemento de retención de resorte (17.2). El elemento de retención de resorte está firmemente conectado a la estructura de soporte (4). Del mismo modo, también puede utilizarse una conexión axialmente desplazable entre la estructura de soporte (4) y (17.10).
- 5
- El ajuste mediante las levas (17.3) se realiza por fricción.
- 10
- En otra forma de realización de la invención, se utilizan rodillos en lugar de levas. En este caso son idóneos, por ejemplo, los cojinetes de rodillos de alta resistencia según el estado de la técnica.
- 15
- La Fig. 17 muestra el uso de un freno de disco adicional, en donde la pinza de freno (18.1) se acopla a la fijación de pinza de freno (18.2) en el diámetro exterior del disco conductor rotatorio. Preferiblemente, el diámetro exterior del disco conductor en el que se acopla la pinza de freno está hecho de un material más resistente, como el acero. Si el freno solo se utiliza para cargas extremas poco frecuentes, también podría utilizarse el material del disco conductor, aluminio o cobre, lo que supondría una forma de realización más sencilla.
- 20
- La Fig. 18 muestra un absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención con dos disposiciones de amortiguación por corrientes parásitas (1.4) enfrentadas con compensación de temperatura incorporada. Como la potencia de los imanes disminuye a medida que aumenta la temperatura, tiene sentido instalar una compensación de temperatura. Esta se coloca entre las placas de soporte magnéticas. El actuador del termostato (19.1) se dilata a una temperatura de 50 °C, por ejemplo, y separa las placas de soporte magnéticas (elementos magnéticos 1.4.2) contra la fuerza de los resortes (17.5) hasta que entran chocan con el tope (19.4). El actuador es un elemento según el estado de la técnica, que utiliza la variación de volumen cuando un elemento (por ejemplo, cera) cambia de fase para efectuar un movimiento en función de la temperatura. Esto acerca los imanes al disco conductor. A su vez, esto hace que el espacio abierto (17.11) se reduzca, con lo que aumenta la función de corrientes parásitas y se compensa la caída de potencia causada por la alta temperatura. A temperaturas más frías, los actuadores del termostato se contraen de nuevo y los elementos magnéticos (1.4.2) se apoyan contra la superficie de contacto interior (19.5). El movimiento se produce a través de los elementos deslizantes (19.6)
- 25
- 30
- Las Fig. 19 / 20 muestran otra variante para la compensación de temperatura, que se describe a continuación para la zona rotatoria. En comparación con la disposición descrita en la Fig. 19, esta tiene la ventaja de que el actuador experimenta mejor la temperatura del disco conductor más caliente y, por lo tanto, es posible un control más preciso.
- 35
- Las Fig. 19 y Fig. 20 muestran los elementos rotatorio y estacionario separados del amortiguador rotativo completo. La Fig. 19 muestra el elemento en estado frío y la Fig. 20 en estado caliente, compensado.
- 40
- En este diseño, el disco conductor rotatorio se presiona contra la fuerza de los imanes (20.2) en dirección al disco magnético a una temperatura más alta (por ejemplo, 60 °C) por medio de varios actuadores (19.1) colocados en la periferia. Hasta que se apoya contra el tope en estado caliente (20.12).
- 45
- Al "enfriarse", por ejemplo a temperaturas inferiores a 60°, el disco conductor es empujado lejos del disco magnético por la fuerza de los resortes (20.2) hasta que se apoya contra el tope en estado frío (20.6). De este modo se atenúa la amortiguación incrementada a causa de las bajas temperaturas.

REIVINDICACIONES

1. Disposición de absorbedor de vibraciones adecuada para amortiguar vibraciones que se producen en aerogeneradores, instalaciones o edificios altos, o mientras se erigen los mismos, que comprende al menos una masa oscilante (7) de una suspensión de masa (8), así como un dispositivo amortiguador (10) que está conectado por un lado a la masa oscilante (7) y por otro lado a la estructura (9) que se ha de amortiguar de la instalación o edificio-, comprendiendo esencialmente el dispositivo amortiguador (10)

(i) una estructura de soporte (4),
 (ii) un dispositivo de transporte (2) que

- se aloja sobre o en la estructura de soporte (4),
 - está conectado a la masa oscilante (7),
 - puede moverse linealmente en vaivén en una dirección entre puntos de tope terminales cuando sobre él incide la masa (7), y
 - es capaz de convertir el movimiento lineal en un movimiento de rotación,

(iii) un elemento de unión (3) articulado que, por un lado, está fijado al dispositivo de transporte (2) y, por otro lado, está conectado a la masa oscilante (7) o a la estructura (9) que se ha de amortiguar, así como un elemento de unión (6) articulado que, por un lado, está conectado a la estructura de soporte (4) y, por otro lado, siempre que la masa oscilante (7) esté conectada al elemento de unión (3), está conectado a la estructura (9) que se ha de amortiguar, o bien está conectado a la masa oscilante (7) siempre que la estructura (9) que se ha de amortiguar esté conectada al elemento de unión (3), de modo que en caso de movimiento relativo de la masa (7) con respecto a la estructura (9) que se ha de amortiguar tiene lugar dicho movimiento lineal en vaivén del dispositivo de transporte (2) entre los puntos de tope,

caracterizada por que

el dispositivo amortiguador (10) comprende además:

(iv) al menos una disposición de amortiguación por corrientes parásitas (1.4) responsable de la amortiguación propiamente dicha, que está en conexión funcional con el dispositivo de transporte (2) y esencialmente presenta

(a) al menos un primer elemento (1.1) que rota durante el funcionamiento, que está diseñado como disco, rueda o corona dentada y está equipado con elementos magnéticos (1.4.2) o elementos conductores (1.4.1) de la disposición de amortiguación por corrientes parásitas, así como
 (b) al menos un segundo elemento (1.2) estacionario, dispuesto frente al primer elemento y conectado a la estructura de soporte (4), que es un disco, una rueda, una corona dentada o un anillo, o una parte del mismo, diseñado de forma correspondiente al elemento (1.1) rotatorio y situado frente al mismo,

en donde ambos elementos (1.1) (1.2) están dispuestos paralelos entre sí manteniendo un espacio sustancialmente constante, y la amortiguación de la masa oscilante (7) y de la estructura (9) es provocada por el movimiento relativo de rotación del primer elemento (1.1), accionado por un correspondiente movimiento lineal del dispositivo de transporte (2), con respecto al segundo elemento (1.2), por lo que se induce una corriente parásita con un campo magnético que contrarresta la rotación.

2. Disposición de absorbedor de vibraciones según la reivindicación 1, en la que la disposición de amortiguación por corrientes parásitas (1.4) está diseñada de tal manera que el elemento (1.1) que rota durante el funcionamiento presenta elementos conductores (1.4.1) o es en sí mismo un elemento conductor, y el elemento (1.2) estacionario presenta elementos magnéticos (1.4.2) o es en sí mismo un elemento magnético, estando situados los elementos magnéticos (1.4.2) en la superficie lateral del segundo disco frente al primer disco.

3. Disposición de absorbedor de vibraciones según la reivindicación 1, en la que la disposición de amortiguación por corrientes parásitas (1.4) está diseñada de tal manera que el elemento (1.1) que rota durante el funcionamiento es un elemento magnético o presenta elementos magnéticos (1.4.2), y el elemento (1.2) estacionario presenta elementos conductores (1.4.1) o es él mismo un elemento conductor (1.4.1), estando situados los elementos magnéticos (1.4.2) en la superficie lateral del primer disco frente al segundo disco.

4. Disposición de absorbedor de vibraciones según la reivindicación 1, en la que la disposición de amortiguación por corrientes parásitas (1.4) está diseñada de tal manera que el elemento (1.1) que rota durante funcionamiento es una rueda, una corona dentada o una pieza de disco que presenta en su periferia un elemento conductor (1.4.1) de contorno anular, y el elemento (1.2) estacionario presenta un elemento magnético (1.4.2) que se extiende y es empujado sobre el elemento (1.1) rotatorio o tiene un elemento de contorno anular correspondiente como soporte (1.4.2.1), en cuya superficie de contorno anular interior están dispuestos elementos magnéticos.

5. Disposición de absorbedor de vibraciones según la reivindicación 1, en el que la disposición de amortiguación por corrientes parásitas (1.4) está diseñada de tal manera que el elemento (1.1) que rota durante el funcionamiento es una rueda, una corona dentada o una pieza de disco que presenta en su periferia un anillo magnético o elementos

magnéticos (1.4.2) sobre un soporte (1.4.2.1) de contorno anular, y el elemento (1.2) estacionario es un elemento conductor (1.4.1) de contorno anular que se extiende y es empujado sobre el elemento (1.1) rotatorio.

- 5 6. Disposición de absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el dispositivo de transporte (2) presenta un dispositivo de rodadura o deslizamiento (2.3) contra el que se apoya el elemento de unión (3) durante el movimiento lineal en vaivén durante el funcionamiento, o es guiado por aquél y el dispositivo de rodadura o deslizamiento (2.3) comprende un dispositivo de rodillos de apoyo o un dispositivo de carro (2.3.1) que puede desplazarse sobre uno o varios raíles (2.3.2) o una vía (2.3.3) y al que está fijado el elemento de unión (3).
- 10 7. Disposición de absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el elemento de unión (3) presenta al menos una articulación (3.2) en el punto de conexión con el dispositivo de transporte (2) y, por tanto, es pivotable alrededor de un eje imaginario transversal al dispositivo de transporte (2).
- 15 8. Disposición de absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 a 7, en la que el elemento de unión (3) presenta una articulación giratoria o esférica (3.3) y/o una articulación de casquillo de elastómero (15)(15.1)(15.2), que permite movimientos de elevación y cabeceo, en el punto de conexión con la masa oscilante (7) o la estructura (9) que se ha de amortiguar.
- 20 9. Disposición de absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el dispositivo de transporte (2) comprende una correa de rodadura o una cinta de rodadura (2.1), que es guiada de forma circulante por al menos dos rodillos de transporte (2.2) y guía así consigo el dispositivo de rodadura y deslizamiento (2.3), en donde al menos un rodillo de transporte sirve como rueda motriz (2.2.1) para el elemento (1.1) rotatorio.
- 25 10. Disposición de absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 a 9, en la que el dispositivo de transporte (2) presenta puntos de tope ajustables en función del movimiento de la masa (7) o de la suspensión de masa (8).
- 30 11. Disposición de absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 a 10, en la que comprende un dispositivo de bloqueo (13) entre la estructura de soporte (4) y el dispositivo de transporte (2), que impide que el dispositivo de transporte (2) sea desplazado por la masa oscilante (7).
- 35 12. Disposición de absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 a 11, en la que presenta un dispositivo de resorte (14)(14.1)(14.2)(14.3) para el ajuste de la frecuencia, que está colocado de tal manera que el dispositivo de transporte (2) y la disposición de amortiguación (1) quedan tensionados entre sí.
- 40 13. Disposición de absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 a 12, en la que el dispositivo amortiguador (10) presenta al menos un dispositivo de ajuste (17) que puede ser desplazado por el dispositivo de transporte (2) y mediante el cual la amortiguación por la disposición de amortiguación por corrientes parásitas (1.4) puede ajustarse de forma variable en función del recorrido de oscilación de la masa (7) o de la trayectoria lineal del dispositivo de transporte (2) reduciendo o aumentando el espacio abierto (1.4.10) entre el elemento conductor (1.4.1) y el elemento magnético (1.4.2).
- 45 14. Disposición de absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 a 13, en la que el dispositivo amortiguador (10) comprende un dispositivo para la compensación de temperatura (19)(20) mediante la reducción o el aumento del espacio abierto (1.4.10) entre el elemento conductor (1.4.1) y el elemento magnético (1.4.2) en una disposición de amortiguación por corrientes parásitas (1.4).
- 50 15. Disposición de absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 a 14, en la que la disposición de amortiguación por corrientes parásitas (1.4) presenta un elemento ferromagnético (1.4.3) que está conectado al elemento conductor (1.4.1) en el lado orientado en sentido opuesto al elemento magnético (1.4.2) y puede apoyarse y separarse del elemento conductor (1.4.1) en función del número de revoluciones mediante un mecanismo de fuerza centrífuga, de modo que puede conseguirse una amortiguación adicional en función del número de revoluciones.
- 55 16. Disposición de absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 a 15, que comprende de una a cuatro disposiciones de amortiguación por corrientes parásitas (1.4) sobre una estructura de soporte (4).
- 60 17. Disposición de absorbedor de vibraciones adecuada para amortiguar vibraciones que se producen en aerogeneradores, instalaciones o edificios altos, o mientras se erigen los mismos, que comprende al menos una masa oscilante (7) de una suspensión de masa (8), así como un dispositivo amortiguador (10) que está conectado por un lado a la masa oscilante (7) y por otro lado a la estructura (9) que se ha de amortiguar de la instalación o edificio, comprendiendo esencialmente el dispositivo amortiguador (10)
- 65 (i) una estructura de soporte (4),
(ii) un dispositivo de transporte (2) que
- se aloja sobre o en la estructura de soporte (4),

- está conectado a la masa oscilante (7),
- puede moverse linealmente en vaivén en una dirección entre puntos de tope terminales cuando sobre él incide la masa (7), y
- es capaz de convertir el movimiento lineal en un movimiento de rotación

5 (iii) un elemento de unión (3) articulado que, por un lado, está fijado al dispositivo de transporte (2) y, por otro lado, está conectado a la masa oscilante (7) o a la estructura (9) que se ha de amortiguar, así como un elemento de unión (6) articulado que, por un lado, está conectado a la estructura de soporte (4) y, por otro lado, siempre que la masa oscilante (7) esté conectada al elemento de unión (3), está conectado a la estructura (9) que se ha de amortiguar, o bien está conectado a la masa oscilante (7) siempre que la estructura (9) que se ha de amortiguar esté conectada al elemento de unión (3), de modo que en caso de movimiento relativo de la masa (7) con respecto a la estructura (9) que se ha de amortiguar tiene lugar dicho movimiento lineal en vaivén del dispositivo de transporte (2) entre los puntos de tope,

caracterizada por que

15 (iv) el dispositivo de transporte (2) presenta un dispositivo de rodadura o deslizamiento (2.3) contra el que se apoya el elemento de unión (3) durante el movimiento lineal en vaivén durante el funcionamiento, o es guiado por aquél, y el dispositivo de rodadura o deslizamiento (2.3) comprende un dispositivo de rodillo de apoyo o un dispositivo de carro (2.3.1) que puede desplazarse sobre uno o varios raíles (2.3.2) o una vía (2.3.3) y al que está fijado el elemento de unión (3), y

20 (v) el dispositivo amortiguador (10) comprende además al menos una disposición de amortiguación por fricción (1.5), una disposición de amortiguación por fluido (1.6) o una disposición de amortiguación magnética (1.7) convencional, responsable de la amortiguación propiamente dicha, que está en conexión funcional con el dispositivo de transporte (2) y comprende esencialmente:

25 -- al menos un primer elemento (1.1) que rota durante el funcionamiento y está configurado como un disco, una rueda o una corona dentada,

-- al menos un segundo elemento (1.2) estacionario, dispuesto frente al primer elemento y conectado a la estructura de soporte (4), que es un disco, una rueda, una corona dentada o un anillo, o una parte del mismo, diseñado de forma correspondiente al elemento (1.1) rotatorio, situado frente al mismo, así como

30 -- elementos amortiguadores por fricción, por fluido o magnéticos (1.3) convencionales, que están dispuestos entre dicho primer elemento (1.1) y dicho segundo elemento (1.2),

en donde la amortiguación de la masa oscilante (7) y de la estructura (9) se efectúa mediante el movimiento relativo de rotación del primer elemento (1.1), accionado por el correspondiente movimiento lineal del dispositivo de transporte (2), con respecto al segundo elemento (1.2).

35 18. Aerogenerador que comprende una torre (9), una góndola con rotor y palas de rotor, **caracterizado por que** presenta al menos una disposición de absorbedor de vibraciones de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 17.

Fig. 1

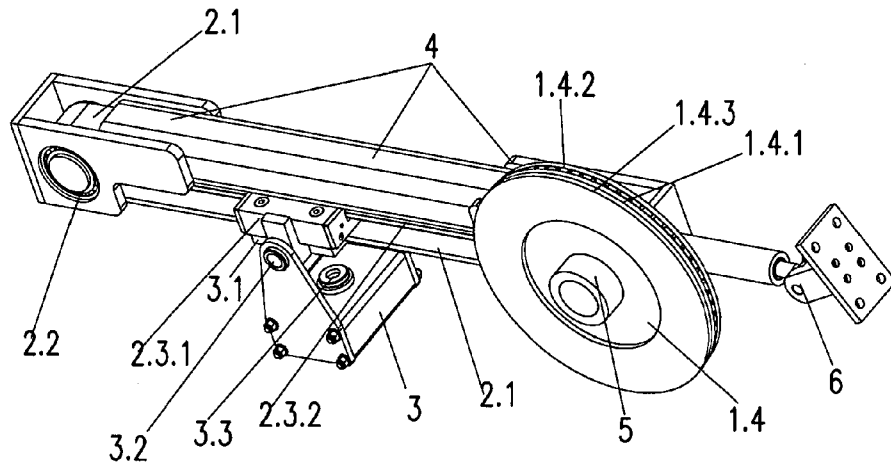


Fig. 2

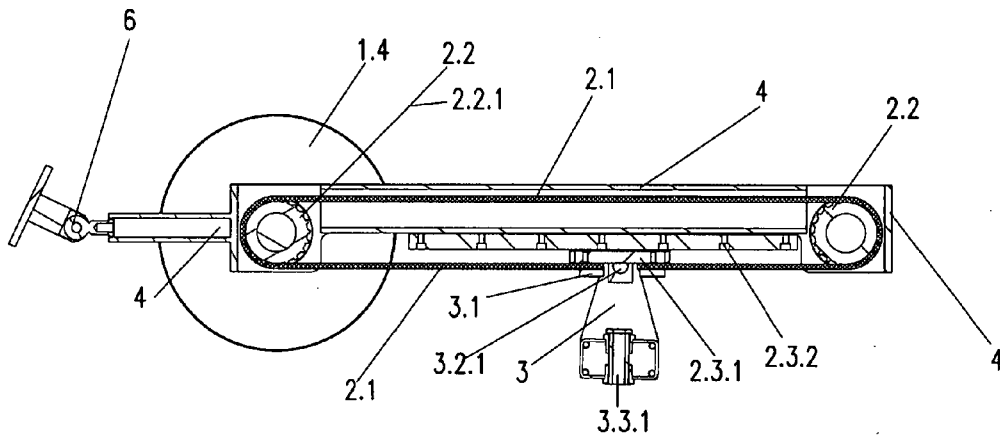


Fig. 3

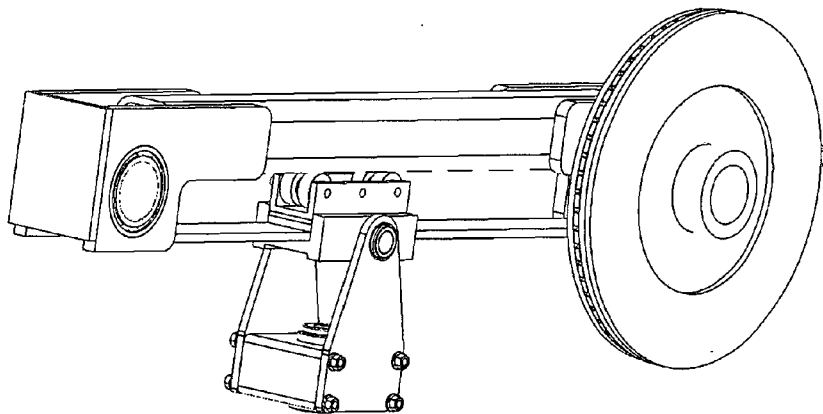


Fig. 4

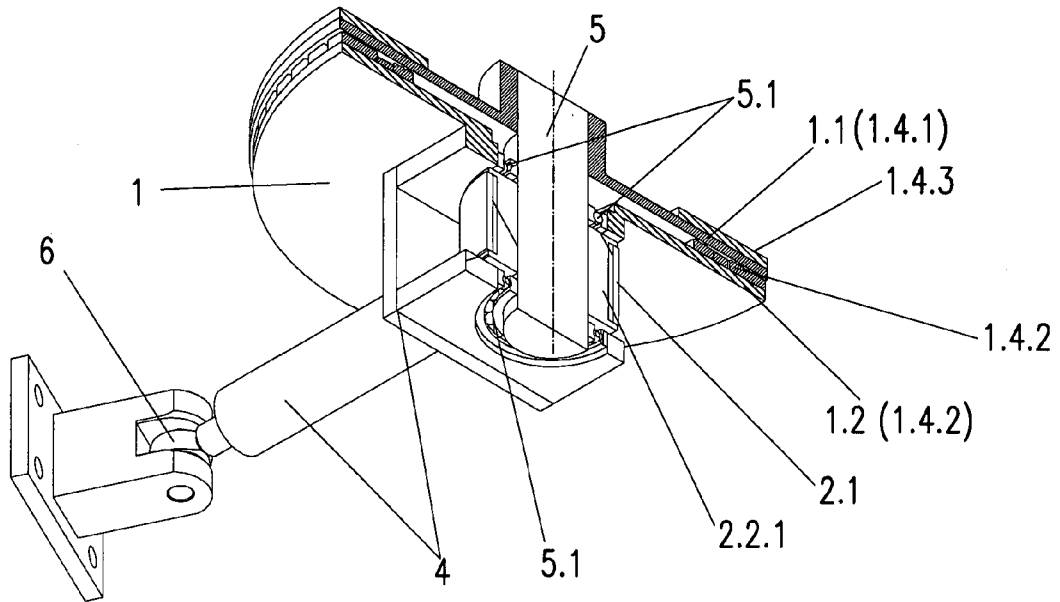


Fig. 5

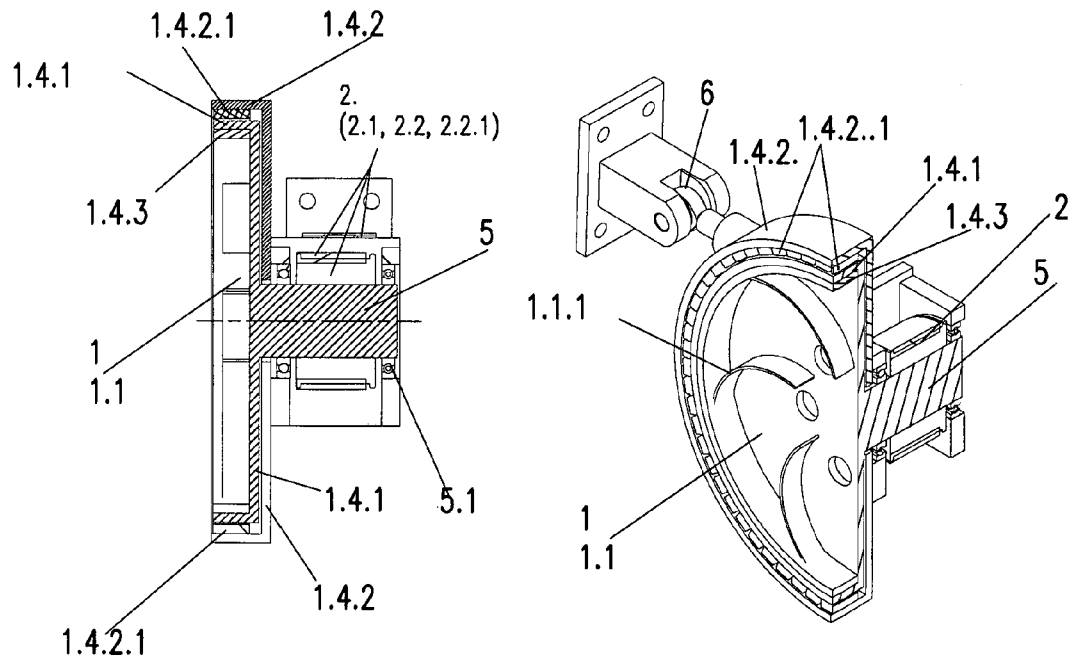
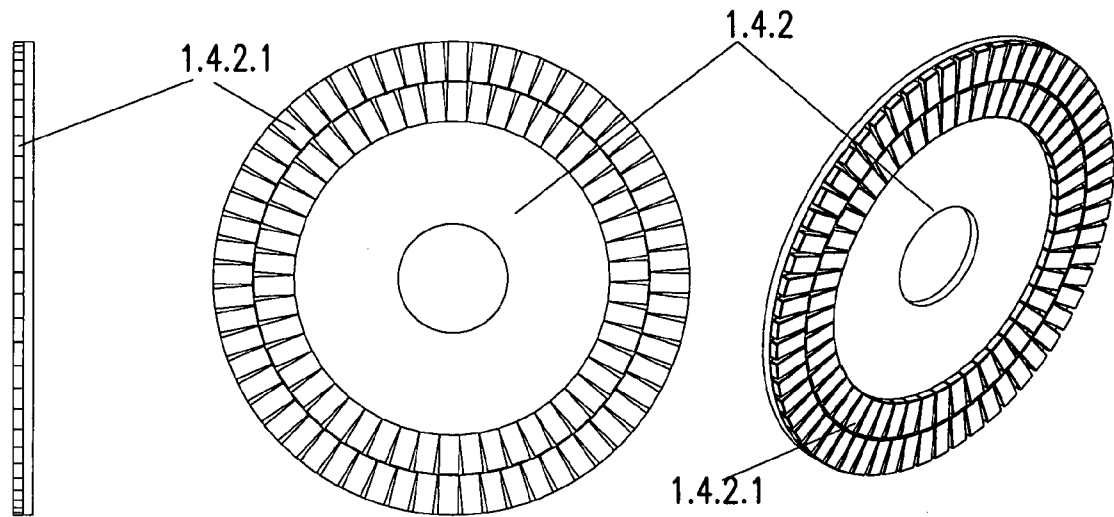


Fig. 6

(a)



(b)

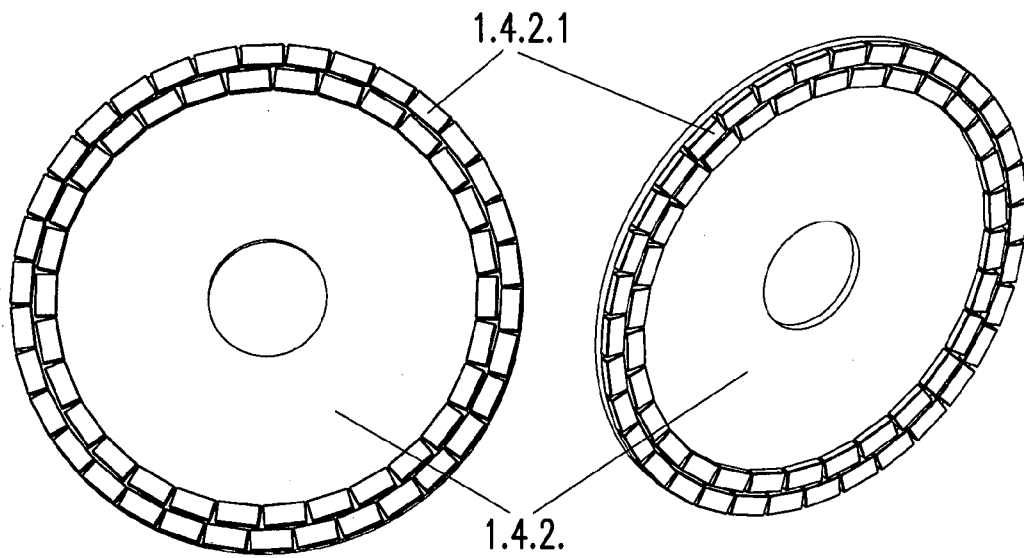


Fig. 7

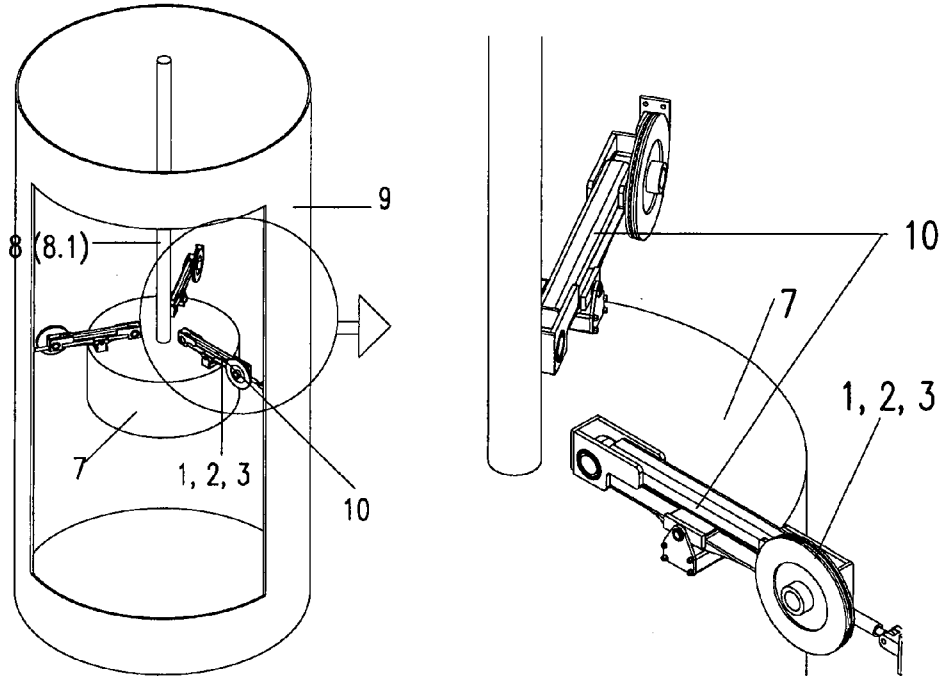


Fig. 8

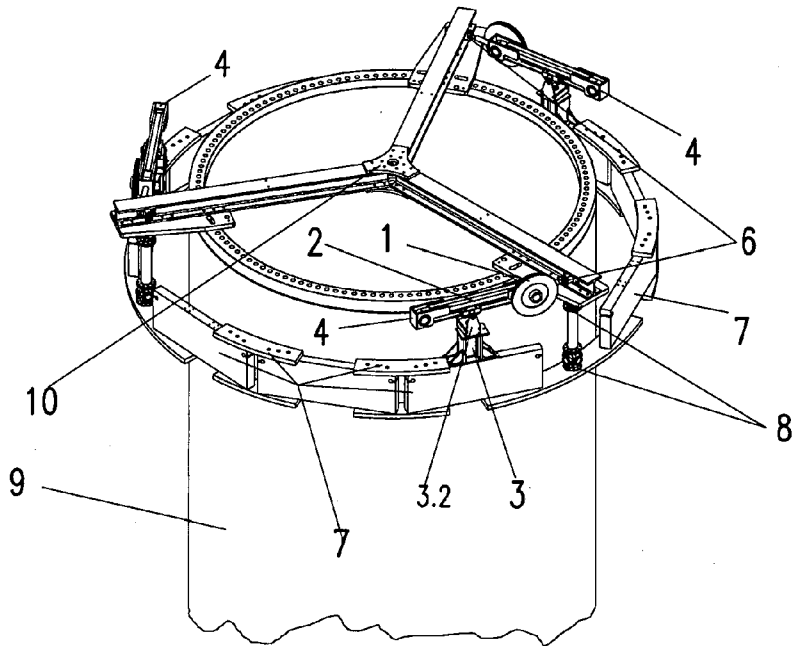


Fig. 9

B-B (1 : 5)

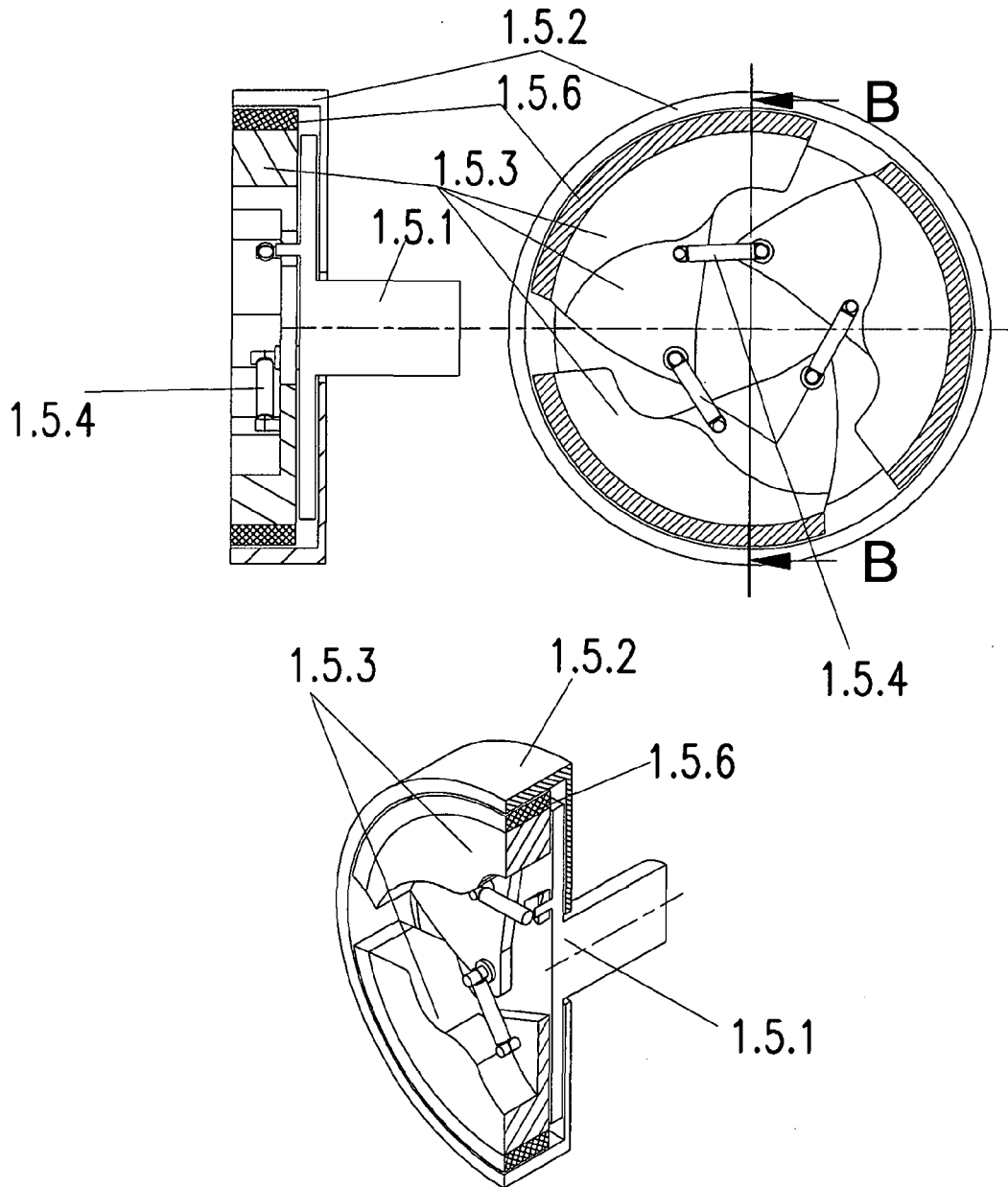


Fig. 10

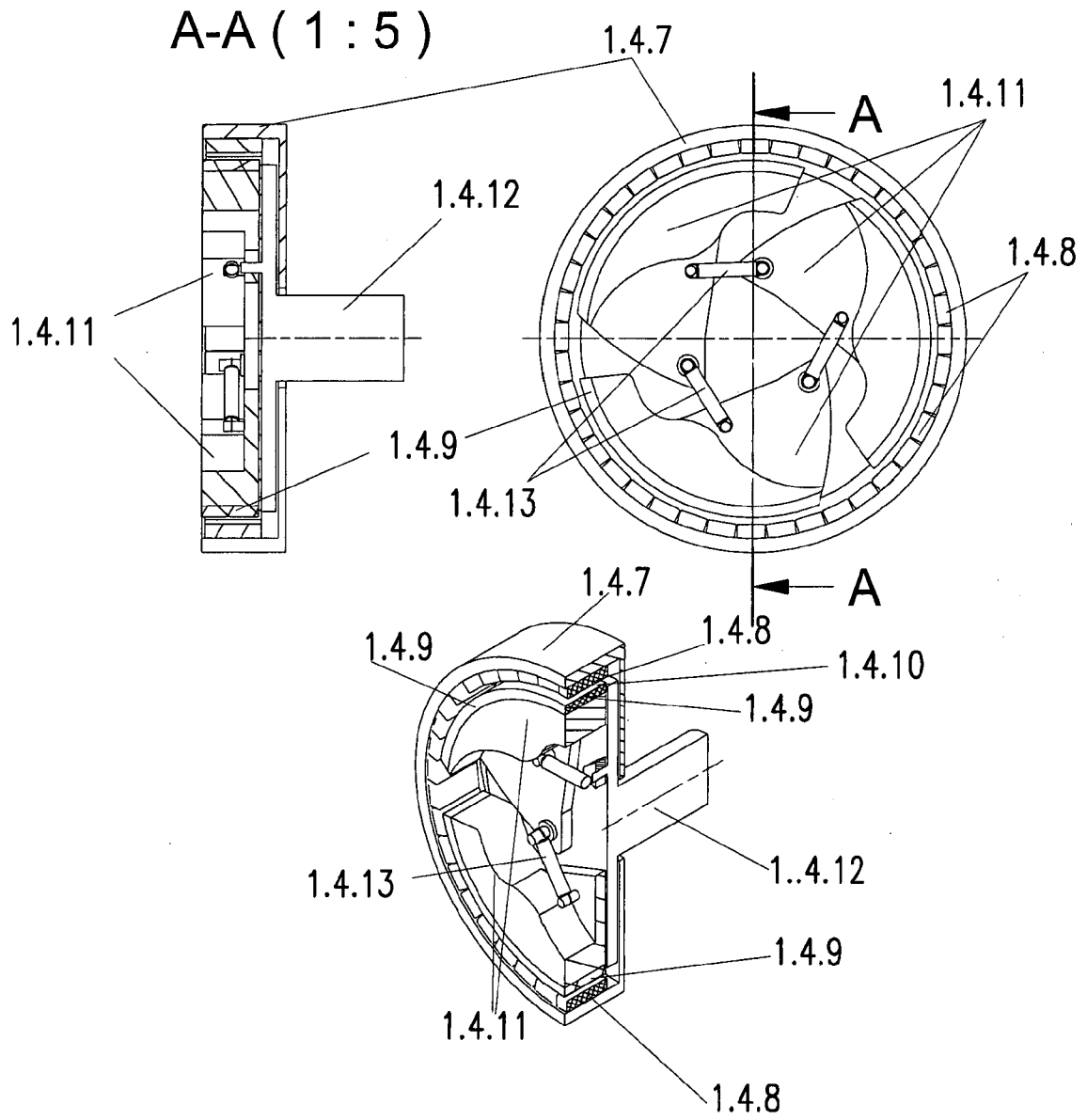


Fig. 11

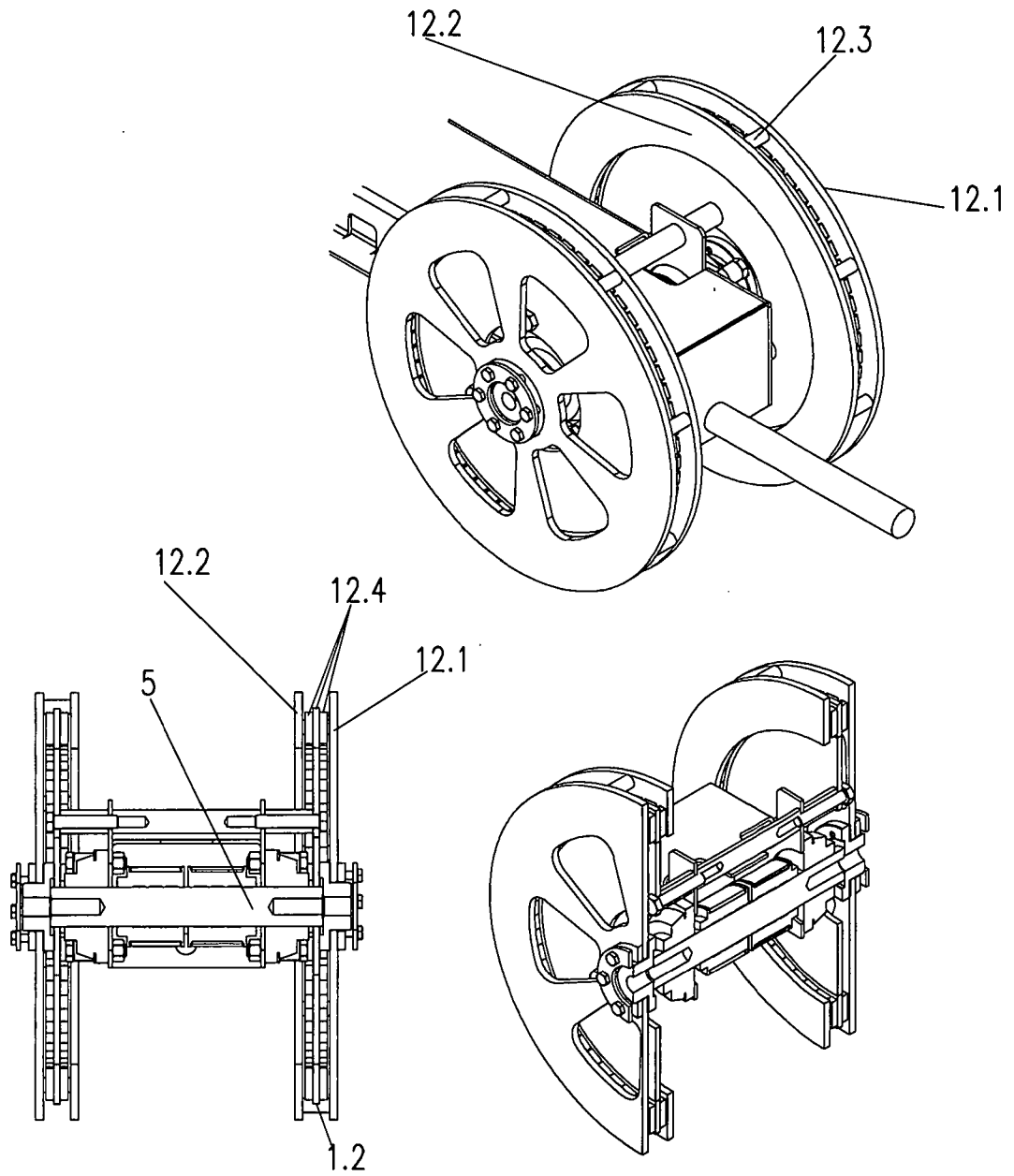


Fig. 12

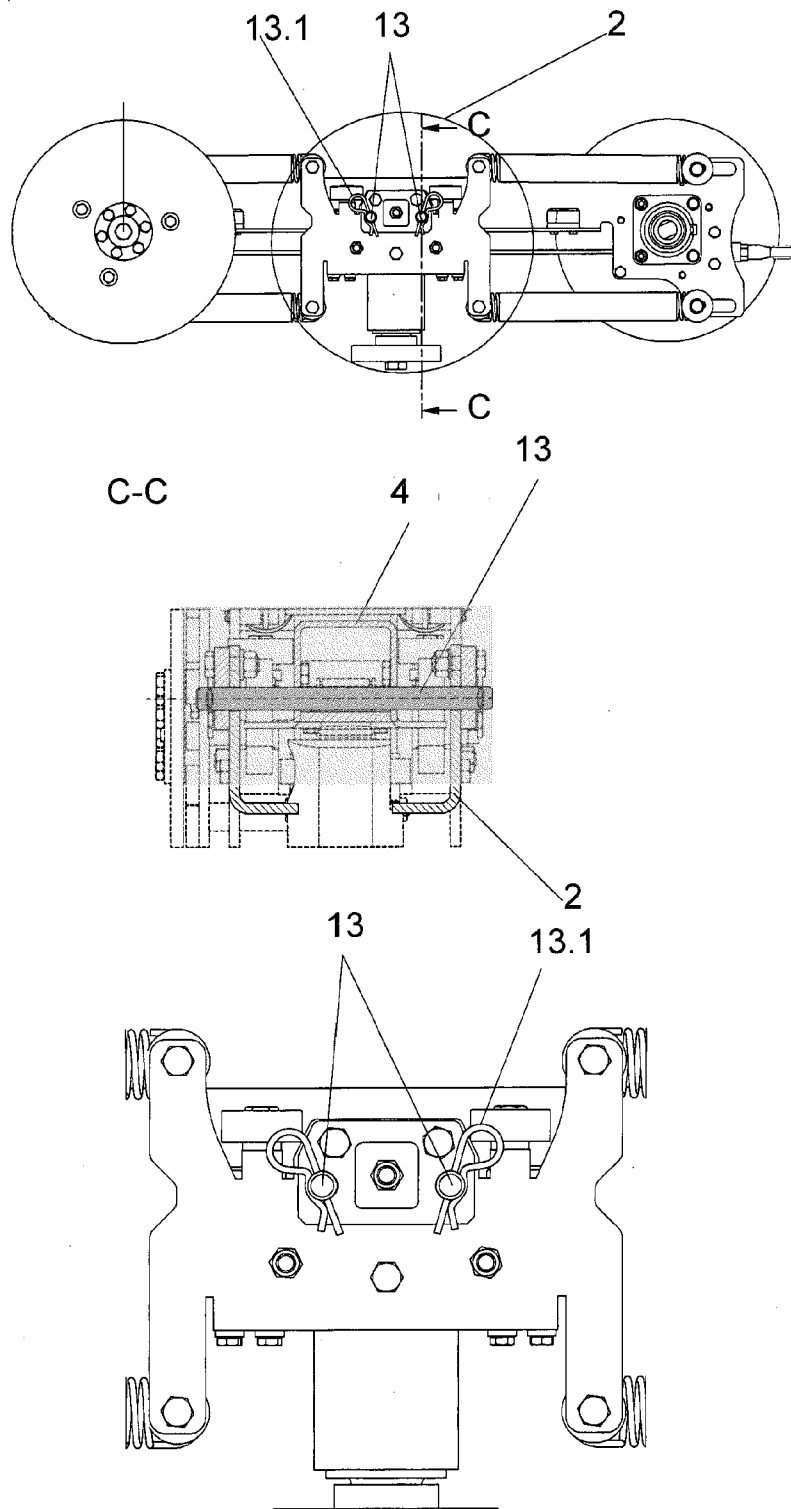


Fig. 13

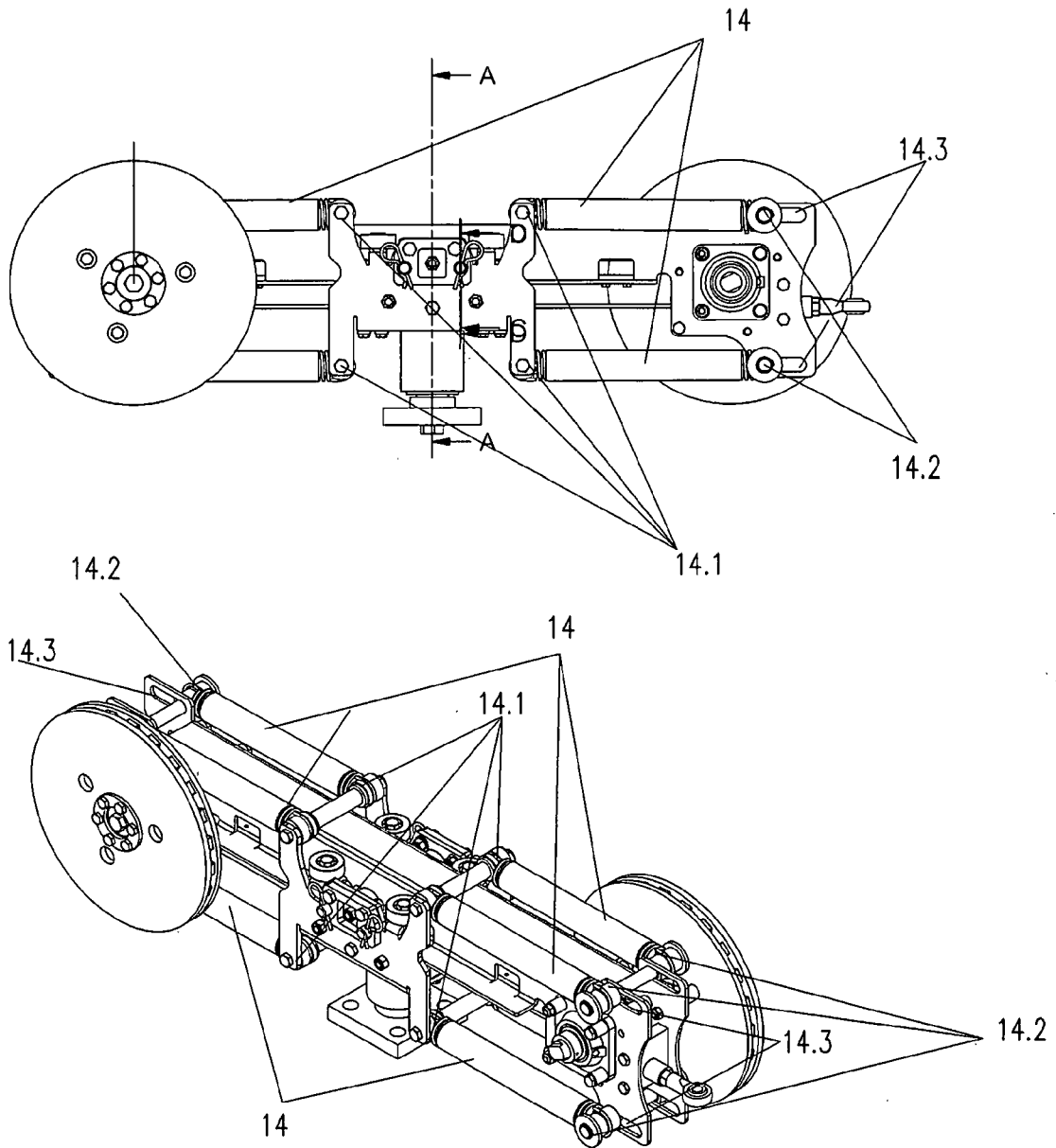


Fig. 14

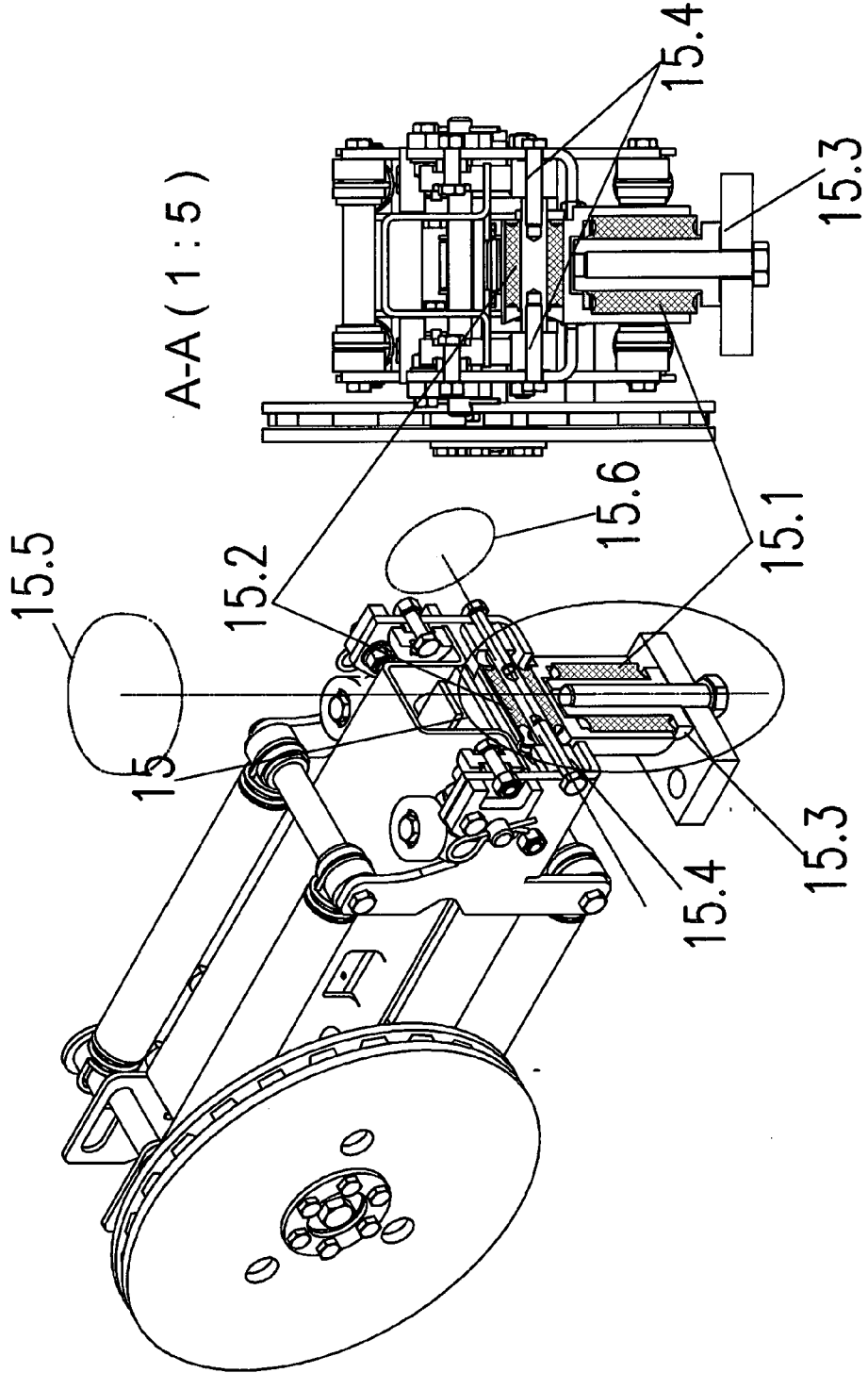


Fig. 15

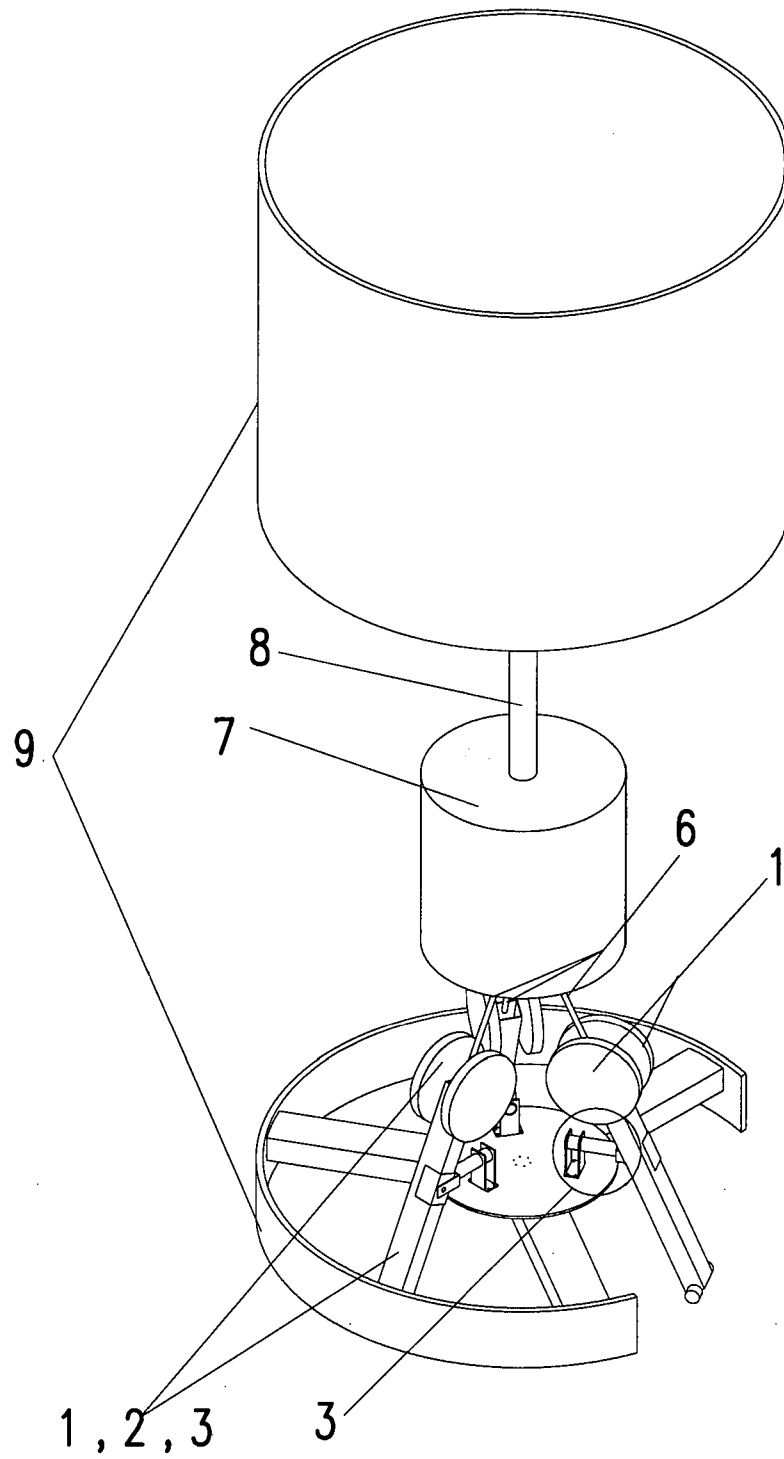


Fig. 16

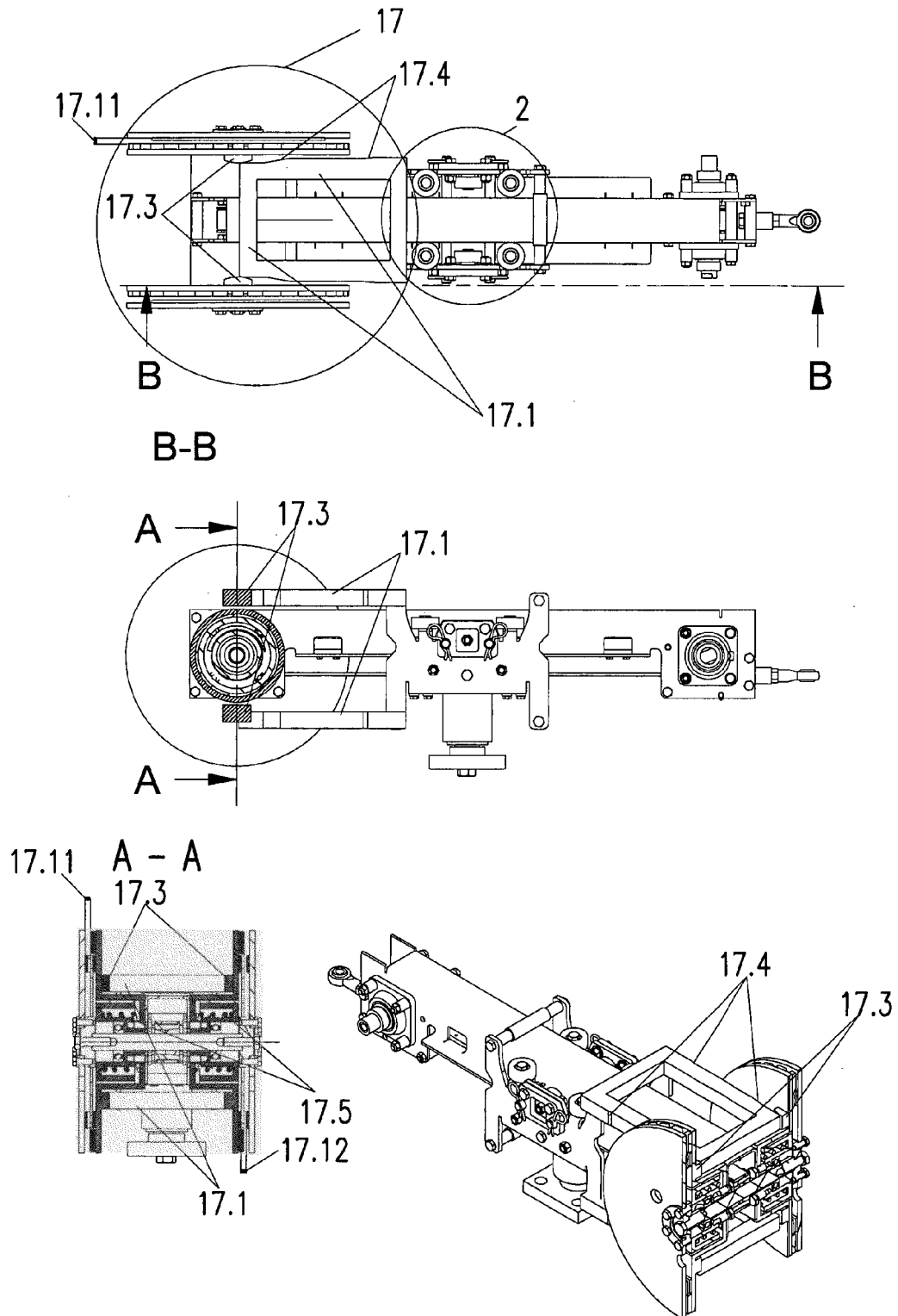


Fig. 16 (Continuación)

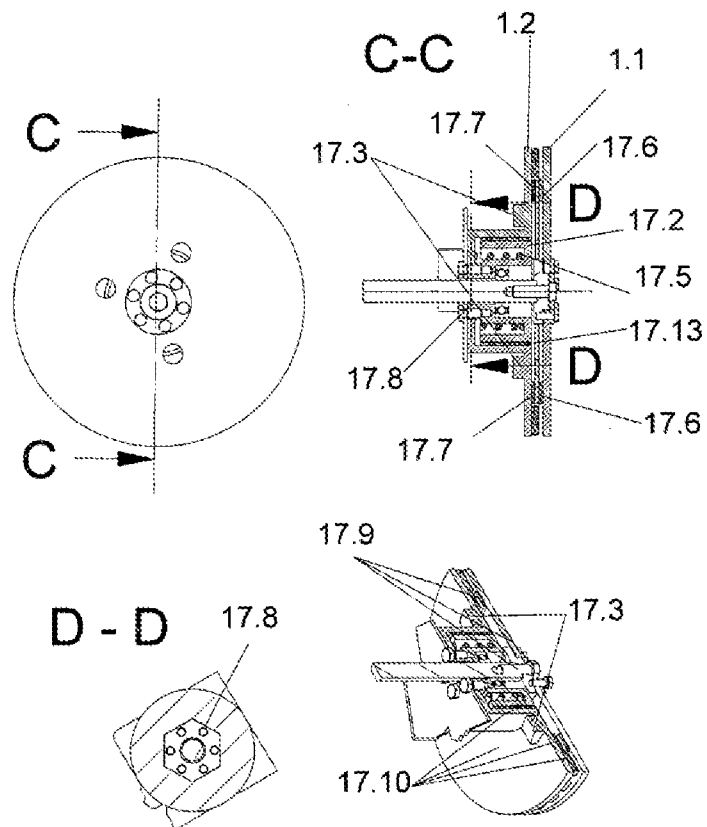


Fig. 17

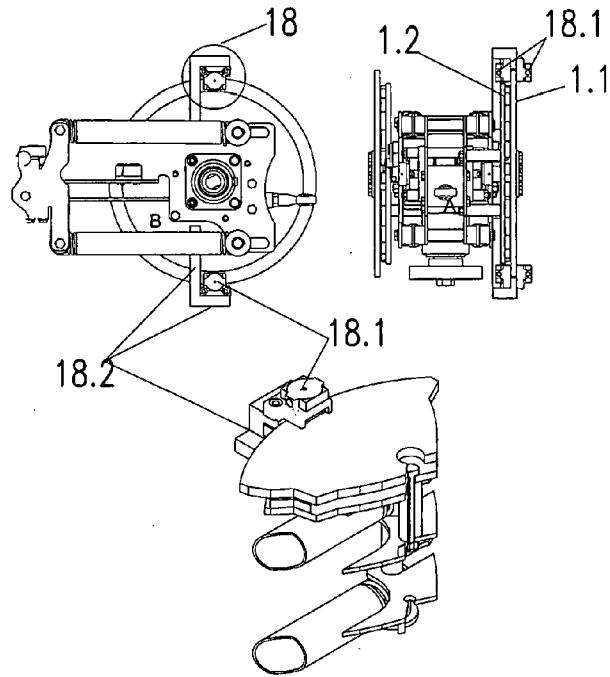


Fig. 18

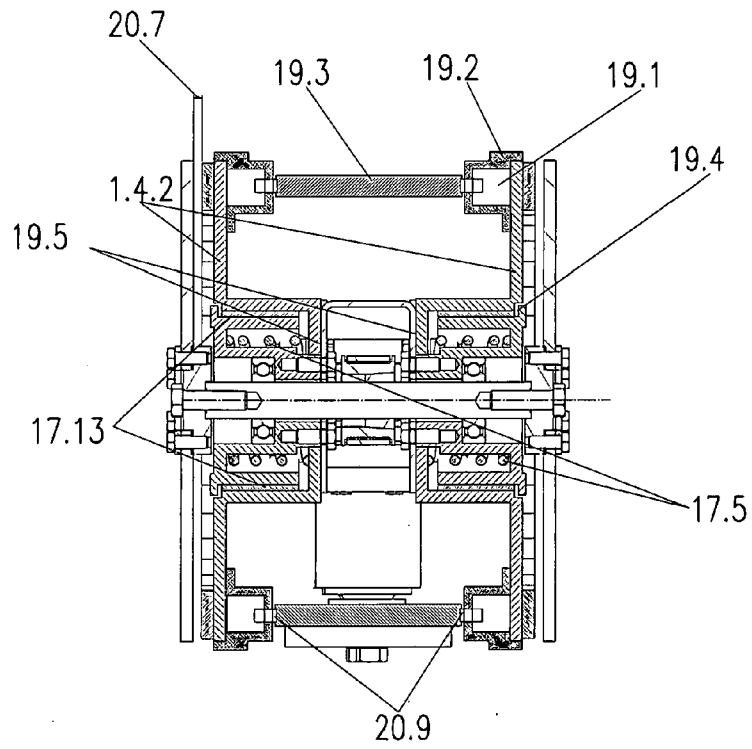
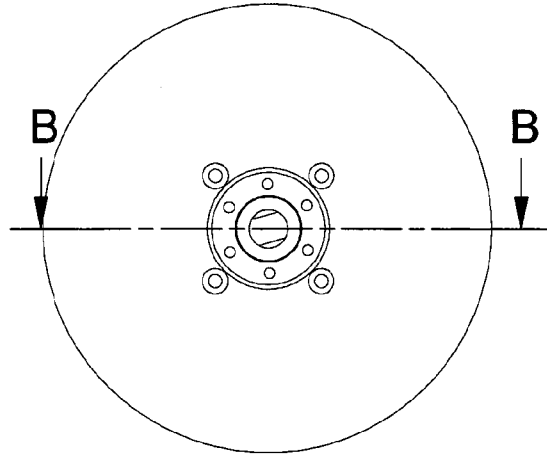


Fig. 19



B-B (1 : 5)

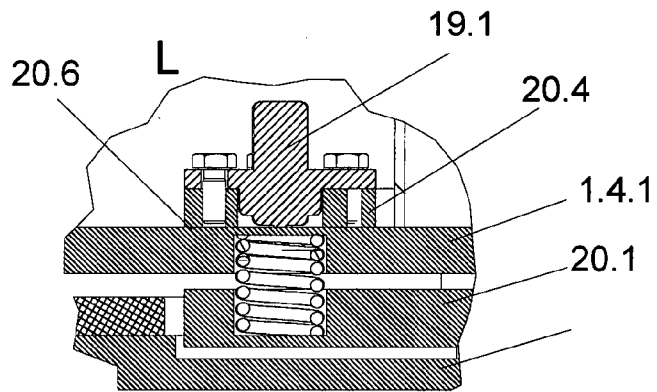
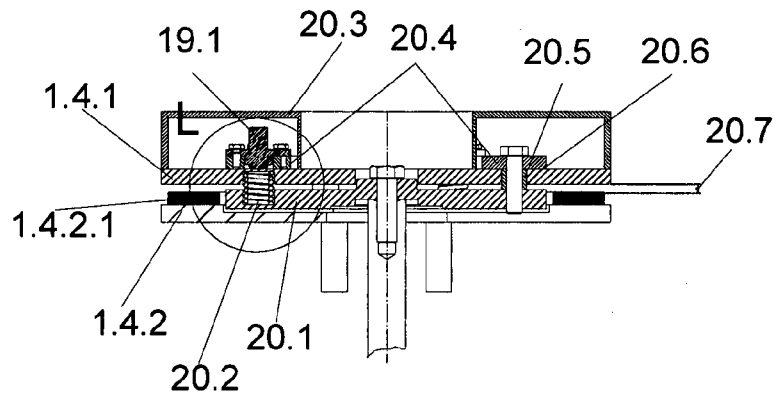
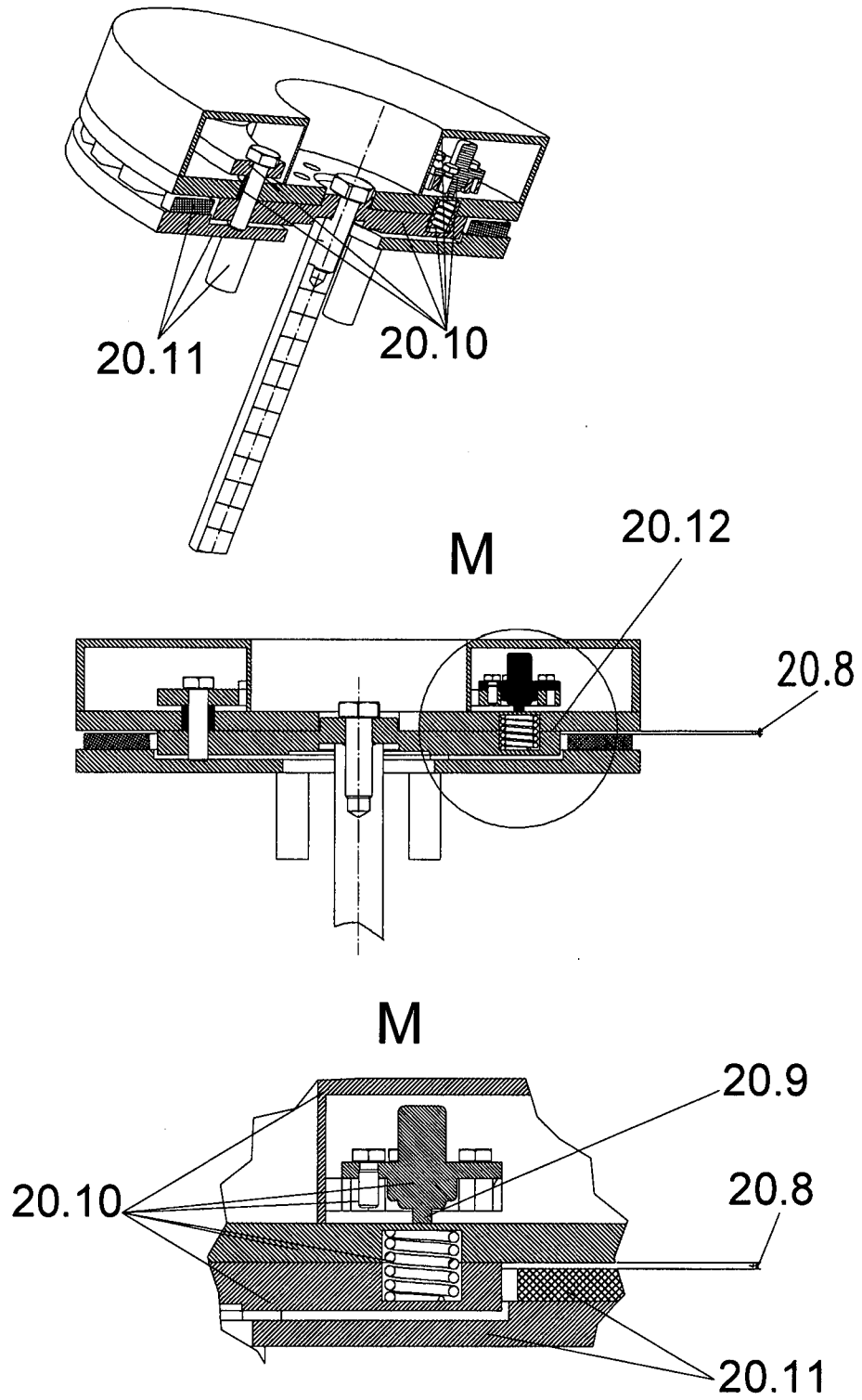


Fig. 20



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCION

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

Documentos citados en la descripción

- * EP 1008747 B1 [0008]
- * WO 2006065509 A [0009]
- * EP 2378116 A2 [0010]
- * DE 3741578 A1 [0014]
- * US 20070131504 A [0015]
- * EP 2600070 A [0016] [0053]
- * WO 2016023626 A [0018]