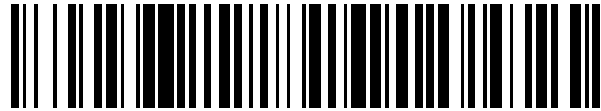


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 151**

51 Int. Cl.:

F16F 1/393 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2014 PCT/EP2014/000642**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2014 WO14146763**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2014 E 14714584 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018 EP 2976544**

54 Título: **Rodamientos elásticos adaptativos y absorbedores de vibraciones que los contienen**

30 Prioridad:

19.03.2013 EP 13001404
17.09.2013 EP 13004538

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.04.2019

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 2 709 151 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

Rodamientos elásticos adaptativos y absorbedores de vibraciones que los contienen

5 La invención se refiere a rodamientos equipados con medios elásticos y a absorbedores de vibraciones que los contienen con rigidez variable, es decir, adaptativa, que pueden, por tanto, ajustarse y adaptarse a las diferentes frecuencias de excitación que aparecen en la instalación o máquina que va a amortiguarse. La rigidez variable se consigue a este respecto mediante la creación de espacios libres comprimibles que, colocados de manera apropiada dentro del rodamiento, que pueden llenarse específicamente con material de elastómero. La invención se refiere en particular a tales absorbedores de vibraciones adaptativos de acuerdo con la invención, que tienen la capacidad de amortiguar las vibraciones generadas mediante diferentes frecuencias, al poder modificarse la rigidez de los medios elásticos de manera controlable y variable. Los absorbedores de vibraciones de acuerdo con la invención son adecuados en particular para la utilización en aerogeneradores.

15 Los aerogeneradores modernos son variables en cuanto a la velocidad de giro o dependientes de la velocidad de giro, de modo que con frecuencia no es suficiente utilizar absorbedores con una frecuencia de resonancia fija, que solo puedan suavizar vibraciones de una frecuencia determinada. En el caso del funcionamiento con velocidad de giro variable las frecuencias también son variables. Las vibraciones interferentes, que deben amortiguarse con absorbedores de vibraciones, se originan en particular en aerogeneradores, pero también en otras instalaciones y máquinas, mediante las frecuencias de engrane de engranajes y también mediante pares de arranque de generadores.

Los absorbedores de vibraciones conocidos en el estado de la técnica se emplean para una frecuencia determinada. En el caso de máquinas con velocidad de giro variable y por lo tanto diferente frecuencia de excitación es necesario adaptar los absorbedores de vibraciones a la frecuencia respectiva.

25 El documento WO 2013/023 724 A1 describe un absorbedor de vibraciones ajustable con las características del preámbulo de la reivindicación 1.

30 Por la física se sabe que el desplazamiento de frecuencia es la raíz del cociente de la rigidez (medida como fuerza a desplazar (N/mm) y de la masa: $\omega = \sqrt{\text{constante de elasticidad } D/\text{masa } m}$). Si por ejemplo la frecuencia debe duplicarse, entonces se necesita el cuádruple de rigidez. Por lo general son necesarias incluso extensiones mayores.

De este modo, por ejemplo, para alcanzar el cuádruple de frecuencia, se requiere una rigidez 16 mayor. Incluso un factor de rigidez de 4 no puede ser alcanzado con las posibilidades conocidas actualmente.

35 Las figuras 1 - 3 representan la estructura básica, no parte de la invención, de una pieza constructiva de elastómero cónica con simetría de revolución para explicar el funcionamiento. Una pieza constructiva de este tipo se compone de un cono interno (01), de la capa de elastómero (05) con simetría de revolución y un cono externo (02). En la figura 1A la capa de elastómero es continua entre los conos. Esto tiene una rigidez relativamente alta apenas modificable. Absorbedores de este tipo están descritos en el estado de la técnica. En la figura 1B la capa de elastómero (en comparación a la figura 1A) mencionada está interrumpida en el centro, de modo que se forma un intersticio (06). Esta pieza constructiva tiene una rigidez en un múltiplo menor que la pieza constructiva en la figura 1A. La relación de rigidez depende de la longitud de las capas de goma (03) y (04) en relación con el intersticio (06). (longitud [12-11] respecto a longitud [12]). Además, la relación de rigidez depende del grosor de capa del elastómero. Por lo tanto, en el caso de grosores de capa de aproximadamente 8 mm con relaciones de longitud (longitud 12-11 respecto a longitud 12) de entre 1,5 a 5 pueden alcanzarse relaciones de rigidez de factor 10 a 60. En caso que fuera necesario, pueden alcanzarse relaciones de rigidez aún mayores, por ejemplo, en un factor de 100. En caso de grosores de capa mayores, para alcanzar relaciones de rigidez iguales son necesarias relaciones de longitud mayores. Dado que las capas de goma (3) (4) deben tener una longitud mínima (longitud = aproximadamente el grosor de capa = 5 mm-10 mm) para la unión con la capa de goma, son necesarios para ello conos con una longitud correspondiente. (Para relación de longitud de capa 8 para un factor de rigidez de 100 se aplica: longitud "[12]" = aproximadamente $8 \cdot 2 \cdot \text{grosor de capa}$ = aproximadamente 128 mm). En la figura 2A este intersticio, que en la figura 1B está designado con (06), está lleno parcialmente con elastómero. Sin embargo, el intersticio (06) sigue estando presente, de modo que la rigidez de la pieza constructiva en la figura 2A solamente es superior de manera insignificante a la rigidez en la imagen 1B. En la figura 2 B ahora el cono interno (01) se ha desplazado hacia la dirección del cono externo (02) en una distancia de manera que el intersticio (06) está cerrado y, por lo tanto, se forma un contorno cerrado (05). Por consiguiente, la rigidez en la figura 2B es tan grande como la rigidez descrita en la figura 1A. La figura 2 muestra esta función en el límite externo del cono de elastómero, es decir, el espacio libre se encuentra entre elastómero y cono externo. La figura 3 muestra una función similar, aunque en este caso el espacio libre se encuentra entre elastómero y cono interno.

65 Las figuras 1 - 3 muestran en forma simplificada el principio del modo de funcionamiento del absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención: entre máxima rigidez (figura 1A) y mínima rigidez (figura 1B), se puede establecer virtualmente cualquier rigidez deseada entre ambos extremos, mediante la creación de espacios libres correspondientes, y por lo tanto influir en las frecuencias de vibración que van a amortiguarse. Los espacios libres pueden generarse a este respecto de varias maneras: o bien la capa de elastómero entre los conos presenta una

escotadura, por ejemplo, una escotadura abombada, o alternativamente la parte de cono fija correspondiente posee una escotadura o estructura hueca, abombada, cóncava, convexa o de cualquier otra forma, alrededor.

5 Para que el sistema pueda funcionar en general, el cono interno en cuestión debe desplazarse contra el cono externo en cuestión. Esto puede suceder mediante un accionamiento lineal (motor con husillo), de manera electromagnética, neumática, hidráulica o formas mixtas de éstas, opcionalmente con la utilización de un control electrónico. El elemento de muelle cónico correspondiente (elemento de cono) puede utilizarse convenientemente como elemento hidráulico o neumático.

10 Según la definición, por un rodamiento cónico se entiende un rodamiento, que presenta un elemento de cono interno, y un elemento de cono externo, que están unidos entre sí mediante al menos una capa elástica. Ambos elementos del cono poseen un orificio axial central. Un rodamiento cónico de este tipo se denomina también rodamiento cónico sencillo. Además, también puede utilizarse de acuerdo con la invención, un rodamiento cónico múltiple, que está compuesto por dicho elemento de cono externo y dicho elemento de cono interno, así como por uno o varios elementos
15 de cono intermedios, que a su vez están todos unidos entre sí mediante capas elásticas. Según la definición, además, por una disposición de rodamientos cónicos (rodamientos cónico sencillo o múltiple, tal como se define) se entiende un agrupamiento de al menos dos rodamientos cónicos (rodamientos cónicos sencillos o múltiple), que están dispuestos o colocados enfrentados y están conectados funcionalmente, estando enfrentados los elementos de cono o bien con su base ancha, o con su base estrecha, o alternativamente están dispuestos de manera que la base ancha
20 de uno de los elementos de cono se enfrenta a la base estrecha de la parte de cono enfrentada. Una disposición de este tipo de dos rodamientos cónicos, según esta invención se denomina también rodamiento cónico doble. Los absorbedores de vibraciones de acuerdo con la invención presentan siempre al menos un rodamiento cónico doble correspondiente, pero también pueden poseer varios rodamientos cónicos dobles.

25 La invención, por lo tanto, se refiere a un absorbedor de vibraciones adaptativo, y opcionalmente activo, con las características de la reivindicación 1. De acuerdo a las características de esta reivindicación, la invención se refiere a un absorbedor de vibraciones con rigidez ajustable, adaptada a la frecuencia de excitación, que comprende al menos un elemento de cono interno (01)(108)(307)(804) con simetría de revolución no elástico, preferentemente cónico y al menos un elemento de cono externo (02)(202)(805) con simetría de revolución no elástico, preferentemente cónico,
30 que está introducido a través del elemento de cono interno, en el que elemento de cono interno y el elemento de cono externo están unidos entre sí mediante una capa de elastómero (101)(208)(303)(304)(310) monocapa o multicapa y presentan en cada caso en el centro en dirección axial un orificio cilíndrico para el alojamiento de dispositivos de fijación o dispositivos tensores, en el que, en la zona de la capa de elastómero (101)(208)(303)(304)(310) a lo largo de la superficie límite hacia el elemento de cono interno y / o elemento de cono externo, está previsto un intersticio
35 (06)(103)(308)(802) preferentemente con simetría de revolución, presente en el estado no tensado, presenta una forma correspondiente con los elementos de cono, y puede ocupar parcialmente o completamente la interfaz entre elemento de cono externo, y elemento de cono interno, y el elemento de cono interno y / o elemento de cono externo puede desplazarse en dirección axial mediante medios y dispositivos técnicos dentro o fuera del rodamiento, por ejemplo de tipo mecánico o hidráulico o magnético. Así, parcialmente o totalmente cerrado mediante compresión y desplazamiento parcial de la capa de elastómero presente en los elementos cónicos hacia el espacio libre, provocando que la rigidez del rodamiento o sistema de rodamiento varíe y se adapte de acuerdo con la frecuencia de excitación que va a amortiguarse. Preferentemente el intersticio citado (06)(103)(308)(802), que se forma en la interfaz de la capa de elastómero (101)(208)(303)(304)(310), posee una forma geométrica abombada, cóncava o convexa o de cualquier otro tipo, que se consigue mediante la configuración correspondiente de la capa de elastómero pero también del cono
40 interno y / o cono externo cónico en esta zona.

Para obtener la capacidad de adaptación deseada en la rigidez, el intersticio en forma de cono (06)(103)(308)(802) debería presentar a lo largo de la interfaz entre capa de elastómero (101)(208)(303)(304)(310) y cono interno, o entre
50 capa de elastómero y cono externo una longitud, que corresponde a de 20 a 80 %, preferentemente 40 - 70 % de la longitud del cono o de la longitud de la capa de elastómero entre los conos. Asimismo, el intersticio en forma de cono (06)(103)(308)(802) debería presentar a lo largo de la interfaz entre capa de elastómero y cono interno o entre capa de elastómero y cono externo un grosor, que corresponde a 5 - 30 %, preferentemente 10 - 20 % del grosor de la capa de elastómero entre los conos. Mediante estas geometrías pueden alcanzarse factores de rigidez de al menos 4, preferentemente > 4, en particular entre 10 y 150, lo cual tiene como consecuencia un desplazamiento de frecuencia (frecuencia de excitación) con un factor de 3 - 20, preferentemente de 3 - 10.

Los rodamientos de acuerdo con la invención consiguen que la rigidez, sobre todo en dirección axial (eje z), pero también en la dirección radial (x, y) pueda ajustarse y adaptarse de manera variable, en donde la rigidez radial en el caso de un ángulo de cono fijo no puede ser influenciada tanto como en la dirección axial y se distribuye, sin medidas
60 adicionales, de manera más o menos uniforme en la dirección x- e y. Para alcanzar una rigidez x,y radial diferente, tal como se muestra en una forma de realización adicional, la capa de elastómero cónica (101)(208)(303)(304)(310) puede poseer, en uno o varios lugares, un acceso directo (2002) para medios mecánicos o hidráulicos, estando situado su acceso de modo que en la dirección radial (x,y) se alcanza una rigidez variable que tiene un efecto diferente en la dirección x- y dirección y.

65 Los rodamientos cónicos pueden presentar adicionalmente capas de elastómero adicionales y elementos de cono

adicionales. Además, el ángulo de cono α de un elemento de cono puede ser menor que el ángulo de cono de otro elemento de cono, de modo que mediante los diferentes ángulos de cono puede influirse de manera diferente en las vibraciones radiales y axiales.

5 Además, es ventajoso, proporcionar también espacios libres adicionales en el rodamiento, que puedan llenarse con material elastómero, lo que puede resultar en una variabilidad significativa de la rigidez, así como en un aumento del factor de rigidez. En una forma de realización de la invención, por ejemplo, dos rodamientos cónicos colocados enfrentados pueden estar dispuestos tan cerca el uno respecto al otro que se presente un intersticio (802) en el estado no tensado. Este intersticio puede cerrarse parcialmente o totalmente mediante tensado de los elementos de cono del rodamiento, de modo que por ello puede influirse adicionalmente en la rigidez (figura 24).

15 En una forma de realización convencional de la invención, el rodamiento cónico o la disposición de rodamientos cónicos presenta dos rodamientos cónicos con la formación de un rodamiento cónico doble, que están dispuestos enfrentados con su base de cono ancha y / o base de cono corta. De acuerdo con la invención un dispositivo mecánico, neumático, hidráulico o magnético, se encuentra preferentemente entre ambos rodamientos cónicos, pero también en otros lugares del rodamiento o fuera del rodamiento, lo cual permite que los elementos de cono interno o elementos de cono externos respectivos, que pueden moverse libremente, de ambos rodamientos cónicos, puedan desplazarse axialmente, preferentemente contra los elementos de cono externo o elementos de cono interno fijos respectivos, y por lo tanto el material elastómero puede ser comprimido en los espacios libres de los rodamientos. El desplazamiento axial de los elementos de cono puede realizarse de forma pasiva o activa mediante medios hidráulicos, neumáticos, mecánicos o magnéticos. En una forma de realización particular, el desplazamiento axial de los elementos de cono funcionales se realiza mediante uno o varios imanes planos, preferentemente con medios de control activo, tal como se describe con detalle más adelante.

25 Es ventajoso equipar los rodamientos cónicos o disposiciones de rodamientos cónicos con sensores, y opcionalmente con equipos electrónicos controlados por ordenador, que miden una variación en la secuencia de excitación, y a partir de la variación medida en la frecuencia de excitación provocan una adaptación automática de la rigidez mediante desplazamiento axial de los elementos de cono correspondientes. El equipamiento técnico correspondiente se conoce en principio en el estado de la técnica.

30 La invención se refiere, además, a un rodamiento cónico doble, en el que están dispuestos dos rodamientos cónicos sencillos o múltiples, tal como se ha definido anteriormente o en las reivindicaciones, enfrentados por su base ancha o estrecha, los elementos de cono interno (01)(108)(307)(804) están unidos a través de una capa de elastómero (1) con un manguito cilíndrico axial (13) alrededor del orificio axial central, y están presentes medios de presión, mediante los cuales los elementos de cono de los rodamientos cónicos en cuestión pueden moverse en dirección axial, permitiendo que los intersticios citados (06)(103)(308) en los conos puedan llenarse con material de elastómero y por lo tanto la rigidez del rodamiento puede variar. En una forma de realización particular de la invención, entre ambos rodamientos de cono enfrentados se encuentra preferentemente una cámara de presión, que puede presurizarse mediante medios mecánicos, hidráulicos, neumáticos o magnéticos, de modo que los elementos de cono interno respectivos, que pueden moverse libremente, se presionan de manera axial separándose unos de otros y contra su elemento de cono externo fijo respectivo y por lo tanto material elastómero (101)(208)(303) (304)(310) se inserta a presión en dichos intersticio (06)(103)(308) de los rodamientos. La invención comprende también rodamientos, en los que los elementos de cono externos que pueden moverse libremente, pueden desplazarse contra elementos de cono interno montados de manera fija.

45 La invención se refiere, además, a absorbedores de vibraciones que comprenden una masa de absorción y al menos un rodamiento cónico doble, tal como se describió anteriormente y a continuación, y tal como se define en las características de la reivindicación 1. Un absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención puede estar construido a partir de uno, dos, tres o más, rodamientos cónicos dobles que cooperan preferentemente de manera funcional.

50 Los rodamientos cónicos correspondientes, de acuerdo con la invención, o disposiciones de rodamientos cónicos, en particular rodamientos cónicos dobles, así como los correspondientes absorbedores de vibraciones equipados con estos rodamientos pueden utilizarse, en particular, para la amortiguación de vibraciones en instalaciones y máquinas con velocidad de giro y / o frecuencia de excitación variable, en particular en aerogeneradores.

60 La invención, por tanto, también se refiere aerogeneradores, en los que los absorbedores de vibraciones de acuerdo con la invención, están dispuestos en la zona del cubo de rotor, de las palas de rotor, de la barra de engranaje o de la torre, estando dispuestos preferentemente 4 - 48, preferentemente 6 - 36 absorbedores de vibraciones, preferentemente en la zona del cubo de rotor, preferentemente de manera simétrica, para reducir vibraciones debidas a modificaciones de velocidad de giro de rotor y / o engranaje.

65 El principio inventivo puede aplicarse también, en principio, en absorbedores y rodamientos en estos absorbedores, no relacionados con los elementos de cono doble o múltiple descritos, sino también a absorbedores y rodamientos basados en casquillos cilíndricos dobles o múltiples elásticos, con correspondientes espacios libres, intersticios, cavidades, que pueden cerrarse total o completamente mediante el desplazamiento de casquillos cilíndricos internos

y externos y consecuentemente con introducción a presión de material elastómero, con lo cual la rigidez puede ajustarse de manera adaptativa y regulada (figura 10 - 12).

5 La memoria se refiere por lo tanto también, a un rodamiento de casquillo adaptativo o a una disposición de rodamientos de casquillo sencillo o múltiple con rigidez adaptada a la frecuencia de excitación, que comprende esencialmente al menos un elemento de casquillo interno con simetría de revolución no elástico preferentemente cilíndrico, y al menos un elemento de casquillo externo con simetría de revolución no elástico preferentemente cilíndrico, que está introducido encajando a través del elemento de casquillo interno, en el que elemento de casquillo interno y elemento de casquillo externo están unidos entre sí mediante una capa de elastómero monocapa o multicapa y presentan, en cada caso, en el centro, en dirección axial un orificio cilíndrico para el alojamiento de dispositivos de fijación o dispositivos tensores, en el que en la zona de la capa de elastómero a lo largo de la superficie límite hacia el elemento de casquillo interno y / o elemento de casquillo externo está previsto un espacio libre con simetría de revolución, con una forma correspondiente con los elementos de casquillo, que se presenta en estado no tensado, y puede ocupar parcialmente o completamente la interfaz entre elemento de casquillo externo, y elemento de casquillo interno, y el elemento de casquillo interno y / o elemento de casquillo externo pueden desplazarse en dirección axial mediante medios y dispositivos técnicos en el rodamiento, de modo que ambos elementos de casquillo cilíndricos se tensan, y el espacio libre citado se cierra parcial o totalmente mediante compresión y desplazamiento parcial de la capa de elastómero existente entre los elementos de casquillo, por lo que la rigidez del rodamiento o sistema de rodamiento puede variarse y adaptarse de acuerdo con la frecuencia de excitación que va a amortiguarse.

20 Los absorbedores y rodamientos de acuerdo con la invención, tal como se describen con más detalle a continuación, son adecuados, como ya se ha dicho, en particular para su utilización en aerogeneradores. Otros sectores de utilización son el sector de vehículos, en particular bogies y vagones de ferrocarriles, máquinas agrarias, vehículos para la construcción, grúas de barcos en la zona de accionamiento y en todo el casco del barco y en piezas externas y equipos internos, en particular en barcos de pasajeros.

30 En la presente memoria se describen absorbedores y rodamientos adaptativos, en los que la frecuencia de resonancia de la masa del sistema de muelle puede ajustarse mediante posibilidades diferentes. El particular diseño con espacios libres e intersticios correspondientes colocados, permite aumentos de la rigidez de factor 10 - 150, de acuerdo con la invención, lo que corresponde a una gama de frecuencia a amortiguar, de aproximadamente, factor 3 - 12, comparado con un rodamiento elástico convencional o absorbedores del estado de la técnica. El rodamiento / sistema de absorbedor, de acuerdo con la invención, se utiliza por lo general como pieza central de absorbedores de vibraciones, que deben trabajar en una gama de frecuencia amplia.

35 De acuerdo con la invención es posible hacer funcionar absorbedores de vibraciones regulables de acuerdo con la invención también de manera activa, es decir con aplicación de una fuerza en la frecuencia de excitación. La ventaja a este respecto es que puede alcanzarse un efecto de absorción de vibraciones mayor con la misma masa o, un mismo efecto con una masa notablemente menor. La invención se refiere, por tanto, también a un absorbedor de vibraciones adaptativo y activo, que también puede ser operado activamente.

40 Los absorbedores de vibraciones activos se accionan por lo general con sistemas de bobinas móviles. En nuestro sistema, que está diseñado para amplitudes pequeñas, se emplean electroimanes de tracción-presión. Al contrario que las bobinas móviles, estos permiten solo recorridos de muelle reducidos, aunque pueden provocar fuerzas notablemente superiores.

45 Una activación de los absorbedores y rodamientos, de acuerdo con la invención, puede alcanzarse, por ejemplo, mediante electroimanes dispuestos adicionalmente. Se ha comprobado sorprendentemente que los imanes planos, en particular electroimanes planos de tracción y presión, son los más adecuados para esto, al contrario que las bobinas móviles conocidas hasta el momento según el estado de la técnica. La ventaja de los imanes planos es que estos pueden desarrollar grandes fuerzas en un espacio pequeño y también, son más económicos y menos sensibles que las bobinas móviles.

50 Los absorbedores y rodamientos en estos absorbedores, de acuerdo con la invención, se pueden controlar, en principio, de la manera siguiente:

55 Sistema adaptativo: (i) control en bucle abierto del sistema de absorbedor adaptativo: en este sistema la presión se controla en función de la frecuencia deseada a través de un campo característico de absorbedor. Esta frecuencia depende, por ejemplo, de la velocidad de giro. Por consiguiente, la presión se controla directamente en función de la velocidad de giro. (ii) control en bucle cerrado del sistema de absorbedor adaptativo: en este sistema se miden continuamente fase y magnitud de la vibración de excitación y de la vibración del absorbedor, con un sensor de aceleración, y se determina la diferencia de ambos ángulos de fase (desplazamiento de fase). El desplazamiento de fase permite determinar el comportamiento de frecuencia de resonancia de modo que la frecuencia de resonancia del absorbedor se adapta a la frecuencia interferente. Si el desplazamiento de fase es menor que un valor nominal deseado, entonces la presión hidráulica o presión de gas del sistema aumenta. Si el desplazamiento de fase es mayor que el valor nominal entonces la presión disminuye. Estos desarrollos suceden en etapas pequeñas, de modo que el reajuste se realiza continuamente. Con este fin, entre los absorbedores y la unidad

hidráulica están conectadas, por ejemplo, dos válvulas (1026) (1027). La válvula de entrada (1026), para aumentar la presión, y la válvula de salida (1027), para bajar la presión, se abren brevemente y se mide el ángulo de fase. El proceso se repite hasta que se alcanza el ángulo de fase correcto (valor nominal). Con este sistema de control puede compensarse cualquier dependencia de amplitud, temperatura y frecuencia eventuales u otras modificaciones del absorbedor. Además, el absorbedor/el rodamiento puede adaptarse a cambios en la vibración de excitación. Si, por ejemplo, la vibración de excitación cambia de frecuencia o amplitud con la velocidad de giro, el control puede ajustar el absorbedor/el rodamiento de modo que se alcance el valor nominal predeterminado y de este modo el absorbedor/el rodamiento actúa de manera óptima. El sistema que debe ser estabilizado puede estar equipado con uno o varios absorbedores. Si el sistema de excitación está equipado con varios absorbedores, entonces un absorbedor puede regularse y los otros absorbedores están conectados en paralelo hidráulicamente, neumáticamente o eléctricamente y ven la misma tensión previa que el absorbedor regulado, es decir, no tienen que ser regulados por separado. Si un sistema se estabiliza mediante muchos absorbedores, entonces, también cada absorbedor puede estar equipado con regulación propia.

Sistema activo (figura 21): Paralelamente al control en bucle cerrado del sistema adaptativo se conecta un excitador magnético (1020) y (1021) entre absorbedor de vibraciones y sistema de excitación y ejerce, por tanto, fuerzas adicionales entre absorbedor de vibraciones y sistema de excitación. Se hace funcionar preferentemente en la frecuencia interferente determinada. La amplitud de fuerza y el desplazamiento de fase entre la fuerza del excitador magnético y la vibración del sistema de excitación debe determinarse mediante control en bucle cerrado. A este respecto, el sistema de excitación se observa mediante un sensor de aceleración y la amplitud de fuerza y el desplazamiento de fase se modifica, hasta que el sensor de aceleración indica que la vibración del sistema de excitación sea mínima. Dado que la frecuencia propia del absorbedor se adapta, mediante el control en bucle adaptativo, a la frecuencia interferente, y el excitador magnético también funciona en esta frecuencia, solo un pequeño porcentaje de fuerza del excitador magnético se pierde debido a la amortiguación interna de absorbedor-/rodamiento. El porcentaje mayor que queda puede utilizarse para la reducción de las vibraciones de sistema. Como alternativa al sistema hidráulico o neumático puede utilizarse también un servomotor lineal eléctrico.

Los absorbedores de vibraciones y rodamientos, de acuerdo con la invención, se caracterizan en resumen, como sigue por:

- aumento de la rigidez mediante el cierre del intersticio, cavidad o espacio libre
- eficaz en dirección radial y axial
- aumento de la rigidez máxima en un factor de 10 - 150, y aumento adaptado de manera correspondiente de la frecuencia de excitador máxima en un de factor 3 - 20.
- controlable mediante sistemas hidráulicos, neumáticos o mecánicos
- utilización en máquinas, en las que se necesita una rigidez variable: por ejemplo, para el guiado de juegos de ruedas en vehículos sobre carriles, aerogeneradores, en particular en la zona del engranaje, del cubo de rotor, de la góndola y de la torre. Para ello se disponen por ejemplo 4 - 48 absorbedores, de acuerdo con la invención, preferentemente simétricos alrededor del cubo de rotor, el engranaje o la torre, pudiendo utilizarse en una forma de realización particular unidades duales de absorbedores, tal como se reproduce en la figura 8.
- En todos estos sistemas, en particular en aerogeneradores, se regula la presión en función de la frecuencia de excitación. Para compensar la tolerancia, temperatura y envejecimiento de los elastómeros, se monitoriza y se regula la frecuencia de resonancia del absorbedor y con ello la presión que va a aplicarse, dependiendo de la frecuencia a amortiguar, y de la posición de fase del absorbedor con respecto a la vibración de funcionamiento. Esto puede realizarse mediante sensores electrónicos controlado manual o automáticamente mediante medios existentes per se en el estado de la técnica. En particular en aerogeneradores pueden amortiguarse permanentemente vibraciones variables que aparecen en diverso grado, por lo que molestias debidas a ruidos y vibraciones en la turbina también pueden reducirse de manera importante, e incluso ser eliminadas,

Breve descripción de los números de referencia empleados en el texto, en las reivindicaciones y en las figuras:

- | | |
|----|--|
| 01 | cono interno |
| 02 | cono externo |
| 03 | capa de elastómero cónica superior |
| 04 | capa de elastómero cónica inferior |
| 05 | capa de elastómero cerrada por toda la longitud |
| 06 | intersticio |
| 1 | capa de elastómero cilíndrica |
| 2 | capa de elastómero cónica |
| 3 | espacio libre que va a rellenarse para el refuerzo |
| 4 | cámara de presión |
| 5 | toma de presión |
| 6 | sujeción |
| 7 | masa de absorbedor |
| 8 | cono intermedio |
| 9 | cono externo |

	10	chapa metálica corta
	11	longitud del cono corto
	12	longitud del cono largo
	13	manguito interior
5	101	capa de cono
	102	elemento de empuje
	103	zona que va a rellenarse para el refuerzo
	104	cámara de presión
	105	toma de presión
10	106	sujeción
	107	masa
	108	cono interno
	109	zona de empuje externa
	110	longitud de cono corto
15	111	longitud de cono largo
	112	membrana
	202	cono externo
	203	placa de compresión
	204	membrana cavidad
20	205	toma de presión
	206	elastómero de presión
	207	abrazadera axial
	208	capa de elastómero cónica
	209	tornillo de reglaje con cabeza hexagonal
25	210	tornillo de unión
	301	masa
	302	sujeción
	303	capa de elastómero interna
	304	capa de elastómero externa
30	305	espacio de presión
	306	toma de presión
	307	cono interno
	308	espacio libre
	309	cono intermedio
35	310	capa externa cilíndrica a ligeramente cónica
	401	pieza de presión
	402	elemento de empuje
	403	elastómero-volumen de desplazamiento
	404	elastómero
40	405	casquillo interno
	406	elemento hidráulico
	501	espacio de compresión anular
	502	elastómero
	503	casquillo interno
45	504	forma de expansión representada en aumento
	505	casquillo externo
	601	chapa metálica terminal anillo
	602	eje con constricción
	701	disposición de absorbedor en el eje del rotor
50	702	disposición de absorbedor en el engranaje
	703	disposición de absorbedor en un generador de velocidad rápida y en un generador de velocidad media
	704	disposición de absorbedor en el soporte de máquina
	705	disposición de absorbedor en unidades adicionales
	706	disposición de absorbedor en la torre
55	707	disposición de absorbedor en el cubo de rotor
	708	disposición de absorbedor en el generador de velocidad lenta
	709	absorbedor sujeto con dos partes funcionales y una masa común en el generador
	710	disposición de absorbedor sobre o en las palas de rotor
	801	capa de elastómero
60	802	intersticio que va a ser cerrado
	803	longitud de la capa de elastómero
	804	cono interno
	805	cono externo
	810	fuelle de aire para aplicar la fuerza axial
65	811	placa de tensado para fuelle de aire
	812	elemento de sujeción

ES 2 709 151 T3

	813	tornillo de sujeción
	814	conexión de máquina
	1020	actuador-electroimán
	1021	estátor-electroimán
5	1022	tornillos de sujeción-y de reglaje para electroimán
	1023	intersticio
	1024	dirección de fuerza de imán radial
	1025	dirección de fuerza de imán axial
	1026	válvula de entrada
10	1027	válvula de salida
	2001	volumen comprimible de la capa de elastómero
	2002	dispositivo para comprimir la capa 2001 (por ejemplo, tornillo de reglaje, dispositivo hidráulico)

15 A continuación, se describen varias formas de realización típicas del absorbedor de vibraciones ajustable de acuerdo con la invención, así como otras formas de realización de un absorbedor o del rodamiento cónico o también del rodamiento cilíndrico, sin que a este respecto vaya a limitarse el principio inventivo general.

20 Una realización posible se muestra a modo de ejemplo en la figura 4. En esta realización dos rodamientos de elastómero con simetría de revolución, cónicos están tensados el uno contra el otro de modo que entre ambos elementos se origina una cavidad. Un muelle de elastómero (1) cilíndrico está dispuesto en paralelo al muelle de elastómero cónico. Este presenta una elevada rigidez radial, que es notablemente más elevada que la de los elementos de elastómero cónicos (2). El muelle de elastómero puede desplazarse en la dirección axial. Esta disposición permite que ambos conos intermedios (8) puedan moverse en dirección axial. El movimiento se activa, al presurizar la cámara de presión (4) a través de una toma de presión (5), de modo que ambos conos intermedios (8) se mueven separándose el uno del otro y provocan una compresión en las capas de elastómero (2). Si las capas de elastómero (2) se comprimen de manera controlada, el espacio libre (3) que se llena para el endurecimiento se cierra de manera continua hasta que este esté completamente cerrado. Por consiguiente, la rigidez de ambos rodamientos cónicos puede ser aumentada notablemente en dirección radial y también en dirección axial. Como se describió al principio, en la presente memoria puede alcanzarse desde un factor de 10 a aproximadamente un factor de 100 en la rigidez. Un desplazamiento de frecuencia de factor 3 - 10 es posible, por tanto, sin medidas adicionales. En caso de usar capas de goma muy largas son posibles factores todavía mayores (de hasta 30). Preferentemente como elemento de presión se emplea aire comprimido o un líquido. Debido a que no existe ningún elemento deslizante, como líquido puede emplearse agua, o también agua-glicol. Fundamentalmente en la adaptación del elastómero al líquido pueden utilizarse todos los líquidos.

35 La figura 5 muestra una realización adicional, en la que la zona (103) que va a llenarse para el endurecimiento se cierra mediante un elemento de empuje (102) adicional. Los elementos de empuje (102) se aprietan contra el espacio libre (103) por ejemplo mediante presión hidráulica o presión neumática. La presión necesaria se aplica en las cámaras de presión (104). Entre las cámaras de presión (104) y los elementos de empuje (102) está dispuesta en cada caso una membrana (112), de modo que en el intersticio (103) no pueda penetrar líquido alguno.

45 Otra forma de realización ajena a la invención se muestra en la figura 6. La pieza constructiva con simetría de revolución, contiene una capa de elastómero cónica, que está unida con una capa de elastómero (206) cilíndrica. La capa de elastómero cónica (208) con simetría de revolución está vulcanizada, preferentemente, por completo en el elemento de cono externo (202) o está conectada fijamente con ésta de otro modo, mientras que está conectada internamente solamente por arriba (03) y por abajo (04) con una pieza constructiva de resistencia más elevada, por ejemplo acero. El elastómero no está conectado a el cono interno / elemento de cono interno (01). En este caso existe un intersticio (06). Tan pronto como el elemento esté pretensado, el intersticio (06) se cierra de manera continua mediante el desplazamiento axial del elastómero, de modo que durante el llenado controlado del espacio libre la rigidez aumenta de manera controlada. La tensión previa se realiza mediante presurización en la zona cilíndrica superior de la pieza constructiva. Para ello se introduce un medio (cualquier líquido o aire comprimido) mediante la toma de presión (205, 204). Esto hace que se forme una cavidad (204) entre la placa de compresión (303) y el elastómero de presión (206) no unido en la zona (204). El elastómero de presión (206), tal como se representa, puede ser de una capa. Para poder realizar recorridos de ajuste mayores, esta pieza constructiva puede estar realizada también con varias capas. El elastómero de presión (206) por consiguiente se desplaza y mueve el cono externo (202) hacia abajo, de modo que este desplaza igualmente la capa de elastómero cónica (208). Por ello el intersticio (06) se cierra de manera continua, por lo que la rigidez aumenta a su vez de manera controlable. La masa de absorbedor (7) puede fijarse al cono externo / elemento de cono externo (202). Por tanto, ambos forman conjuntamente un absorbedor ajustable. Si fuera necesario, pueden instalarse varios absorbedores de este tipo en una máquina.

60 La figura 7 muestra, a modo de ejemplo, la disposición simétrica de 2 absorbedores en una pieza constructiva de una máquina, en donde consiste de un absorbedor de un elemento de cono doble, tal como ya se ha descrito, y ambas piezas de cono, se enfrentan con sus lados de base anchas de modo que forman una forma de O. Sin embargo, también es posible, en principio, que los elementos de cono, en los absorbedores y rodamientos de acuerdo con la invención, no solo estén enfrentados con su base ancha, sino también con su base corta (forma de x). Además, también es posible, en principio, que los elementos de cono doble o elementos de cono múltiple posean de acuerdo

con la invención una misma orientación.

Una realización adicional se muestra en la figura 8A, con una vista detallada en la figura 8B. Esta muestra un sistema muy sencillo con la cámara de presión (4) en la que el medio de presión presiona por un lado sobre el cono interno (01). La ventaja de este sistema es que el medio de presión entra en contacto con el cono interno (01) del elemento de cono doble en una superficie grande, de modo que puede trabajarse con una presión baja. El medio de presión puede ser gaseoso (aire comprimido) o también líquido. Éste es forzado a pasar, a través de una conexión no representada, dentro de la cámara de presión (4). Una ventaja adicional es que solamente es necesario un elemento móvil con una capa de elastómero (208) móvil. Con la realización representada en la figura 8C se tensan mediante una cámara de presión (4) simultáneamente dos rodamientos cónicos dobles o múltiples dispuestos en serie. La ventaja es, por un lado, la reducción al mínimo del sistema hidráulico (una cámara de presión solamente), en donde ambos elementos de cono externos (202) están conectados entre sí a través de la masa (7). Durante la compresión del líquido en la cámara de presión (4) la masa (7) (en la imagen) se mueve hacia abajo. Ambos conos externos (202) están conectados con la masa y se mueven por lo tanto simultáneamente "hacia abajo", de modo que la tensión previa y por lo tanto la rigidez aumenta. La ventaja de dos o más rodamientos de cono dispuestos los unos detrás de los otros es la mayor rigidez en comparación con el movimiento de cardán (con "movimiento de cardán" quiere decirse el giro de la masa alrededor del eje imaginario). El tornillo de reglaje con cabeza hexagonal sirve para el ajuste de ambos conos internos (108). El ajuste se lleva a cabo antes de la introducción del tornillo (210). Para el ajuste, se introduce una llave hexagonal en el orificio del cono interno superior para girar la tuerca (209), de modo que queda garantizada la tensión previa deseada de ambos rodamientos de cono de acuerdo con la invención.

La figura 9 muestra un absorbedor de vibraciones con elemento de elastómero de cono doble. Este presenta simetría de revolución y consiste de una masa (301), una placa de sujeción (302), una capa de elastómero interna (303) y una capa de elastómero externa (304), así como cavidades (308). Tan pronto como se introduce un medio de presión en la cámara (305), ambos conos de presión (309) se trasladan separándose uno de otro y cierran por tanto los espacios libres (308), de modo que la rigidez del sistema, tal como se describe en los otros sistemas, aumenta continuamente. Con respecto al sistema descrito en la figura 4 ambas capas participan en el endurecimiento progresivo. La desventaja es la necesidad más elevada de espacio en la dirección radial.

La figura 10 muestra, a modo de ejemplo, un sistema que no tiene un diseño cónico sino cilíndrico. La dirección de acción se realiza preferentemente en dirección radial. Mediante el movimiento del elemento de empuje (402) el volumen de desplazamiento (403) se introduce a presión en el elastómero (404). Por consiguiente, el intersticio (06) se cierra de manera continua, lo que provoca un aumento de la rigidez radial. El elemento de empuje se mueve mediante un elemento hidráulico (406). Se trata de un elemento similar al de la figura 6. Este elemento, tal como se representa, puede ser monocapa o también multicapa, de modo pueden superarse recorridos mayores. En su lugar también puede utilizarse cualquier elemento hidráulico según el estado de la técnica.

La figura 11 muestra asimismo un sistema en forma de casquillo. En este sistema están dispuestos dos casquillos el uno detrás del otro. Entre ambos casquillos está prevista una cavidad (501), que mediante presurización a través de la toma de presión (505) presenta un volumen con una forma similar, a la representada en (504). Por consiguiente, también en este caso se cierra a su vez el intersticio (06) de modo que mediante la presión aumenta la rigidez.

La figura 12 muestra asimismo una pieza constructiva de elastómero cilíndrica con simetría de revolución, que se asemeja a un casquillo elastómero convencional, que tiene una toma hidráulica central. En la zona de esta toma la capa de goma tiene un espacio de compresión (501) anular. Este se crea gracias al elastómero (502) que no está unido al casquillo externo (505) en forma de anillo en la zona (501). Por consiguiente, con la presurización a través de la toma (205) en la zona (501), se crea la forma de expansión (504), de modo que el volumen de desplazamiento en este lugar cierra el intersticio (06), aumentando la rigidez radial.

Las figuras 13 y 14 muestran la aplicación de los absorbedores de vibraciones ajustables de acuerdo con la invención en aerogeneradores. En estos pueden utilizarse de la siguiente manera: los aerogeneradores modernos tiene velocidad de giro variable, de modo que con frecuencia no es suficiente utilizar absorbedores o rodamientos con una frecuencia de resonancia fija, que solamente pueden suavizar vibraciones de una frecuencia determinada. En el caso del funcionamiento con velocidad de giro variable las frecuencias también son variables. Las vibraciones interferentes, que deben amortiguarse con los absorbedores de vibraciones, se originan principalmente mediante las frecuencias de engrane de engranajes y también mediante pares de arranque de generadores. Por consiguiente, es útil utilizar los absorbedores y rodamientos de acuerdo con la invención en la zona del origen de las vibraciones. Los absorbedores y rodamientos se incorporan de tal manera que sus direcciones de acción están orientadas hacia la dirección de las vibraciones que se originan. En el engranaje aparecen principalmente excitaciones torsionales principalmente en la dirección perimetral. Deformaciones de la carcasa bajo las vibraciones provocadas por el engrane y también mediante fenómenos de resonancia de piezas constructivas de engranaje provocan adicionalmente que aparezcan vibraciones en todos los ejes espaciales. En el caso de generadores la disposición de los polos origina los denominados pares de arranque, que superponen al par de torsión un par de torsión de vibración. Esto causa una excitación de vibración del estátor en la dirección perimetral. Debido a esta excitación tangencial se originan también movimientos secundarios bajo excitación forzada y con ello vibraciones del generador en todos los ejes espaciales. En particular, además de la excitación forzada, también se excitan frecuencias de resonancia, que corresponden a la frecuencia de excitación

respectiva.

La posible dirección de acción ajustable de manera adaptativa de los absorbedores o rodamientos cónicos de acuerdo con la invención es radial y axial. La relación entre frecuencia de absorbedor axial y radial se determina a través del ángulo de cono de los elementos de elastómero, que se sitúan preferentemente entre 30 y 60°. El absorbedor descrito en la figura 9A es un híbrido de la figura 4 y figura 9. Los absorbedores adaptativos descritos en la figura 10-12 basados en casquillos dobles elásticos cilíndricos tienen su dirección de acción preferente en dirección radial.

Mientras que la capa aproximadamente cilíndrica de la figura 4 se encuentra en el diámetro interno, en la figura 9a es externa y ligeramente cónica. La capa externa para aumentar la zona de ajuste puede ser cónica e incluir una cavidad (3), pero también, como en la figura 4, puede tener un diseño cilíndrico y no incluir ninguna cavidad. Es esencial que esta capa esté situada en una zona de diámetro mayor que en el caso en la figura 4. Así, la rigidez de esta capa es más alta y por lo tanto notablemente más rígida que la capa de elastómero interna (303). Para permitir una zona de ajuste lo mayor posible con la capa interna (303), la capa externa (310) debe presentar una rigidez esencialmente mayor. En la figura 4 la capa cilíndrica interna está realizada por lo tanto más larga.

La figura 15 muestra, a modo de ejemplo, una disposición en forma de estrella de un sistema de amortiguación adaptativo que actúa en todos los ejes espaciales, construida a partir de los elementos de cono múltiple o cono doble de acuerdo con la invención. La variedad del sistema 3D puede alcanzarse de manera específica y controlada mediante diferentes rigideces de los elementos individuales, Mientras que el sistema homogéneo orientado en una dirección espacial provoca rigideces iguales.

Figura 16: una posibilidad adicional para el aumento de la fuerza consiste en tensar elementos de elastómero cónicos (801) axialmente con la fuerza (806) el uno contra el otro de modo que el intersticio (802) situado entre ellos, se cierra. La figura 16A muestra simbólicamente el rodamiento cónico con el intersticio (802). En la figura (16B) el intersticio está parcialmente cerrado. En la figura 16 C el intersticio está completamente cerrado. La longitud (803) del rodamiento cónico por lo tanto se duplica. Una duplicación de las longitudes conlleva un fuerte aumento de la rigidez de muelle, debido a la relación entre superficie libre y superficie unida. En función del valor de la relación longitud y grosor de capa, son posibles incrementos de la rigidez en un intervalo de factor de 8-20 al encontrarse ambas capas de elastómero (figura 16C). Los elementos de elastómero pueden dimensionarse según las reglas conocidas. También pueden emplearse elementos multicapa. La fuerza (806) puede aplicarse mediante elementos hidráulicos, elementos neumáticos, accionamientos de husillo o también magnéticamente.

La figura 17 muestra un elemento de 2 capas. En este ejemplo un único rodamiento cónico doble se pretensa a través de un fuelle de aire de un sistema neumático.

La figura 18 muestra, a modo de ejemplo, un sistema que consiste de tres rodamientos cónicos dobles. Estos se pretensan conjuntamente por medio de un elemento de aplicación de fuerza, en este caso también un fuelle de aire. En el sistema que se ha descrito anteriormente los conos externos se comprimen conjuntamente. Pero también es posible, alcanzar la tensión previa con los conos internos mediante introducción de la fuerza (807) como se muestra en la figura 19.

La figura 19 representa, a modo de ejemplo, una realización adicional, ajena a la invención, en forma de una combinación de las funciones descritas en la figura 16 a 19 con las funciones descritas en la figura 1 a 3. Los aumentos de rigidez de ambos sistemas pueden multiplicarse por lo tanto. En la aplicación de la fuerza (806), el espacio libre (06) y el intersticio (802) se cierran continuamente. Por consiguiente, ambos métodos para reforzar la rigidez se solapan. Por lo tanto, son posibles factores de rigidez de aproximadamente 5 con una relación de longitud aceptable, lo cual proporciona un factor de rigidez de aproximadamente 18 – 20 considerando únicamente el intersticio (06). Si simultáneamente, mediante el cierre del intersticio (802) se alcanza un factor de rigidez adicional de aproximadamente 10, el factor de rigidez total aumenta a un valor de 180. Por consiguiente, con este método se puede conseguir un desplazamiento de frecuencia de un factor significativamente > 10.

La figura 20 muestra un sistema de rodamiento/absorbedor de acuerdo con la invención, en el que la presión puede regularse en función de la frecuencia de excitación. Para compensar las propiedades de tolerancia, de temperatura y de envejecimiento de los elastómeros, se vigila y se regula la frecuencia de resonancia del absorbedor o del rodamiento, y con ello la presión que va a aplicarse se monitoriza constantemente en función de la frecuencia de funcionamiento que va a amortiguarse, y de la posición de fase del absorbedor con respecto a la vibración de funcionamiento.

Las figuras 21 a 23 muestran, a modo de ejemplo, una aplicación correspondiente en un absorbedor de acuerdo con la invención, o en un rodamiento cónico doble. Se componen del actuador-electroimán (1020) en el que una bobina está enrollada alrededor de un núcleo y del estátor (1021). Entre ambas piezas constructivas se encuentra un intersticio (1023) que permite un movimiento relativo (1024) y (1025), entre (1021) y (1020). Estas piezas corresponden al estado de la técnica y se utilizan por lo general para el accionamiento de instalaciones de transportadores vibrantes. Para el ajuste exacto del intersticio, que es de entre 0,2 mm a 1,5 mm (máximo 3 mm), puede ser montado un dispositivo de ajuste (1022). Una ventaja adicional es que los absorbedores de vibraciones de acuerdo con la invención, que están

equipados con tales electroimanes de tracción y presión, pueden hacerse funcionar en todos los ejes espaciales. Mientras que un actuador de bobinas móviles no permite ejecutar ningún movimiento lateral, en el caso del electroimán de tracción y presión no hay ningún inconveniente cuando simultáneamente se realiza un movimiento lateral. En la figura 21 y 23 se representa la interacción de varios imanes. Los imanes pueden ser operados con igual frecuencia e igual fase, sin embargo, también pueden ser operados con frecuencia diferente y fase diferente en los diferentes ejes espaciales. En conjunto, el funcionamiento simultáneo es posible, por tanto, en todos los ejes espaciales.

En el accionamiento de imán axial representado en la figura 21 y figura 22, se comprime el medio de presión situado en (4) en el caso de un movimiento axial (1025). Para esta excitación axial es ventajoso, que el medio situado en (4) sea compresible, de modo que sea posible movimiento. En el caso de que sea necesario un líquido no compresible para alcanzar las fuerzas de muelle necesarias, debe preverse una elasticidad adicional. Esto puede realizarse en forma de una burbuja de gas o de otro elemento de muelle, que permite un movimiento de muelle del medio de presión (en este caso líquido). La instalación de los imanes se realiza preferentemente en el espacio no presurizado. El imán (1020), (1021) sin embargo también puede funcionar, tal como se representa en la figura 22, dentro del medio de presión (4).

En la figura 24 está representado un absorbedor adaptativo ajustable radialmente en dos direcciones: los sistemas que se han descrito hasta el momento presentan una rigidez en el plano radial (X-Y), que está dispuesto en perpendicular al eje de los elementos de rodamiento. Un dispositivo descrito a continuación permite también el ajuste de diferentes rigideces en el plano X-Y, realizándose esto como ajuste previo estático, por ejemplo, mediante al menos un tornillo de reglaje o dispositivos similares, que resulta en la compresión de las capas de elastómero en cuestión, o también de manera adaptativa, por ejemplo con medio de un sistema hidráulico variable. El ajuste previo estático sucede mediante atornillado del tornillo de reglaje (2002), Por lo que el volumen de desplazamiento (2001) se presiona en el sistema ya descrito, de modo que el intersticio (06-1) se cierra antes y por lo tanto en la dirección de la pieza funcional comprimida se produce una rigidez más alta. En la figura 24 el intersticio (06-01) y (03-01) ya está aumentado en el estado original, de modo que la dirección X contiene una rigidez menor antes del atornillado del (de los) tornillo(s) de reglaje (2002). Para un desplazamiento de rigidez menor es suficiente un tornillo de reglaje en un lado. Para variaciones de rigidez mayores, tal como se representa en la figura 24, pueden emplearse dos tornillos de reglaje enfrentados. Si el (los) tornillo(s) de reglaje (2002) se atornilla(n), la rigidez menor anterior aumenta en la X dirección, de modo que inicialmente se compensan ambas rigideces. En el atornillado adicional la rigidez sigue aumentando en la dirección X, de modo que esta se hace significativamente mayor que la rigidez en la dirección Y. En lugar del tornillo de reglaje pueden utilizarse también otros medios técnicos con la misma función. La forma de realización descrita sirve por ejemplo como equipo de calibración para compensar diferentes rigideces del diseño de conexión en la dirección X y dirección Y. Por tanto, se corrigen desviaciones de frecuencia de aproximadamente 10 % a 30 %. Con ayuda de esta forma de realización también es posible el funcionamiento adaptativo del absorbedor en dos direcciones. Para el funcionamiento adaptativo el tornillo de reglaje se sustituye por una toma hidráulica. Un aumento de la presión tiene como consecuencia un aumento de la rigidez. Por tanto, la capacidad de adaptación descrita previamente en el plano puede así tener lugar en dos direcciones de manera independiente entre sí. El intervalo de ajuste de esta segunda capacidad de adaptación es aproximadamente de 50 % a 80 % de todo el intervalo de ajuste del sistema adaptativo. La forma de realización descrita puede aplicarse en todos los absorbedores descritos en las figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 21, y 22.

REIVINDICACIONES

1. Absorbedor de vibraciones ajustable adecuado para aerogeneradores, que consiste esencialmente en una masa absorbidora y al menos un rodamiento cónico doble para la adaptación y ajuste a frecuencias de excitación que aparecen en la turbina, en el que el al menos un rodamiento cónico doble comprende dos rodamientos cónicos, que están dispuestos enfrentados por su base de cono ancha y / o su base de cono corta, y cada uno de los dos rodamientos de cono comprende:
- (a) al menos un elemento de cono interno (8) (108)(307)(804) con simetría de revolución no elástico y
 - (b) al menos un elemento de cono externo (9) (202)(805) con simetría de revolución no elástico, que ha sido introducido a través del elemento de cono interno,
- en el que elemento de cono interno y el elemento de cono externo están unidos entre sí mediante una capa de elastómero (101)(208)(303)(304)(310) monocapa o multicapa, y presentan en cada caso en el centro en dirección axial un taladro cilíndrico para el alojamiento de dispositivos de fijación o dispositivos tensores, y el elemento de cono interno y/o el elemento de cono externo en dirección axial pueden desplazarse activamente o pasivamente mediante medios de presión mecánicos, hidráulicos, neumáticos o magnéticos o dispositivos dentro del rodamiento cónico o fuera del rodamiento cónico, **caracterizado por que** está previsto un intersticio (3)(103)(308)(802) con simetría de revolución, que se presenta en el estado no tensado con una forma correspondiente a los elementos de cono citados, en la zona de la capa de elastómero (101)(208)(303) (304)(310) a lo largo de la interfaz entre capa de elastómero y elemento de cono interno (8)(108)(307)(804), o a lo largo de la interfaz entre capa de elastómero y elemento de cono externo (9)(202)(805) en el lado hacia el elemento de cono externo, o en el lado hacia el elemento de cono interno , que
- (i) se forma en esta zona mediante configuración abombada, cóncava o convexa de la capa de elastómero y / o del elemento de cono interno o externo no elástico,
 - (ii) presenta a lo largo de la citada interfaz una longitud, que corresponde a de 20 a 80 % de la longitud de los elementos de cono o de la longitud de la capa de elastómero entre los elementos de cono citados, y
 - (iii) presenta un grosor, a lo largo de la citada interfaz, que corresponde a 5 - 30 % del grosor de la capa de elastómero entre los elementos de cono citados,
- en el que, el intersticio citado se llena, parcial o totalmente, por el desplazamiento axial activo o pasivo de los elementos de cono no elásticos mencionados mediante los citados medios de presión o dispositivos mecánicos, hidráulicos, neumáticos o magnéticos por compresión y desplazamiento parcial de la citada capa de elastómero existente entre los elementos cónicos hacia el citado intersticio, por lo que la rigidez del rodamiento cónico puede variarse y adaptarse de acuerdo con la frecuencia de excitación que va a amortiguarse.
2. Absorbedor de vibraciones según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los elementos de cono presentan en el centro en la zona del taladro cilíndrico un manguito interno cilíndrico (13) dispuesto axialmente, que está unido a través de una capa de elastómero (1) al menos con el taladro axial cilíndrico del elemento de cono interno (8)(108)(307)(804).
3. Absorbedor de vibraciones según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** el elemento de cono interno (8)(108)(307)(804) puede desplazarse y se presiona, mediante los citados medios de presión, contra el elemento de cono externo (9)(202)(805) fijo.
4. Absorbedor de vibraciones según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** el elemento de cono externo (9)(202)(805) puede desplazarse y se presiona, mediante los citados medios de presión, contra el elemento de cono interno (8)(108)(307)(804) fijo.
5. Absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 - 4, **caracterizado por que**, la capa de elastómero cónica (101)(208)(303)(304)(310) posee, en uno o varios lugares, un acceso directo (2002) para medios mecánicos, neumáticos o hidráulicos, así como un volumen elastomérico adicional (2001), en el que el acceso está colocado de modo que en la dirección radial x,y- se alcanza una rigidez variable que puede adaptarse en la dirección x, y.
6. Absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 - 5, **caracterizado por que** entre elemento de cono interno y elemento de cono externo están presentes elementos de cono adicionales, que están unidos total o parcialmente entre sí mediante capas de elastómero, de modo que se forma un rodamiento cónico múltiple.
7. Absorbedor de vibraciones según la reivindicación 6, **caracterizado por que** los citados elementos de cono adicionales y / o las citadas capas de elastómero adicionales presentan espacios libres adicionales, en el que puede introducirse a presión material elástico.
8. Absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 - 7, **caracterizado por que** el ángulo de cono α de un elemento de cono es menor que el ángulo de cono de otro elemento de cono, de modo que mediante los diferentes ángulos de cono puede influirse de manera diferente en las vibraciones radiales y axiales.

9. Absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 - 8, **caracterizado por que** el desplazamiento axial de los elementos de cono se realiza activamente mediante uno o varios imanes planos.
- 5 10. Absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 - 9, **caracterizado por que** están presentes sensores, y opcionalmente equipos electrónicos controlados por ordenador, que miden una variación de la secuencia de excitación, y a partir de la variación medida de la frecuencia de excitador provocan una adaptación automática de la rigidez mediante desplazamiento axial de los elementos de cono correspondientes.
- 10 11. Absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 - 10, **caracterizado por que** los elementos de cono interno (8)(108)(307)(804) están unidos a un manguito cilíndrico axial (13) alrededor del taladro axial central mediante una capa de elastómero (1), y entre ambos rodamientos cónicos, que forman el rodamiento cónico doble, se encuentra una cámara de presión (4)(305), que puede presurizarse, de modo que los elementos de cono interno respectivos que pueden moverse libremente pueden separarse unos de otros de manera forzada axialmente y por tanto se inserta a presión material de elastómero (101)(208)(303) (304)(310) en los citados espacios libres 15 (3)(103)(308)(802) de los rodamientos.
12. Aerogenerador, **caracterizado por que** presenta un absorbedor de vibraciones según una de las reivindicaciones 1 - 11, que está dispuesto en la zona del cubo de rotor, de las palas de rotor, de la barra de engranaje o de la torre.
- 20 13. Aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** 4 - 48 absorbedores de vibraciones están dispuestos distribuidos simétricamente en la zona del cubo de rotor para la reducción de vibraciones mediante variaciones de la velocidad de giro de rotor y / o engranaje.

Figura 1:

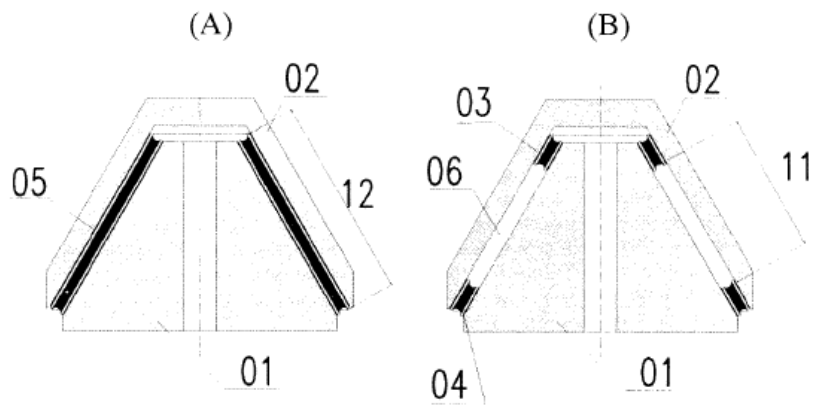


Figura 2:

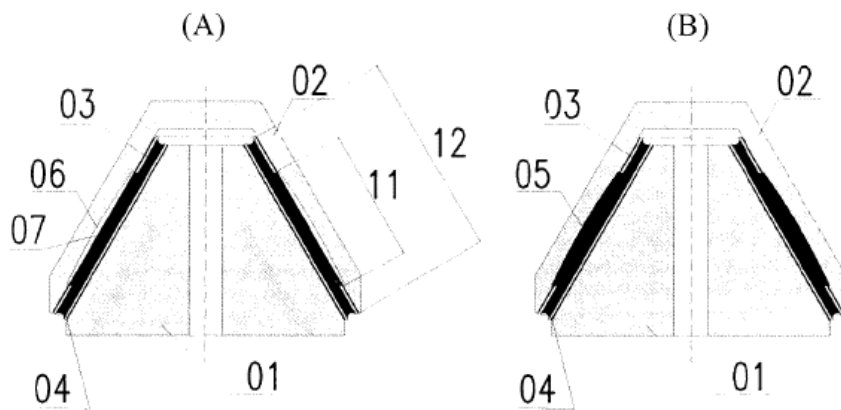


Figura 3:

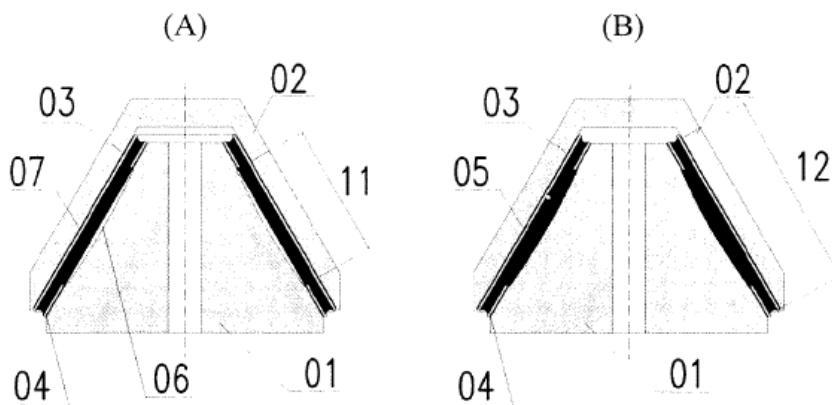


Figura 4:

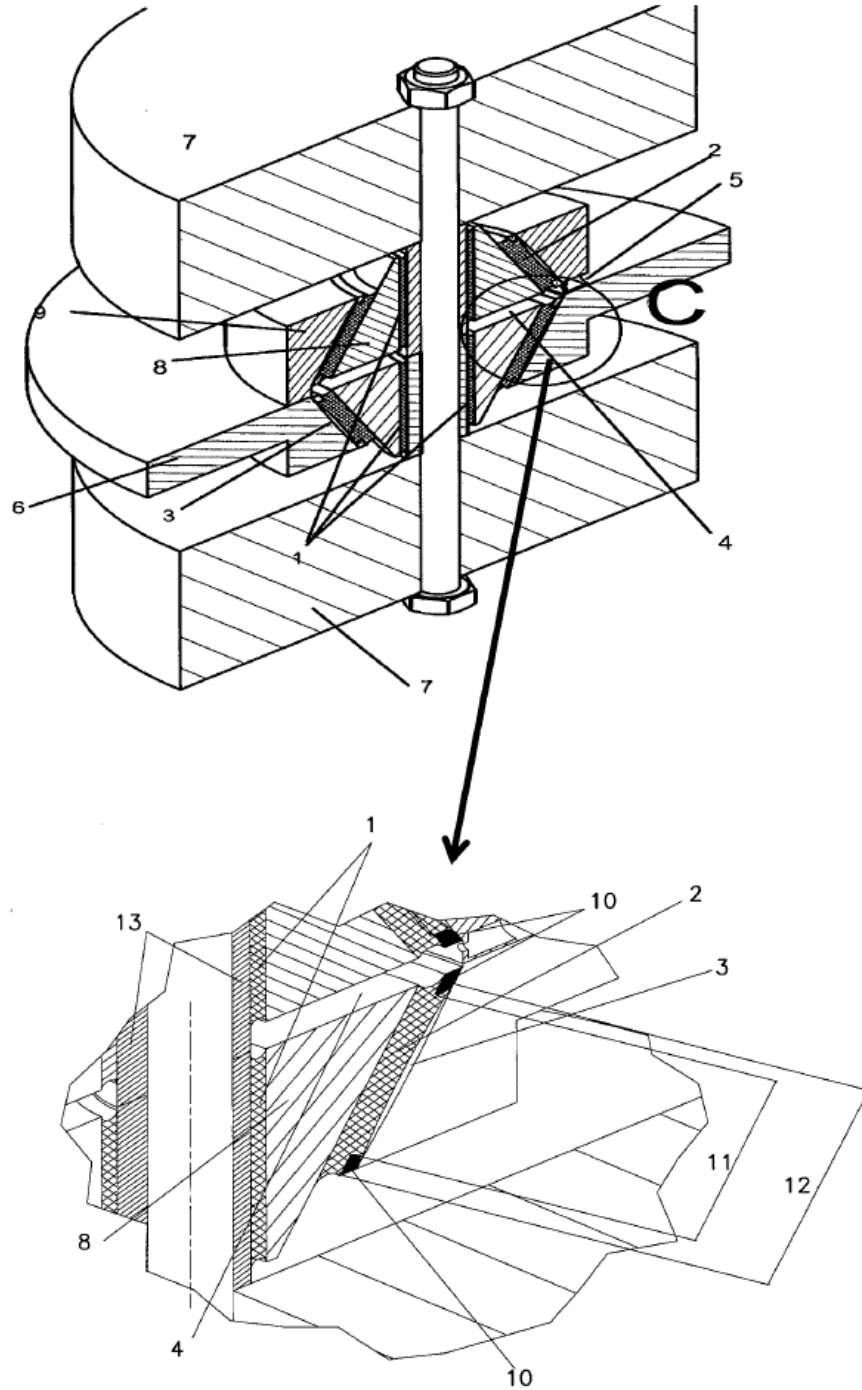


Figura 5:

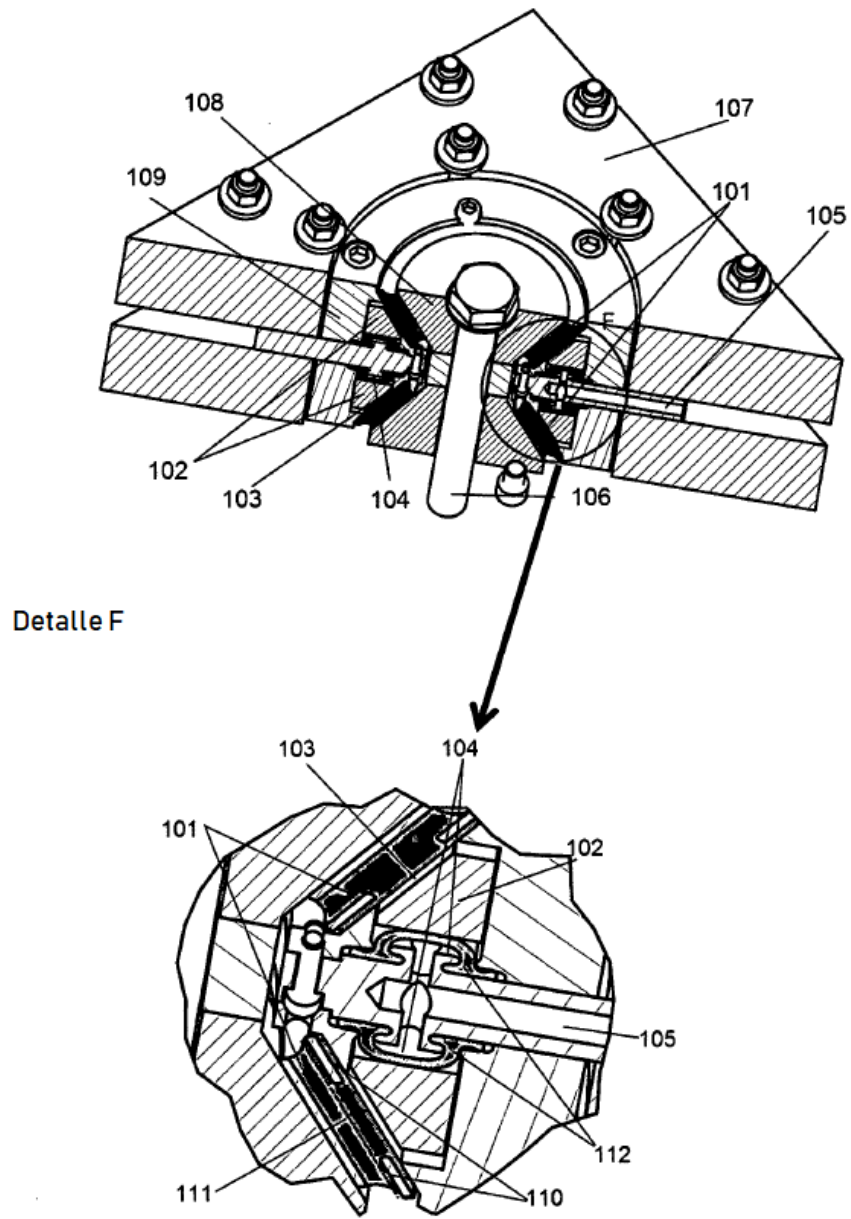


Figura 6:

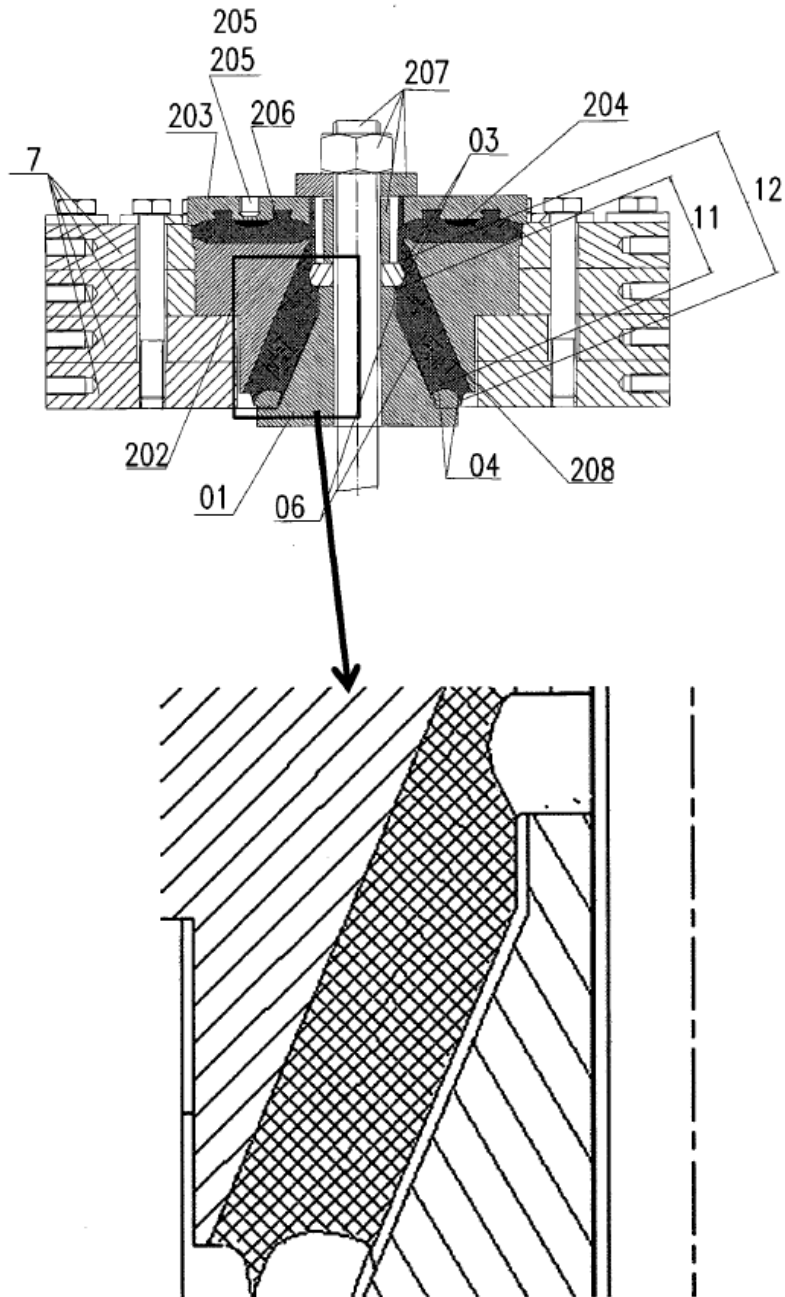


Figura 7:

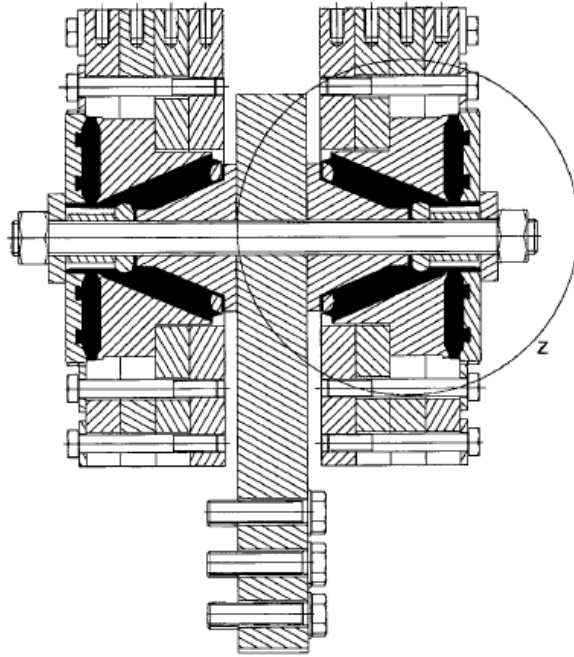


Figura 7a:

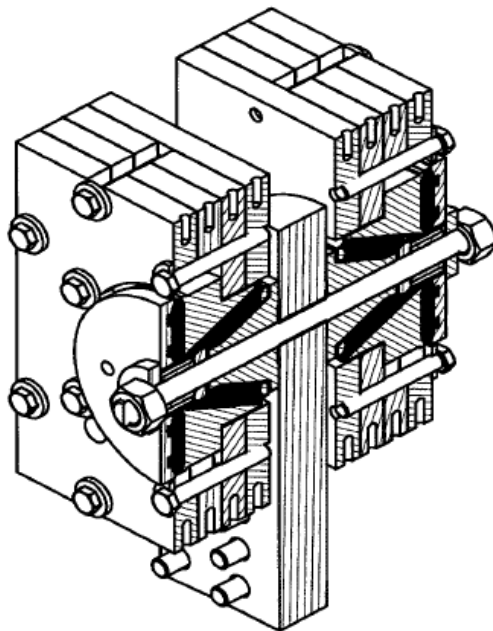


Figura 8:

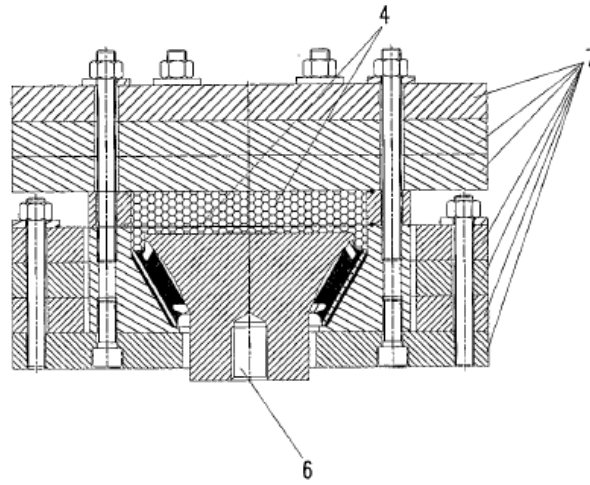


Figura 8A:

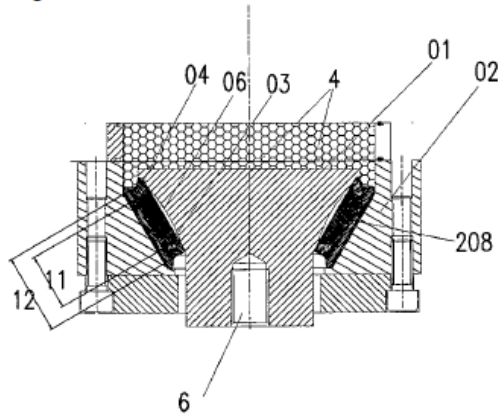


Figura 8B:

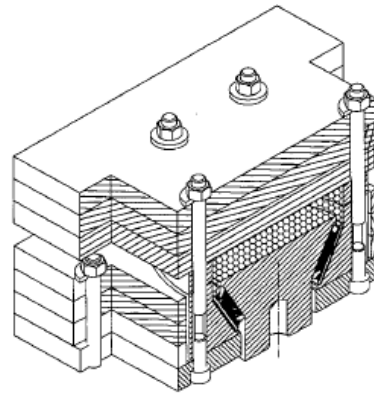


Figura 8C:

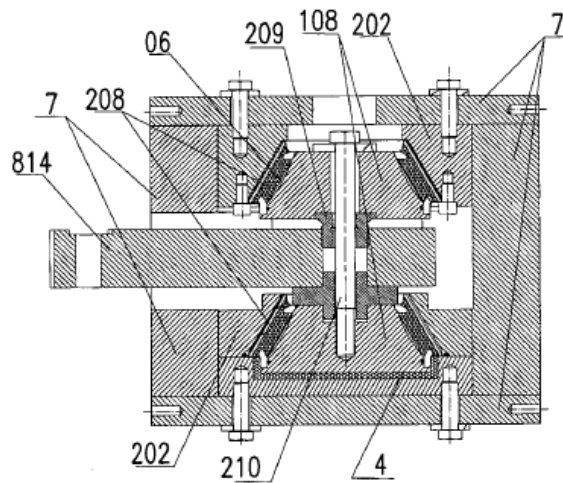


Figura 9A:

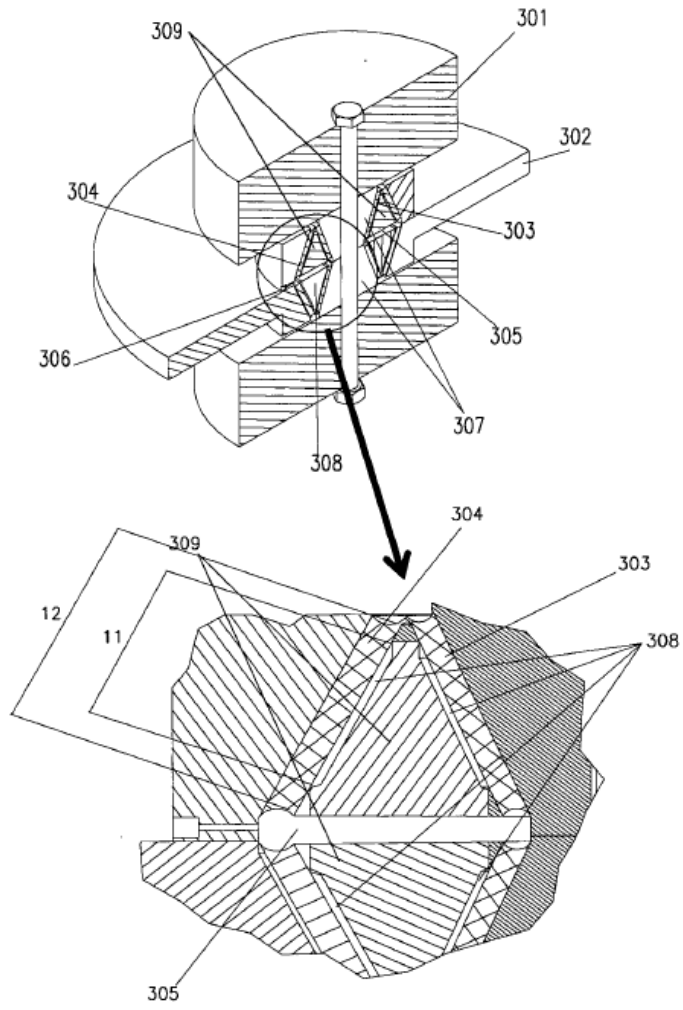


Figura 9B:

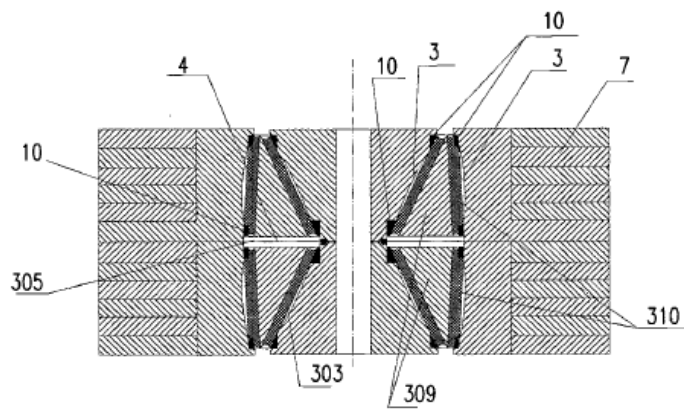


Figura 10

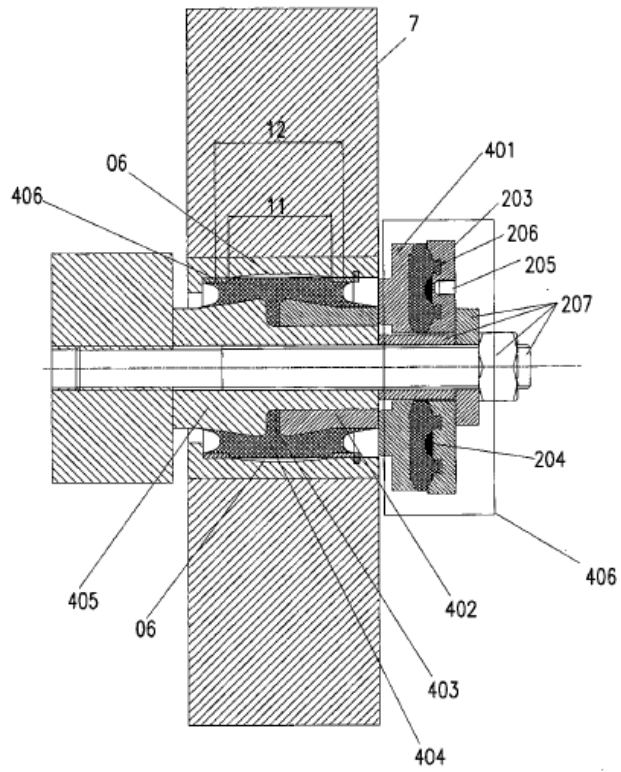


Figura 11:

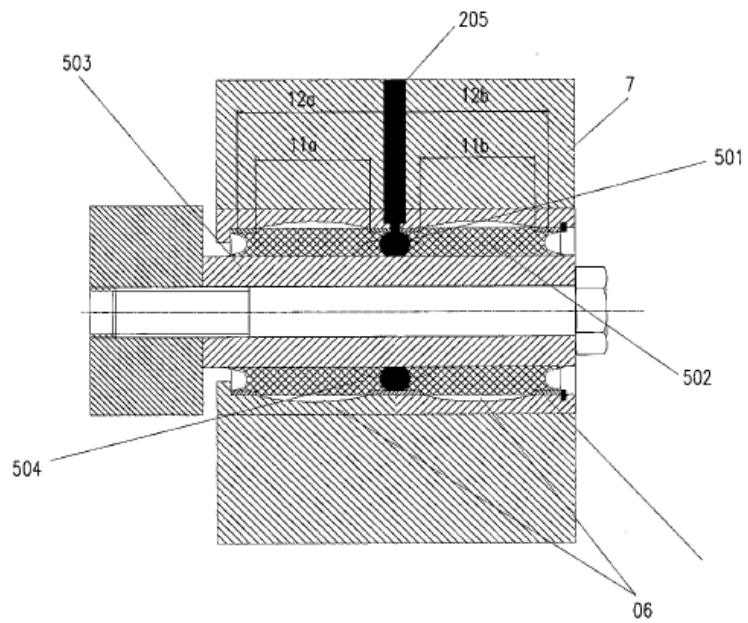


Figura 12:

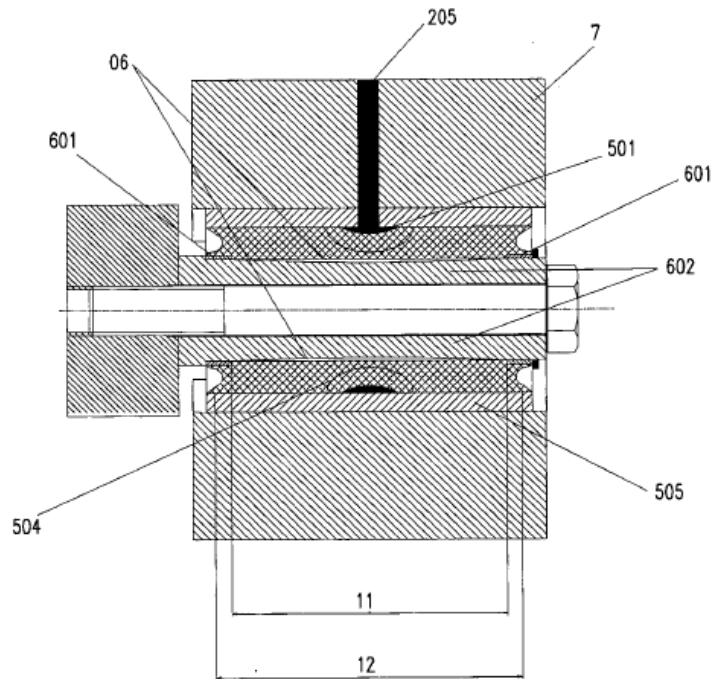


Figura 13:

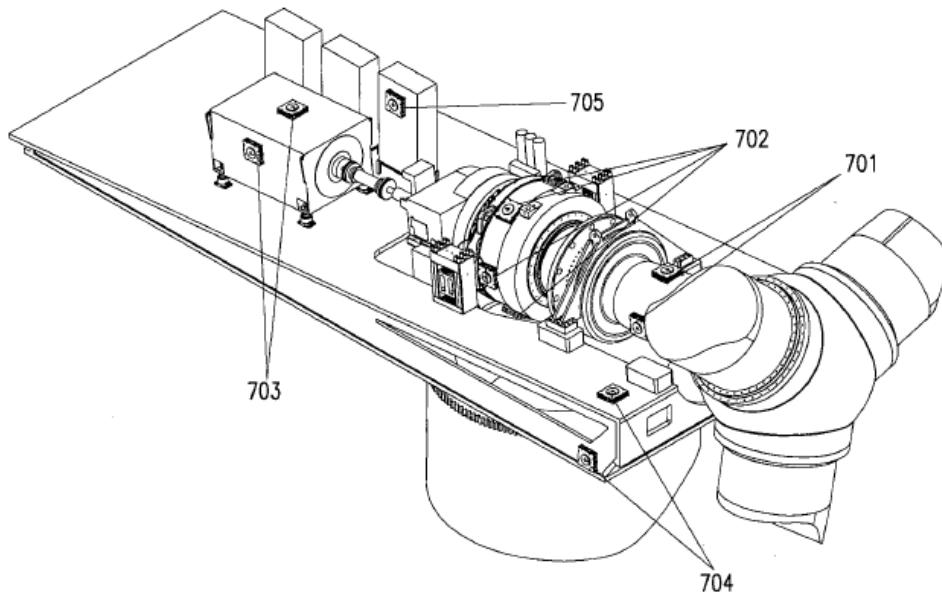


Figura 14:

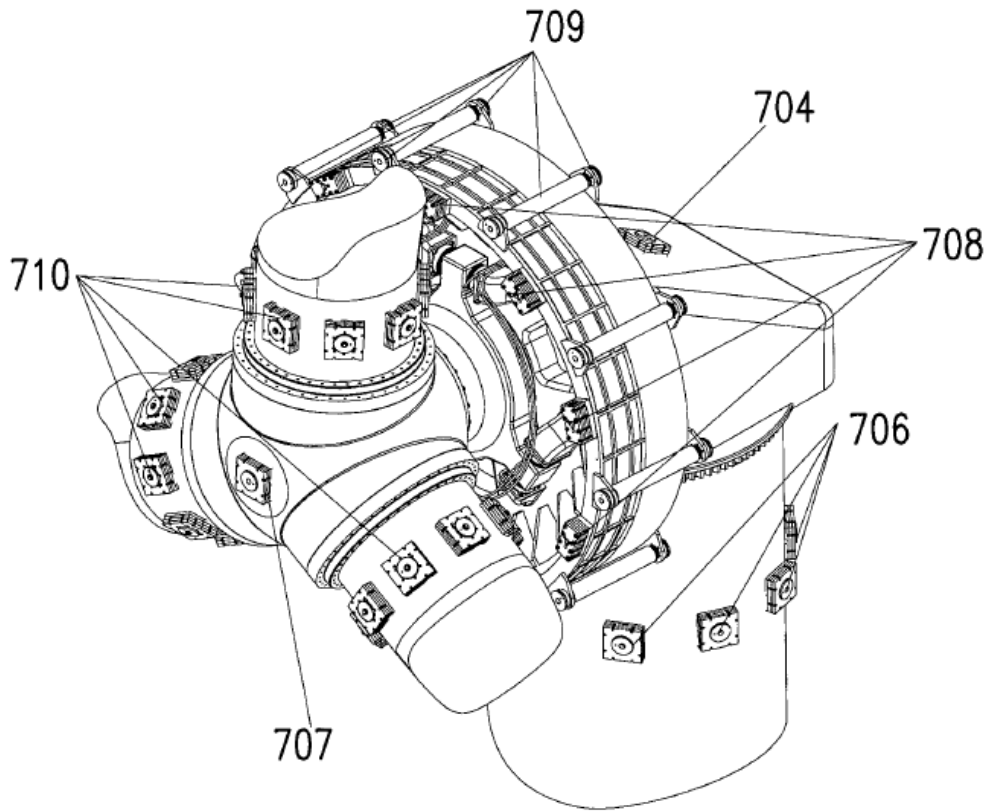


Figura 15A:

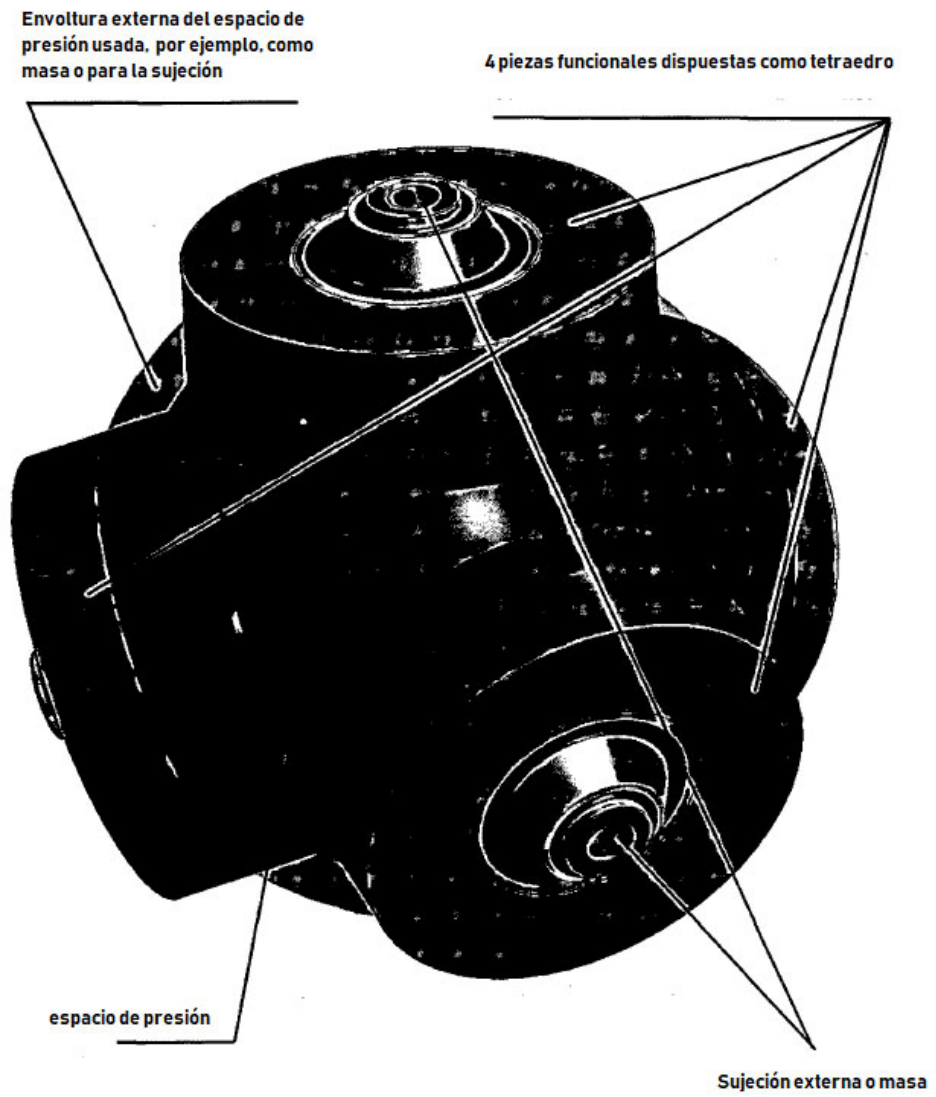


Figura 15B:

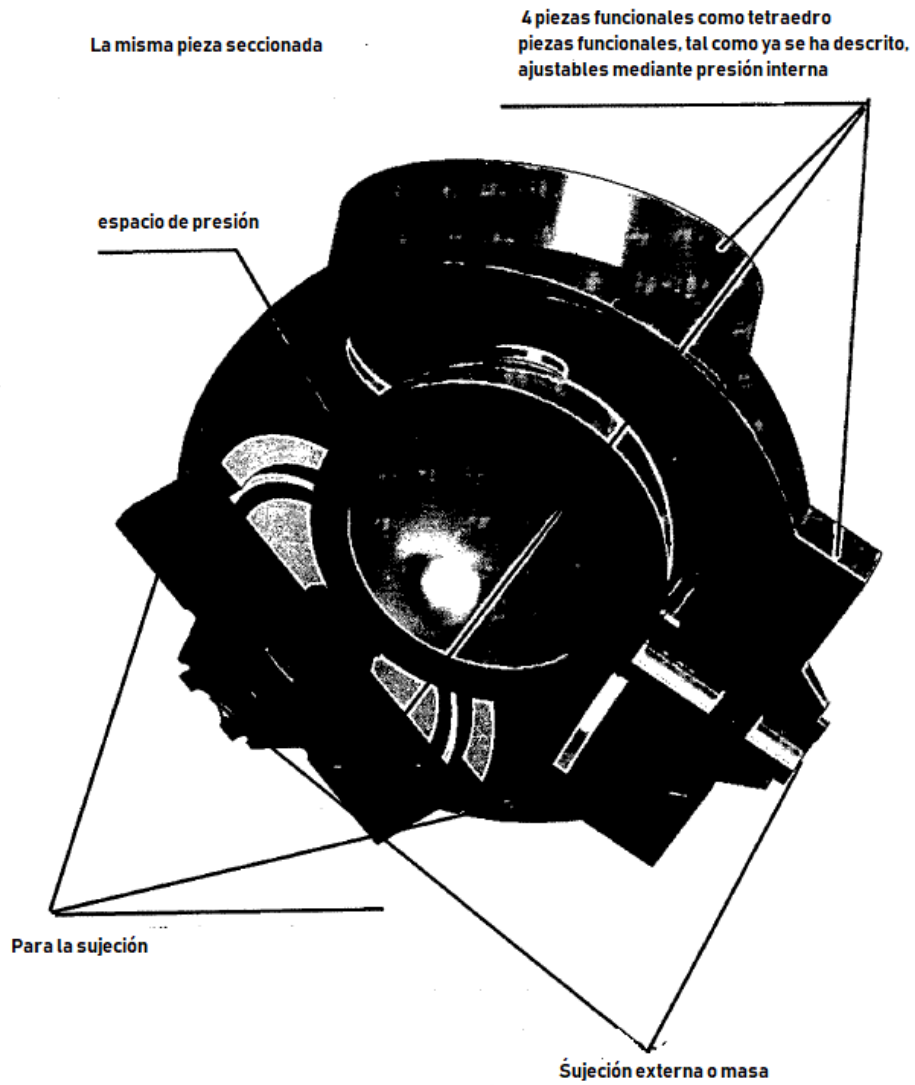


Figura 16:

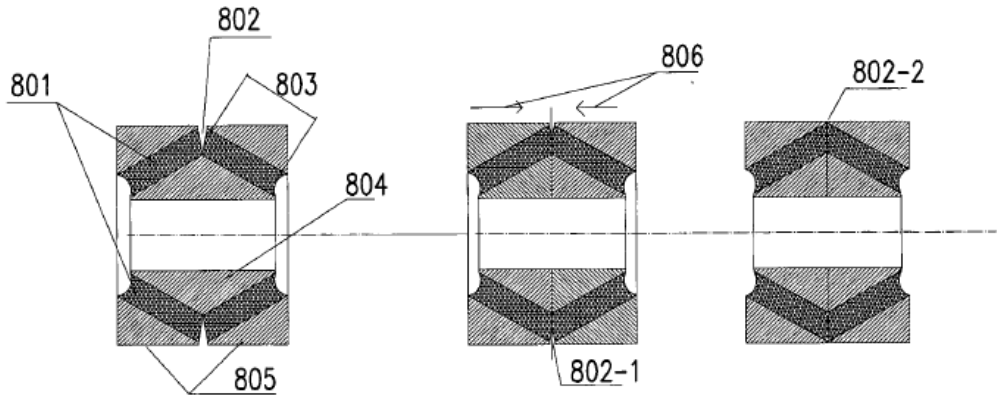


Figura 17:

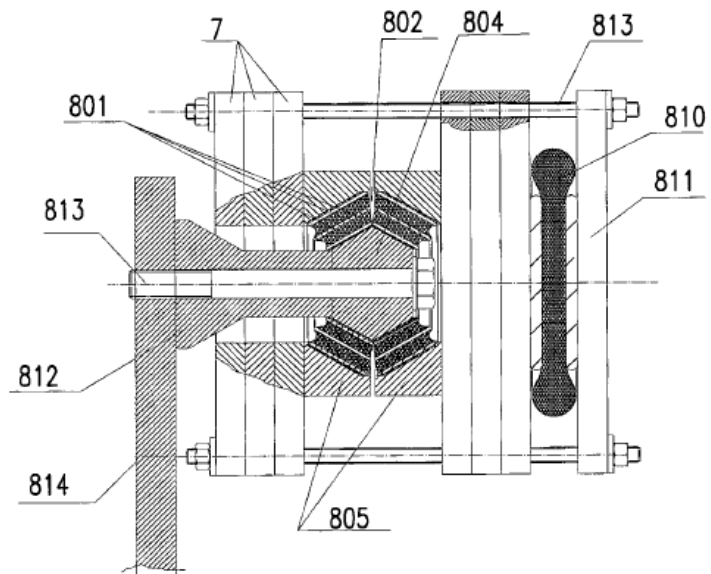


Figura 18A:

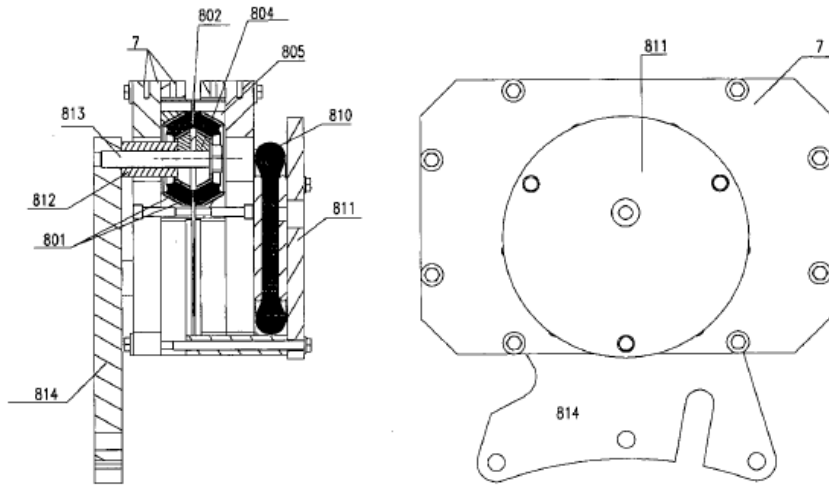


Figura 18B:

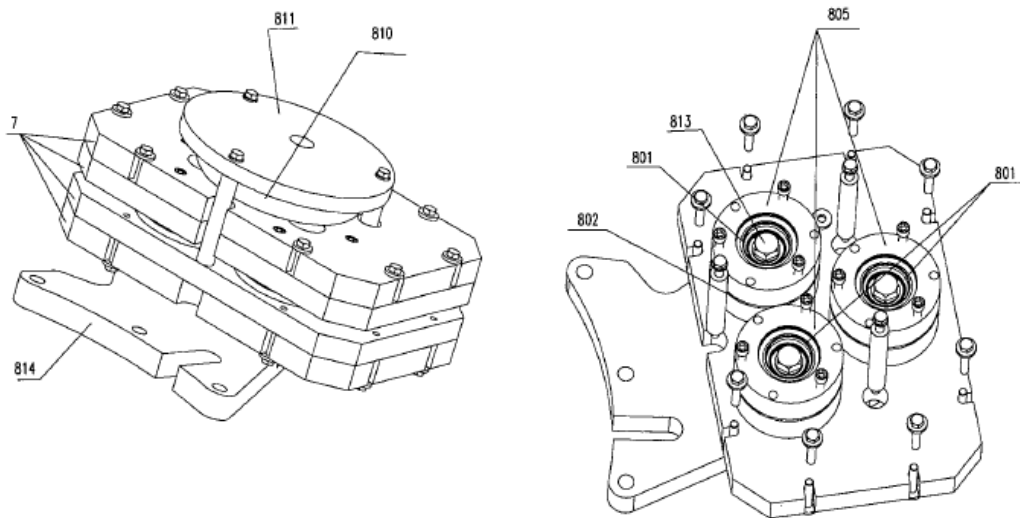


Figura 19:

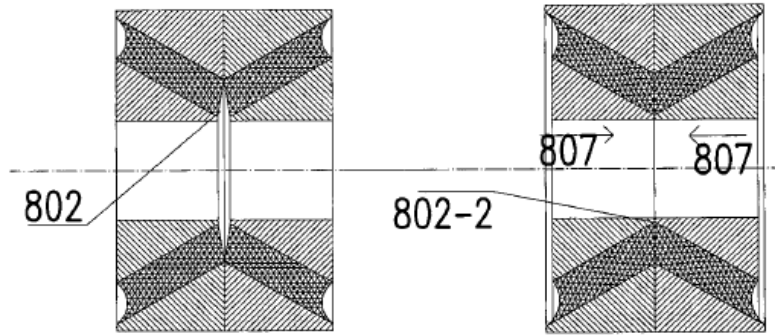


Figura 20:

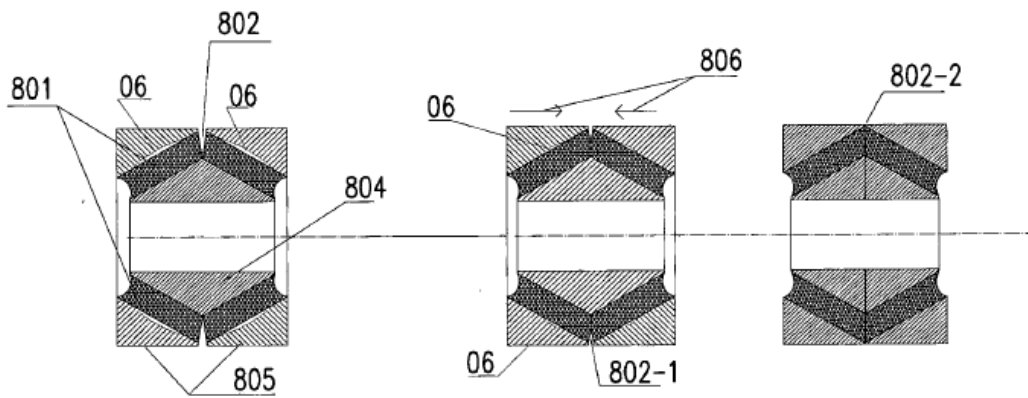


Figura 21A:

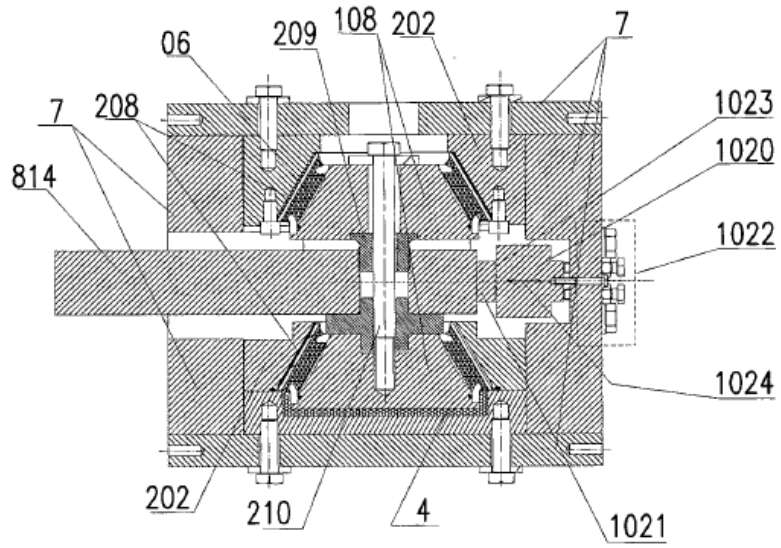


Figura 21B:

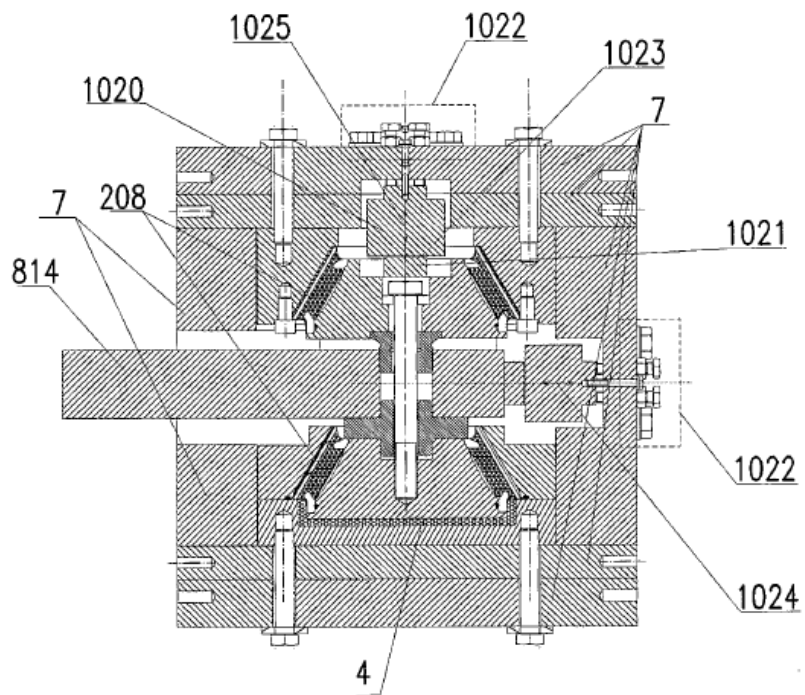


Figura 22:

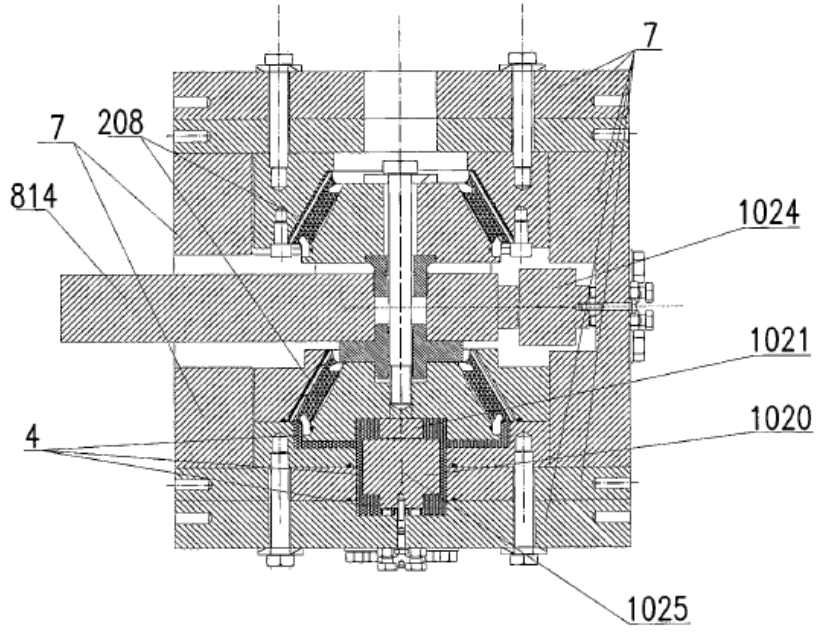


Figura 23:

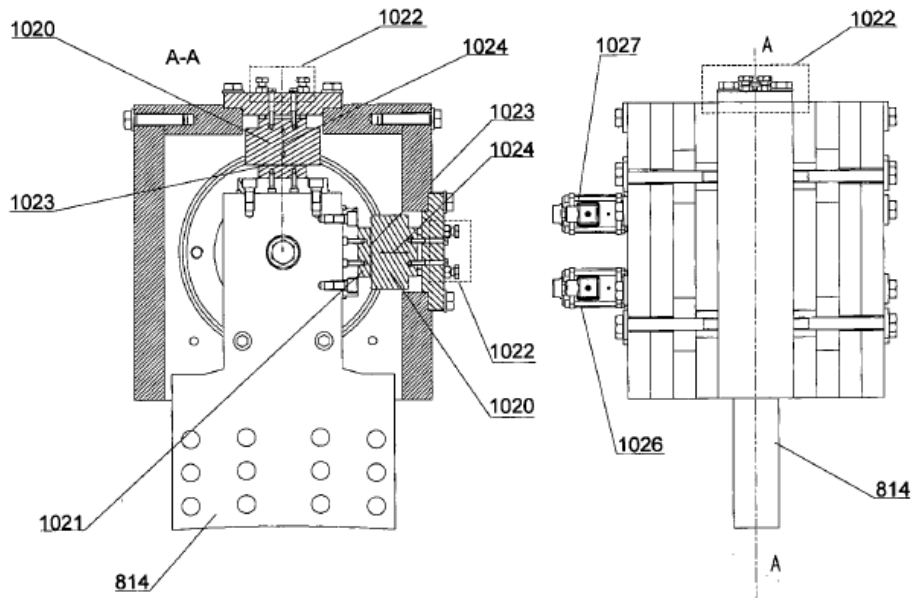


Figura 24A:

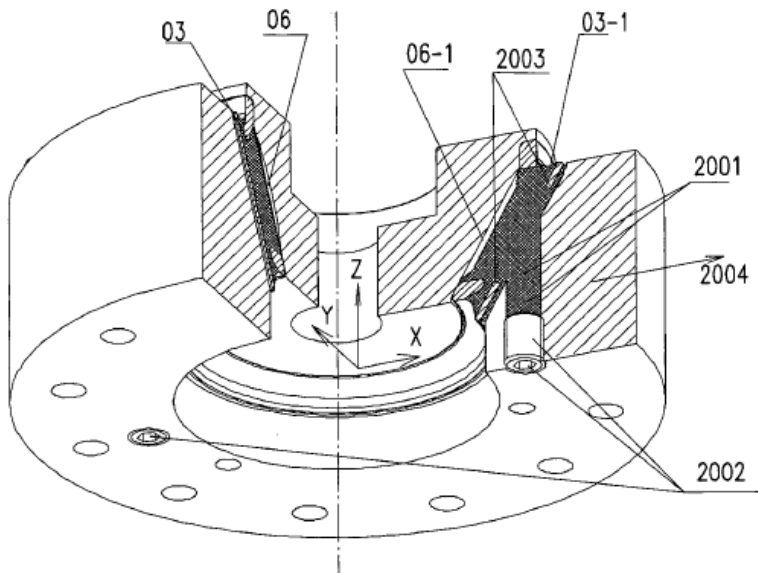
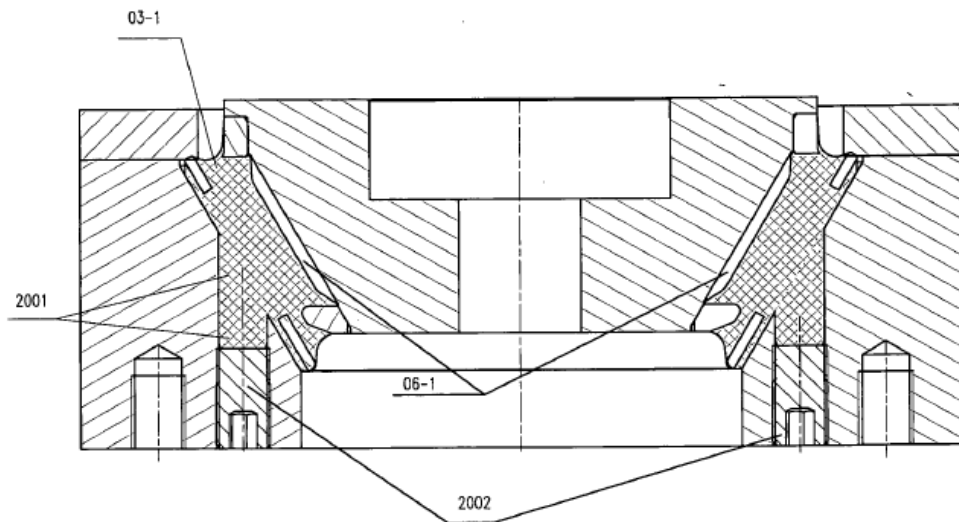


Figura 24B:



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La lista de referencias citadas por el solicitante es para la conveniencia del lector solamente. No forma parte del documento de patente europea. Aunque se ha puesto gran cuidado para la recopilación de las referencias, no se puede excluir la existencia de errores u omisiones y la Oficina de Patentes Europea declina toda responsabilidad al respecto.

5

Documentos de patente citados en la descripción

- **WO 2013023724 A1 [0004]**