

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 959 629**

51 Int. Cl.:

F16F 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.01.2017 PCT/EP2017/000016**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.07.2017 WO17121633**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.01.2017 E 17701993 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2023 EP 3402999**

54 Título: **Absorbedor de vibraciones que tiene un freno electromagnético para turbinas eólicas**

30 Prioridad:

15.01.2016 EP 16000097

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

27.02.2024

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 2 959 629 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 que tiene un freno electromagnético para turbinas eólicas

5 La invención se refiere a un absorbedor de vibraciones, que se basa en el sentido más amplio en un dispositivo pendular para amortiguar vibraciones no deseadas que se producen debido a fuerzas que actúan, en particular, fuerzas del viento en estructuras altas y delgadas, en particular turbinas eólicas. La invención aquí se refiere a absorbedores de vibraciones, en los que la masa pendular se puede detener o frenar completa o parcial o temporalmente por un freno electromagnético, dependiendo del control del freno, por una alimentación de corriente o regulación de corriente correspondiente. En un modo de realización en particular ventajoso, el absorbedor de vibraciones es un absorbedor pendular rodante.

10 En principio, existen diversos casos de aplicación de frenos para absorbedores de vibraciones. Esto se aplica tanto a los absorbedores de vibraciones en turbinas eólicas, como a los absorbedores de vibraciones en otras estructuras delgadas, tales como torres, mástiles, edificios de gran altura.

15 En un primer caso de uso, el absorbedor de vibraciones siempre está libre. El absorbedor, por ejemplo, de una turbina eólica, está siempre en funcionamiento y se debe capturar y retener por el amortiguador para propósitos de mantenimiento.

20 En un segundo caso de uso, el absorbedor se fija durante el funcionamiento de la instalación. El absorbedor, por ejemplo de una turbina eólica, se apaga durante el funcionamiento de la instalación y está previsto que se encienda cuando la instalación se pone en funcionamiento o también en caso de una interrupción eléctrica. En este caso, el absorbedor se usa exclusivamente para proteger las instalaciones contra la excitación por vórtices de Kármán. Para este fin, el absorbedor solo se hace funcionar cuando la instalación está parada. Aquí se debe garantizar absolutamente que el absorbedor se encienda de forma fiable en caso de parada de la instalación y/o en caso de una interrupción eléctrica.

25 En el tercer caso de uso, el absorbedor que oscila libremente oscila sin frenar durante el funcionamiento de la instalación. En caso de impactos en particular fuertes, provocados, por ejemplo, por ráfagas de viento, la torre de una turbina eólica, conjuntamente con el absorbedor de vibraciones, se ve sometida a fuertes aceleraciones. Debido a estas aceleraciones, el absorbedor llega al tope final. Para reducir o incluso evitar el impacto si el absorbedor llega al tope, se "frena" el absorbedor con ayuda de un freno.

30 En otro caso de uso, es deseable mantener la amortiguación del absorbedor lo más baja posible, por ejemplo, en el caso de los absorbedores pendulares rodantes aquí descritos, que tienen una masa pendular rotatoria junto a una masa principal y se mueven sobre una pista curva. Los picos laterales que surgen en el caso de estos sistemas no amortiguados son en particular altos y, por lo tanto, pueden tener efectos perturbadores. Por lo tanto, tiene sentido frenar el absorbedor en el intervalo de frecuencia menor o mayor (+/- 10 %) que la frecuencia intrínseca de la torre.

Los absorbedores de vibraciones para amortiguar las vibraciones en turbinas eólicas que comprenden al menos un dispositivo pendular se divulgan, por ejemplo, en los documentos EP 2 378 118 A2 y EP 2 746 483 A1.

35 El objetivo que surge es, por tanto, proporcionar un dispositivo de freno para absorbedores pendulares, en particular, absorbedores pendulares rodantes, para los casos de uso descritos y otros, que pueda cubrir los diversos eventos de frenado y amortiguación, cuando sea apropiado de una manera selectiva y controlada por la gestión de corriente correspondiente.

El objetivo se ha logrado por los absorbedores de vibraciones descritos a continuación y en las reivindicaciones.

40 Por tanto, la invención se refiere principalmente a un absorbedor de vibraciones para amortiguar las vibraciones en turbinas eólicas, que dispone de un dispositivo pendular que comprende una masa absorbidora (1), que

- (i) está unida a una construcción de suspensión (2) de tal manera que puede oscilar libremente, o de forma alternativa
- (ii) está conectada a un dispositivo de rodadura (507), que está curvado de manera esencialmente cóncava o circular al menos en su región central y sobre el que la masa absorbidora se puede mover de un lado a otro conjuntamente con un componente de masa de rotación rotatoriamente simétrico, rotatorio accionado (510) por medio de un engranaje de rodadura accionado por rodillos o ruedas (508), donde el amortiguador de vibraciones tiene, de acuerdo con la invención, un dispositivo de freno electromagnético, que comprende un electroimán (101, 201, 301, 401, 501, 601), que está unido a un dispositivo de retención o guía elástico (105, 106, 205, 206, 209, 306, 307, 308, 309, 505, 506, 602) en el absorbedor de vibraciones de tal manera que, cuando la corriente circula en el electroimán, el electroimán se atrae sobre la masa absorbidora (1) o sobre el componente de masa de rotación (510), que está conectado a la masa absorbidora (1), hasta que se produce el contacto, de modo que el movimiento de la masa absorbidora o del componente de masa de rotación, de este modo se frena o se detiene, y el electroimán vuelve a su posición inicial en el estado libre de corriente debido al elemento de sostén elástico o simplemente debido a su peso, con liberación de la masa

absorbedora o del componente de masa de rotación. En un modo de realización preferente de la invención, el freno electromagnético se hace funcionar en este caso por gestión de corriente controlada de tal manera que efectúa la detención o frenado y reinicio de la masa absorbadora (1, 510), o la amortiguación del movimiento dependiente de la frecuencia variable de las masas absorbadoras y, por tanto, de las vibraciones no deseadas.

5 En el primer caso (i), el absorbador de vibraciones de acuerdo con la invención es un absorbador pendular clásico, en el que la masa absorbadora puede oscilar libremente en el plano x/y en cables o varillas.

10 En el segundo caso (ii), el absorbador de vibraciones de acuerdo con la invención es un absorbador rodante que se desplaza de un lado a otro en dirección x o y como un péndulo sobre una superficie de rodadura curvada, por ejemplo, una construcción real.

15 De acuerdo con la invención, el dispositivo de freno electromagnético comprende esencialmente un electroimán en un modo de realización en conformación de disco preferentemente plano, que está montado en un dispositivo de retención y guía elástico (105, 106, 205, 206, 209, 306, 307, 308, 309, 505, 506, 602), y un dispositivo mecánico y/o electrónico para regular el funcionamiento del electroimán dependiendo del movimiento de la masa absorbadora, de tal manera que, con ayuda de la regulación, el absorbador se puede detener completamente (en caso de circulación de corriente máxima), frenar o reiniciar (en caso de corriente nula o de intensidades de corriente baja) o también se puede usar para la amortiguación ajustable de forma variable del absorbador.

20 El dispositivo de freno electromagnético de acuerdo con la invención está conectado a la parte de máquina del dispositivo que se va a amortiguar y está dispuesto de tal manera que, cuando se enciende la corriente, el electroimán puede entrar en contacto con la masa absorbadora oscilante o con una superficie (3) que está conectada a la masa absorbadora, y desprenderse de esta nuevamente cuando se interrumpe la corriente. Esto se efectúa por las fuerzas elásticas del elemento elástico (resorte de láminas). De acuerdo con la invención, aquí la superficie de contacto puede ser una placa o un ensanchamiento de la masa absorbadora en uno de sus lados, pero también un reborde (606) conectado directa o indirectamente a la masa absorbadora. Por motivos de espacio, es ventajoso colocar el dispositivo de freno encima o debajo, preferentemente debajo, de la masa absorbadora o del componente de masa de rotación (510) en el caso de un absorbador pendular rodante.

25 En un modo de realización de la invención, el dicho dispositivo de retención y guía para el electroimán comprende un dispositivo de resorte, que es un resorte de láminas (105, 205, 505), en un extremo al que está unido el electroimán (101, 201, 301, 401, 501), que se atrae contra la masa absorbadora (1) o la masa de volante (510) bajo tensión del resorte de láminas cuando circula corriente y vuelve a la posición inicial por la fuerza de resorte almacenada en el caso de corriente nula.

30 En otro modo de realización de la invención, el dispositivo de retención y guía para el electroimán está diseñado y dispuesto de tal manera que, en funcionamiento sin corriente, el electroimán se separa de la masa absorbadora únicamente debido a su peso y puede volver a la posición de partida.

35 En un modo de realización preferente de la invención, cuando circula corriente, el electroimán no entra en contacto directo con la masa (1, 510) que se va a frenar o amortiguar, puesto que de otro modo se movería metal sobre metal aquí. Por este motivo, el electroimán, de acuerdo con la invención, tiene una guarnición de freno en forma de una placa de freno, una capa de freno o una estructura de anillo de freno (102, 202, 302), donde esta guarnición cubre completa o parcialmente el área del electroimán orientado hacia la masa (1, 510) que se va a frenar/amortiguar. Para nivelar o compensar cualquier desgaste de guarnición de freno que se produzca, el absorbador de vibraciones puede tener además un dispositivo (103, 203, 303) para ajustar el espesor y reajustar la separación de la dicha guarnición de freno de la masa (1, 510).

40 En un modo de realización particular, la guarnición de freno (102, 202, 302) es un anillo de freno que cubre las regiones de borde del electroimán y que se puede mover en la dirección de la masa que se va a frenar o del área de contacto del electroimán por dispositivos de ajuste (103, 203, 303).

45 La guarnición de freno se puede hacer con materiales habituales para guarniciones de freno o a partir de un elastómero o material plástico resistente a la fricción. En un modo de realización preferente de la invención, la guarnición de freno consiste en elastómero de poliuretano, preferentemente caucho de poliéster-uretano, pero también puede consistir en materiales habituales para guarniciones de freno.

50 El efecto de amortiguación o frenado adaptado a la frecuencia variable por los diversos modos de realización descritos del absorbador de acuerdo con la invención tiene lugar preferentemente activando el freno eléctrica/electrónicamente. En este caso, el impulso de freno se activa, por ejemplo, con ayuda de un sistema de medición de vibraciones, que reacciona a altas aceleraciones y se puede establecer en un valor nominal de activación variable (de $0,8 \text{ m/s}^2$ a 2 m/s^2 , el valor es dependiente de la frecuencia intrínseca de la torre; en caso de una frecuencia intrínseca de $0,25 \text{ Hz}$ y una amplitud de torre de $0,5 \text{ m}$, surge una aceleración de $1,23 \text{ m/s}^2$). La activación del freno provoca fricción entre la guarnición de freno y la masa absorbadora, de modo que se pueden transmitir fuerzas relativamente pequeñas durante un periodo más largo de lo habitual en el caso de un tope final.

55

En principio, el frenado se logra por medio del absorbedor de vibraciones de acuerdo con la invención con un imán de bobina eléctrica, al que durante el funcionamiento de la instalación se le aplica una tensión eléctrica, de modo que el núcleo de hierro funciona como imán. Tan pronto como no está presente ninguna tensión en el núcleo de hierro, este pierde su efecto magnético, el freno se apaga y se libera el absorbedor de vibraciones o su masa pendular.

Debido a la protección contra el ruido y la corrosión es ventajoso evitar el contacto metálico directo entre el electroimán y el absorbedor (la masa). Por este motivo, de acuerdo con la invención se propone una guarnición de freno (placa de freno, 102) dispuesta sobre o enrollada alrededor del imán. Esta guarnición de freno también se puede disponer en el centro de un imán de conformación anular. Para que el imán no entre en contacto con el metal, la placa de freno (102) se dispone sobresaliendo aproximadamente de 0,5 mm a 1 mm. Para poder compensar el desgaste, la posición de la placa de freno se puede ajustar usando un dispositivo de ajuste (103), por ejemplo, tornillos.

De forma alternativa o también además es posible recubrir todo el electroimán con una guarnición de freno con un espesor de 0,5 mm a 1 mm. La superficie afectada por fricción de la guarnición de freno (102) puede consistir, por ejemplo, en un plástico o también en un material orgánico que tenga un alto coeficiente de fricción. Los ejemplos de los mismos son poliuretanos, en particular elastómeros de poliéster-uretano, tal como, en particular, Vulkollan®, que para estos propósitos tiene muy bajo desgaste, de modo que es suficiente con que la guarnición de freno sobresalga solo 0,5-1 mm.

En un modo de realización particular y ventajoso de la invención, el absorbedor de vibraciones es un absorbedor pendular rodante, en el que la masa absorbedora (1, 510) está localizada sobre un engranaje de rodadura que se puede mover de un lado a otro en un plano sobre un carril de rodadura curvado, como el movimiento de un péndulo clásico.

Por tanto, la invención se refiere a un absorbedor de vibraciones, en el que el dispositivo pendular está conectado a un dispositivo de rodadura (507), que está esencialmente curvado de manera cóncava o circular, al menos en su región central, y sobre el que la masa absorbedora (1) se puede mover de un lado a otro conjuntamente con el componente de masa de rotación rotatorio (510) por medio de un engranaje de rodadura (508) accionado por rodillos o ruedas, donde el componente de masa de rotación tiene un eje de rotación perpendicular al plano de la órbita del dispositivo de rodadura, y el dispositivo de rotación del componente de masa de rotación corresponde esencialmente a la dirección respectiva del engranaje de rodadura (508) movido a lo largo del dispositivo de rodadura (507). A continuación se describe con mayor detalle un absorbedor pendular rodante típico de este tipo de acuerdo con la invención.

El componente de masa de rotación (510) de acuerdo con la invención debe tener una masa rotatoria variable ajustable (512, 701), que corresponde a un 1 % - 30 % de la masa absorbedora (1), dependiendo del diámetro. El componente de masa de rotación (510) comprende esencialmente un volante accionado (611, 711) con un eje o árbol de transmisión y opcionalmente un rodamiento de rodillos y uno o más discos de masa (512, 701) o segmentos de disco del mismo, que se pueden empujar sobre el eje o árbol del volante o unir al mismo y rotar conjuntamente con el volante. El componente de masa de rotación (510) tiene una masa rotatoria variable ajustable (512, 701), que corresponde preferentemente a un 1 % - 30 % de la masa absorbedora (1), dependiendo del diámetro. En otro modo de realización, el volante (611, 711) tiene un dispositivo que posibilita cambiar el diámetro de los discos de masa o segmentos de disco de masa del componente de masa de rotación, o cambiar el centro de gravedad de los discos o segmentos de disco rotatorios radialmente hacia afuera o hacia adentro. Además, también es posible emplear discos de masa de diferentes diámetros. Esto facilita la adaptación de frecuencia variable del absorbedor y la amortiguación por el absorbedor.

En otra variante del absorbedor pendular rodante descrito, este tiene un amortiguador de corrientes parásitas adicional, que está alojado y eficaz en el componente de masa de rotación (510) e influye principalmente en la masa de volante. El amortiguador de corrientes parásitas comprende aquí una disposición de imanes (703) que consiste en imanes permanentes y un disco metálico no magnetizable eléctricamente conductor (702) (disco conductor). La disposición de imanes (703) se puede disponer aquí en la periferia del volante (711, 611), donde el disco conductor metálico (702) está instalado permanentemente entre la disposición de imanes y la masa de volante (512, 701). De forma alternativa, el volante (711, 611) está provisto del disco conductor metálico corrotatorio (702) o es por sí mismo el disco conductor, y la disposición de imanes (703) opuesta se dispone sobre una placa no corrotatoria, que está localizada entre el volante (711, 611) y la masa de volante (512, 701).

El dispositivo de rodadura (507) tiene un, preferentemente dos, carriles de rodadura paralelos (por ejemplo, dos carriles en T), sobre los que el engranaje de rodadura (508) con la masa principal absorbedora (1) y la masa de volante rotatorio (510) se puede mover de un lado a otro sobre el dispositivo de rodadura sobre al menos dos ruedas de rodadura o rodillos de rodadura. En un modo de realización preferente, al menos un carril de rodadura y/o al menos una rueda de rodadura del dispositivo de rodadura (507) está provisto de un revestimiento, impresión o estructura de superficie que incrementa las fuerzas de fricción. Para mejorar la adherencia e incrementar la fricción, al menos parte de las ruedas de transmisión o de rodadura tiene una estructura de superficie de rodadura que incrementa la fricción. En un modo de realización particular, la impresión comprende una correa dentada o estructura

dentada. Para una mejora adicional, también se puede integrar un embrague deslizante (700) en el sistema de transmisión del componente de masa de rotación (510).

5 El absorbedor pendular rodante descrito, que está equipado con un dispositivo de freno de acuerdo con la invención, es sumamente adecuado para amortiguar vibraciones por debajo de 5 Hz, en particular < 1 Hz, en particular < 2,5 Hz, preferentemente entre 0,1 y 0,25. Para los cambios de frecuencia correspondientes, solo son necesarias aquí pequeñas masas de aproximadamente 1/20 a 1/4, preferentemente aproximadamente 1/10 de la masa principal oscilante, lo que es una ventaja significativa frente a absorbedores oscilantes comparables de la técnica anterior. Por tanto, la frecuencia de una masa principal oscilante de 250 kg se puede cambiar en un 20 - 30 % usando una masa de rotación de alrededor de 65 kg con un diámetro de 0,25 m en el caso de una longitud del dispositivo de rodadura de 2,5 m - 3,5 m. El mismo efecto solo requiere una masa de rotación de alrededor de 15 kg en el caso de un diámetro de la masa de rotación de 0,5 m y una masa de rotación de aproximadamente 7 kg en el caso de un diámetro de 0,75 m. Además, la frecuencia de una masa principal oscilante de 500 kg se puede cambiar en un 20 - 30 % usando una masa de rotación de alrededor de 130 kg con un diámetro de 0,25 m en el caso de una longitud del dispositivo de rodadura de 2,5 m - 3,5 m. El mismo efecto solo requiere una masa de rotación de alrededor de 30 kg en el caso de un diámetro de la masa de rotación de 0,5 m y una masa de rotación de aproximadamente 15 kg en el caso de un diámetro de 0,75 m. Además, la frecuencia de una masa principal oscilante de 1000 kg se puede cambiar en un 20 - 30 % usando una masa de rotación de alrededor de 250 kg con un diámetro de 0,25 m en el caso de una longitud del dispositivo de rodadura de 2,5 m - 3,5 m. El mismo efecto solo requiere una masa de rotación de alrededor de 65 kg en el caso de un diámetro de la masa de rotación de 0,5 m y una masa de rotación de aproximadamente 30 kg en el caso de un diámetro de 0,75 m.

El uso de un absorbedor de este tipo hace posible de acuerdo con la invención llevar a cabo un cambio de frecuencia de la vibración intrínseca de hasta un 30 %, preferentemente hasta un 20 %, en particular hasta un 10 o un 15 %, dependiendo de la masa de rotación o momento de inercia seleccionado y de otras propiedades de diseño de esta masa rotatoria, que corresponde a aproximadamente de un 1 % a un 30 % de la masa principal.

25 En general, la frecuencia se puede cambiar, entre otros, por las siguientes medidas únicamente en el volante: (i) tamaño de la masa, (ii) posición de la masa o centro de gravedad de la masa en el eje: el momento de inercia de la masa cambia por tanto cuando la masa se empuja axialmente hacia afuera o hacia adentro a lo largo del eje, (iii) posición de la masa o centro de gravedad de la masa en relación con el diámetro del componente rotatorio y (iv) longitud y curvatura del dispositivo de rodadura. Por tanto, en un modo de realización particular de la invención, el centro de gravedad de la masa se desplaza radialmente hacia adentro o hacia afuera por medio de un dispositivo de desplazamiento, lo que da lugar igualmente a un cambio en el momento de inercia de la masa, posibilitando a su vez la frecuencia de resonancia en la que se va a influir. En una variante más sencilla, se pueden montar en el volante discos de masa que son sencillamente de mayor o menor diámetro (con la misma masa de rotación total).

35 Los absorbedores de acuerdo con la invención, en particular los absorbedores pendulares rodantes en particular ventajosos, presentan excelentes propiedades de amortiguación en torres y góndolas de turbinas eólicas, pero también en el caso de otras estructuras altas y delgadas que están sometidas a vibraciones en un intervalo de frecuencia ajustable de forma variable que se adapta a las frecuencias intrínsecas del sistema de vibraciones que se va a amortiguar, en el caso de turbinas eólicas en un intervalo preferentemente entre 1 y 20 Hz. Como ya se ha mencionado, el dispositivo de freno también hace posible llevar a cabo una sintonización fina de la frecuencia del absorbedor, haciendo posible también seleccionar valores que están ligeramente por encima o por debajo de la frecuencia intrínseca de la instalación para, por tanto, contrarrestar determinados problemas de vibración.

Los absorbedores de vibraciones de acuerdo con la invención con los frenos electromagnéticos descritos pueden estar presentes en una muy amplia variedad de modos de realización y disposiciones sobre y dentro del absorbedor. En las fig. 1 - 13 se muestran ejemplos, que se describen con mayor detalle a continuación.

45 Los números de referencia usados tienen los siguientes significados:

Absorbedor de vibraciones:

- 1 Masa absorbedora
- 2 Construcción de suspensión
- 3 Placa o reborde como superficie de contacto para freno electromagnético
- 50 506 Construcción de unión
- 507 Carril de rodadura/dispositivo de rodadura
- 508 Rodillos de transmisión/dispositivo de rodadura
- 509 Freno de parada para masa de volante
- 510 Componente de masa de rotación que comprende un volante y una masa de volante

ES 2 959 629 T3

- 511 Volante
- 512 Masa de volante
- 606 Placa/reborde como superficie de contacto para freno electromagnético
- 610 Carril de rodadura de tope
- 5 700 Embrague deslizante que comprende disco de embrague 706 y parte de resorte de compresión (709, 710)
- 701 Masa de volante/masa de rotación
- 702 Placa conductora de corrientes parásitas
- 703 Elemento magnético de corrientes parásitas/placa con elementos magnéticos
- 706 Disco de embrague/disco de guarnición
- 10 707 Árbol de transmisión
- 708 Rodamiento deslizante
- 709 Resorte de compresión
- 710 Disco pretensor de resorte de compresión
- 711 Volante (con o sin radios)
- 15 713 Rodillo de transmisión con dientes
- 712 Rodamiento de rodillos – rodillo de transmisión

Freno electromagnético:

- 4 Freno magnético abierto (con entrehierro)
- 5 Freno magnético cerrado
- 20 100 Dispositivo de freno (completo)
- 101 Electroimán
- 102 Placa de freno
- 103 Tornillos de ajuste para placa de freno
- 104 Saliente de la placa de freno más allá de los imanes
- 25 105 Resorte de láminas
- 160 Construcción de unión
- 200 Dispositivo de freno (completo)
- 201 Electroimán
- 202 Placa de freno
- 30 203 Tornillos de ajuste para placa de freno
- 205 Resorte de láminas
- 205a Resorte de láminas avanzado
- 206 Construcción de unión
- 207 Guía magnética en el diámetro exterior
- 35 208 Guía magnética por levas que sobresalen en la guarnición de freno.
- 209 Elemento de sostén de imán
- 301 Electroimán

- 302 Placa de freno/guarnición de freno
- 303 Tornillos de ajuste para placa de freno/guarnición de freno
- 304 Saliente de la placa de freno más allá de los imanes
- 306 Construcción de unión
- 5 307 Guía magnética en el diámetro exterior
- 308 Guía magnética por levas que sobresalen en la guarnición de freno
- 309 Elemento de sostén de imán
- 310 Soporte de imán
- 311 Placa de soporte de guarnición de freno
- 10 412 Guía magnética por levas que sobresalen en la guarnición de freno
- 413 Placa de retención inferior
- 501 Electroimán
- 502 Placa de freno
- 503 Tornillos de ajuste para placa de freno
- 15 504 Saliente de la placa de freno más allá de los imanes
- 505 Resorte de láminas
- 514 Espacio de imán sin frenado
- 515 Espacio de imán frenado
- 601 Electroimán
- 20 602 Resorte de láminas
- 603 Elemento de refuerzo
- 604 Elemento aislante
- 605 Unión para dispositivo de freno a la construcción de absorbedor

Descripción más detallada de la invención con referencia a las figuras:

25 Las figs. 1 a 3 muestran un absorbedor de vibraciones para una torre, en particular de una turbina eólica, que está equipado, por ejemplo, con tres dispositivos de freno electromagnéticos (100, 200). Estos dispositivos de freno consiste esencialmente en un dispositivo de retención con un resorte de láminas, en un extremo del que está montado un electroimán regulable por corriente. Aquí, el montaje es del tipo que, con la corriente que circula, el electroimán se atrae sobre la pared exterior metálica de la masa absorbidora (1) o una superficie de contacto metálica (3) y al mismo tiempo tensa el resorte de láminas (105, 2015) unido al mismo. El posicionamiento del electroimán contra la masa absorbidora o una superficie de contacto que está conectada a la masa absorbidora frena el movimiento pendular de la masa absorbidora, si se desea, hasta que se detenga. La gestión de corriente variable (variación de la fuerza del imán cambiando la circulación de corriente) calculada con antelación posibilita influir de forma específica en la oscilación del péndulo y, por tanto, en la amortiguación del sistema que se va a amortiguar por el absorbedor.

30

35 Cuando se apaga la corriente y se interrumpe la acción magnética, el dispositivo de freno vuelve a la posición de partida por la tensión de resorte presente.

En principio, es posible instalar y disponer una pluralidad de frenos electromagnéticos de este tipo en un absorbedor de vibraciones, como se muestra. La disposición se lleva a cabo aquí preferentemente de tal manera que sean posibles todas las direcciones de movimiento del dispositivo pendular que se puedan concebir. En el caso del péndulo suspendido clásico con masa en el extremo del péndulo, los dispositivos de freno electromagnéticos se pueden disponer debajo de la masa pendular o encima de esta, dependiendo del espacio disponible. Estos se pueden disponer, como se muestra en las fig. 1 y 3, debajo de la masa pendular o, como se representa en la fig. 2, también encima de la masa pendular. Pueden actuar directamente sobre la masa absorbidora o también, como se muestra en la fig. 2, actuar sobre elementos dispuestos en el exterior de la masa.

40

Se puede influir en la acción de frenado y amortiguación también por el número de dispositivos de freno (normalmente 1 - 3 o 4) y su distribución en la región de la masa absorbadora. De acuerdo con la invención, la masa absorbadora es acero o una aleación de acero. Si la masa absorbadora no consiste en material magnetizable, sobre este material se deben montar las correspondientes superficies de contacto o rebordes de acero o aleación de acero, que puedan entrar en contacto con el electroimán.

Las figs. 4 a 7 muestran diversos modos de realización, diseños y disposiciones del dispositivo de freno de acuerdo con la invención usando, por ejemplo, tirantes de refuerzo y guarniciones de freno, que se describen con mayor detalle como sigue.

Variante 1: esta variante representa el diseño más sencillo. La pieza central, el electroimán (101), está unida a un resorte de láminas. El resorte de láminas (105) se ajusta en su construcción de unión (106) de tal manera que el imán alcance un entrehierro máximo (4) de, por ejemplo, 5 mm. La flexión del resorte de láminas relativamente largo posibilita el movimiento de aproximadamente 5 mm con una pequeña fuerza de atracción. En lugar del resorte de láminas largo, el uso de resortes más cortos que tengan un diseño en zigzag, de modo que la longitud de flexión sea correspondientemente más larga, también es [laguna]. Puesto que el resorte de láminas también tiene que absorber fuerzas transversales, es relativamente ancho. En general, de acuerdo con la invención se pueden usar resortes de láminas que tengan un espesor de aproximadamente 5 mm y una anchura de aproximadamente 100-200 mm con una longitud de aproximadamente 300-500 mm.

Variante 2: en esta variante se puede usar un resorte de láminas relativamente estrecho con un espesor de 2 mm a 4 mm, preferentemente de 3 mm. La transmisión de fuerza tiene lugar a través del elemento de sostén de imán (209). Este está montado en la construcción de unión (206) y rodea el imán (201) con una guía deslizante (207). Como alternativa a la guía deslizante descrita, el imán se puede guiar por medio de la placa de freno (202) con las levas (208), que están montadas en el imán de manera enclavada. Las levas (208) están unidas al elemento de sostén de imán (209). Por lo tanto, el resorte de láminas no necesita transmitir ninguna carga radial.

Variante 3: en esta variante (fig. 6) se prescinde de un resorte de láminas. El electroimán trabaja hacia arriba y cae hacia abajo sobre el soporte de imán (310) debido a la fuerza gravitacional después de soltar el imán (apagando la corriente o reduciendo la corriente). La placa de soporte de guarnición de freno (311) sirve para el ajuste y soporte de la placa de freno (302).

Variante 4: de manera similar a la variante 2, aquí solo se requiere un resorte de láminas estrecho 405, que simplemente se encarga de guiar el imán (fig. 7).

La fig. 8 muestra un diagrama típico entre la fuerza magnética y la separación del imán de la placa metálica (masa absorbadora). De acuerdo con la invención, el electroimán tiene, en general, una separación de aproximadamente 3 – 10 mm, preferentemente de aproximadamente 5 mm, del absorbador o de la correspondiente masa absorbadora movida (1, 510) que se va a frenar. Esta separación se puede mantener del elemento basculante con una fuerza relativamente pequeña, por ejemplo, que se debe a los resortes de láminas blandas. Cabe señalar aquí que la fuerza magnética se incrementa desproporcionadamente al disminuir la separación, como se muestra en la fig. 8. En el caso del ejemplo mostrado, la fuerza magnética en el caso de una separación del electroimán de 5 mm todavía es mayor a 200 Newtons. Esto es suficiente para mover el electroimán en la dirección de la masa pendular contra la fuerza elástica opuesta del resorte de láminas. Para áreas de uso particulares, la fuerza de atracción se puede incrementar, haciendo posibles mayores separaciones y/o resortes de láminas más rígidas. Puesto que el imán se atrae instantáneamente, solo se requiere un impulso de fuerza muy corto. Para este fin, puede ser ventajoso proporcionar durante un breve tiempo una tensión eléctrica mayor. Esto se puede efectuar por medio de una breve sobretensión (por ejemplo, descarga del condensador) durante el encendido del imán. Puesto que la mayor tensión y, por tanto, también el mayor calentamiento, solo tiene lugar durante un breve periodo, la baja energía térmica significa que el imán no tiene que estar diseñado para altas tensiones.

Las figs. 9 a 13 muestran un absorbador de vibraciones de acuerdo con la invención, que [laguna] como absorbador pendular rodante que se mueve sobre una pista de rodadura curva y está equipado con una masa de volante rotatorio que se mueve conjuntamente con el dispositivo de rodadura a lo largo de la pista de rodadura curva.

El absorbador de vibraciones está formado en este caso por una superficie de rodadura (507) que está curvada hacia arriba en los extremos, con dos carriles de rodadura paralelos. En este dispositivo de rodadura el engranaje de rodadura (508) con ruedas o rodillos se mueve de un lado a otro de acuerdo con las vibraciones de la instalación. El engranaje de rodadura con los rodillos o ruedas incluye también la masa absorbadora (1) y un volante rotatorio (511, 711) con una masa de volante (512, 701), que opcionalmente se puede variar. El volante y la masa de volante forman los componentes centrales del componente de masa de rotación (514, 701). La masa absorbadora y la masa de volante se mueven con el engranaje de rodadura. La construcción está equipada con uno o más frenos electromagnéticos, como se describe, que pueden frenar o amortiguar los movimientos de la masa principal absorbadora y/o la masa de volante.

El dispositivo de rodadura del absorbador de acuerdo con la invención tiene, como se indica, al menos en la región central una conformación curva, que corresponde sustancialmente a la conformación circular. El dispositivo de

rodadura también puede ser sustancialmente lineal o tener una conformación hiperbólica, en particular en sus dos secciones de extremo. El perfil de rodadura también puede ser circular con un radio diferente en el extremo que en la región central. La longitud del dispositivo de rodadura que el engranaje de rodadura con la masa principal absorbidora y la masa de rotación puede cubrir rodando se puede adaptar a las necesidades de espacio en la instalación. Para turbinas eólicas, se ha descubierto que la longitud más adecuada es de 2 m a aproximadamente 5 m, preferentemente de entre 3 a 4 m. Las otras dos dimensiones pueden ser significativamente más pequeñas. El diámetro de la masa de rotación para un absorbedor de este tamaño se puede seleccionar aproximadamente entre 0,25 m y 0,75 m, aunque también se pueden emplear diámetros >0,75 m. En principio, un absorbedor que tiene dichas dimensiones se puede instalar no solo en el interior o el exterior de la torre de una turbina eólica, sino también en la góndola.

En general, de acuerdo con la invención es posible que el engranaje de rodadura esté provisto de una pluralidad de ruedas de transmisión y, por tanto, también de una pluralidad de masas de volante rotatorio, en particular dos masas de volante o componentes de masa de rotación. El tamaño o diámetro de la rueda de transmisión que rota sobre el carril de rodadura o el tubo de rodadura depende de la velocidad de rotación de la rueda y, por tanto, también de la velocidad de rotación del volante conectado a la misma y de la masa de rotación. Una velocidad de rotación variable también posibilita influir en el ajuste de frecuencia del absorbedor. Por tanto, también es posible incrementar la velocidad de rotación del volante en un múltiplo en relación con la rueda de transmisión por la instalación de una caja de engranajes. Además, también es posible accionar activamente la rueda de transmisión y, por tanto, el volante del componente de masa de rotación o el volante por sí mismo por medio de un motor.

De acuerdo con la invención, el componente de masa de rotación (510) comprende un volante hecho de metal, plástico, fibra de carbono o un material compuesto. Preferentemente consiste en acero o aluminio y, en un diseño ligero, también puede estar en forma de una variante provista de radios. El volante tiene un árbol o eje central, que se puede diseñar como un rodamiento de rodillos, por medio del que se conecta en un lado al engranaje de rodadura por medio de una rueda de transmisión. La masa de rotación/masa de volante (512, 701), que rota de la misma forma que el volante (511, 711), está localizada en el otro lado. La masa de rotación puede estar formada por uno o más discos de diámetro menor o mayor o por elementos de masa dispuestos a lo largo de la periferia del volante o de un radio menor o mayor dispuestos de manera fija o para ser móviles radialmente hacia afuera o hacia adentro. Esto posibilita influir en la frecuencia de resonancia del sistema de vibración.

El eje o árbol del volante y, por tanto, de la masa de rotación está dirigido de tal manera que el plano de la rueda está dispuesto sustancialmente paralelo a las otras ruedas de rodadura sobre los carriles o el tubo de rodadura, de modo que, en el caso óptimo, el sentido de rotación de la masa de rotación corresponde a la dirección del dispositivo de rodadura y, por tanto, a la dirección del engranaje de rodadura. Por variación de los discos de masa o de los segmentos de disco de masa se puede influir en la frecuencia y, por tanto, en la amortiguación.

Un modo de realización de un absorbedor pendular rodante de este tipo con el correspondiente dispositivo de freno se representa en las figs. 9 y 10. Este presenta un dispositivo de rodadura que comprende dos carriles de rodadura paralelos (aquí contruidos como un carril de doble T), y un engranaje de rodadura que tiene dos ruedas de rodadura de marcha libre, que están dispuestas una detrás de otra y se desplazan sobre el primer carril de rodadura, y una rueda de transmisión, que está dispuesta en el segundo carril de rodadura opuesta a las dos ruedas de marcha libre y está conectado a un volante orientado hacia afuera (511, 711) que tiene al menos un disco de masa (512). El componente de masa de rotación (510) está montado en el engranaje de rodadura, o es parte del mismo.

Las figs. 11 - 13 muestran otros modos de realización ventajosos de un absorbedor pendular rodante de acuerdo con la invención que tiene un dispositivo de freno de acuerdo con la invención, como se describe, que ahorra mucho espacio debajo del engranaje de rodadura y debajo de los carriles de rodadura. El componente de masa de rotación (510, 701) tiene aquí un dispositivo amortiguador adicional en forma de un amortiguador de corrientes parásitas (702, 703), como se describe anteriormente. (Fig. 11, fig. 13)

Para que el freno no pueda empezar a vibrar en el estado no frenado y tampoco se pueda flexionar el resorte de láminas (602) relativamente sensible con la fijación del freno debido a un maltrato, se puede soportar por medio de una tira de refuerzo (603). Para evitar que el resorte de láminas (602) oscile hacia arriba, se coloca un elemento de caucho amortiguador (604) entre el resorte de láminas y la tira de refuerzo (603). El resorte de láminas presiona el elemento de caucho (604) con una ligera pretensión, de modo que este último está ligeramente pretensado en el estado no frenado, lo que evita que el freno oscile hacia arriba (fig. 12).

Además, en el caso de condiciones de carga extremas existe el peligro de que el absorbedor se mueva con una velocidad relativamente alta contra el tope (610) en el extremo del carril de rodadura (507).

Puesto que en este caso, la masa de volante rotatorio (701) quiere seguir rotando, actuarían grandes cargas sobre el rodillo de transmisión (713). Para evitar esto, se proporciona un embrague deslizante de sobrecarga (700). En este, los discos de guarnición de embrague se presionan entre sí con un disco pretensor de resorte de compresión (710) por un resorte de compresión (709). El resorte de compresión (709) está tan pretensado que la fricción de los discos de guarnición de embrague transmite el par de torsión que es necesario para el funcionamiento normal. Si se producen cargas mayores, tiene lugar un movimiento relativo entre el rodillo de transmisión con dientes (713) y el

árbol de transmisión (701) para la masa de volante de rotación (701), de modo que ya no pueden actuar cargas inaceptables entre el rodillo de transmisión y los dientes (fig. 13).

REIVINDICACIONES

1. Absorbedor de vibraciones para amortiguar las vibraciones en turbinas eólicas, que tiene al menos un dispositivo pendular, y comprende una masa absorbedora (1) que
 - (i) está fijado a una estructura de suspensión (2) de modo que puede oscilar libremente, o
 - 5 (ii) está conectado a un dispositivo de rodadura (507) que está curvado sustancialmente de forma cóncava o circular al menos en su región central, y en el que la masa absorbedora se puede mover hacia adelante y hacia atrás conjuntamente con un componente de masa rotativo (510) rotatoriamente simétrico, accionado rotativamente por medio de un engranaje de rodadura (508) que funciona por rodillos o que funciona por ruedas,

10 **caracterizado por que** el absorbedor de vibraciones tiene un aparato de frenado electromagnético (100, 200) que comprende un dispositivo de resorte de láminas (105, 106, 205, 206, 209, 306, 307, 308, 309, 505, 506, 602), en un extremo al que está unido un electroimán (101, 201, 301, 401, 501, 601) de modo que, cuando la corriente fluye a través del electroimán, dicho electroimán es atraído hacia la masa absorbedora (1) o hacia el componente de masa rotativo (510) conectado a la masa absorbedora (1) hasta que hace contacto de modo que se frena o se detiene el movimiento de la masa absorbedora o del componente de masa rotativo, y el electroimán, cuando queda libre de corriente, vuelve a su posición inicial manteniéndose de manera cargada por resorte o únicamente por medio de su peso cuando se libera la masa absorbedora o el componente de masa rotativo, haciéndose funcionar el aparato de frenado electromagnético por la gestión de potencia controlada de tal manera que provoca la detención o el frenado, y el reinicio, de la masa absorbedora (1, 510) o una amortiguación dependiente de la frecuencia variable del movimiento de las masas absorbedoras y, por tanto, de las vibraciones no deseadas.
2. Absorbedor de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el resorte de láminas (105, 205, 602) tiene un elemento de refuerzo (603), y entre el resorte de láminas y el elemento de refuerzo se coloca un elemento de caucho amortiguador (604).
- 25 3. Absorbedor de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2,

caracterizado por que la masa absorbedora (1) o el componente de masa rotativo (510) tiene al menos una superficie de contacto (3) o reborde de contacto (606) para el electroimán debajo o encima o en la superficie lateral superior y/o inferior del mismo en localizaciones predeterminadas para ello, estando dicha superficie de contacto o reborde diseñada y dispuesta de tal manera que la estructura pendular puede oscilar o moverse sin obstáculos conjuntamente con la masa absorbedora.
- 30 4. Absorbedor de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,

caracterizado por que el electroimán tiene una guarnición de freno en forma de una placa de freno, una capa de freno o una estructura de anillo de freno (102, 202, 302) que cubre completa o parcialmente la superficie del electroimán orientada hacia la masa (1, 510) y está prevista para evitar que el electroimán entre en contacto directo con la superficie metálica de la masa (1, 510) en el estado de frenado.
- 35 5. Dispositivo absorbedor de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** se trata de un dispositivo de ajuste (103, 203, 303) para ajustar el espesor y el reajuste de la distancia de dicha guarnición de freno de la masa (1, 510).
- 40 6. Amortiguador de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el dispositivo pendular está conectado a un dispositivo de rodadura (507), que está curvado sustancialmente de forma cóncava o circular al menos en su región central, y sobre el que la masa absorbedora (1) se puede mover hacia adelante y hacia atrás conjuntamente con el componente de masa rotativo rotatorio (510) por medio de un engranaje de rodadura que funciona por rodillos o que funciona por ruedas (508), teniendo el componente de masa rotativo un eje de rotación perpendicular al plano de la trayectoria circular del dispositivo de rodadura, y la dirección de rotación del componente de masa rotativo se corresponde sustancialmente con la dirección particular del engranaje de rodadura en movimiento (508) a lo largo del dispositivo de rodadura (507).
- 45 7. Amortiguador de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** el componente de masa rotativo (510) consiste sustancialmente en un volante accionado (611, 711) que tiene un eje o árbol de transmisión y uno o más discos de masa (512, 701) o segmentos de disco de los mismos que se pueden empujar o fijar en el eje o árbol del volante y rotar conjuntamente con el volante.
- 50 8. Absorbedor de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 6 o la reivindicación 7,

caracterizado por que el componente de masa rotativo (510) tiene una masa rotatoria variable ajustable (512, 701) que corresponde a un 1 % - 30 % de la masa absorbedora (1) dependiendo del diámetro.

9. Absorbedor de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8,
caracterizado por que el dispositivo de rodadura (507) tiene uno o dos carriles de rodadura guiados en paralelo, y el engranaje de rodadura (508) y la masa absorbedora (1) se pueden mover hacia delante y hacia atrás sobre el dispositivo de rodadura sobre al menos dos ruedas de rodadura o rodillos de rodadura y/o ruedas de transmisión o rodillos de rodadura.
10. Amortiguador de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado por que** al menos un carril de rodadura y/o al menos una rueda de rodadura del dispositivo de rodadura (507) tiene un revestimiento, recubrimiento o estructura de superficie para las superficies de rodadura que aumenta las fuerzas de fricción.
11. Absorbedor de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** tiene un dispositivo adicional para amortiguar las vibraciones.
12. Amortiguador de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** el dispositivo adicional es un amortiguador de corrientes parásitas que está alojado y funciona en el componente de masa rotativo (510).
13. Amortiguador de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** el amortiguador de corrientes parásitas tiene una disposición de imanes (703) que consiste en imanes permanentes, y un disco metálico no magnetizable, eléctricamente conductor (702).
14. Absorbedor de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que**
- (a) la disposición de imanes (703) se dispone en la circunferencia del volante (711, 611) y el disco conductor metálico (702) se une de forma segura entre la disposición de imanes y la masa de volante (512, 701), o
- (b) el volante (711, 611) está provisto del disco conductor metálico corrotatorio (702) o es por sí mismo el disco conductor, y la disposición de imanes opuesta (703) se dispone en una placa no corrotatoria que está localizada entre el volante (711, 611) y la masa de volante (512, 701).
15. Turbina eólica que comprende una torre, una góndola y un rotor, **caracterizada por que** tiene un absorbedor de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-14, que está unido en la torre o en la góndola o en el exterior de la góndola.

Fig. 1

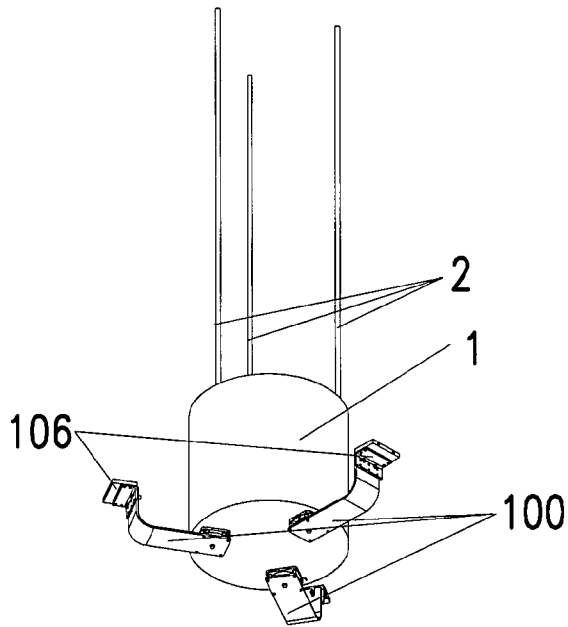


Fig. 2

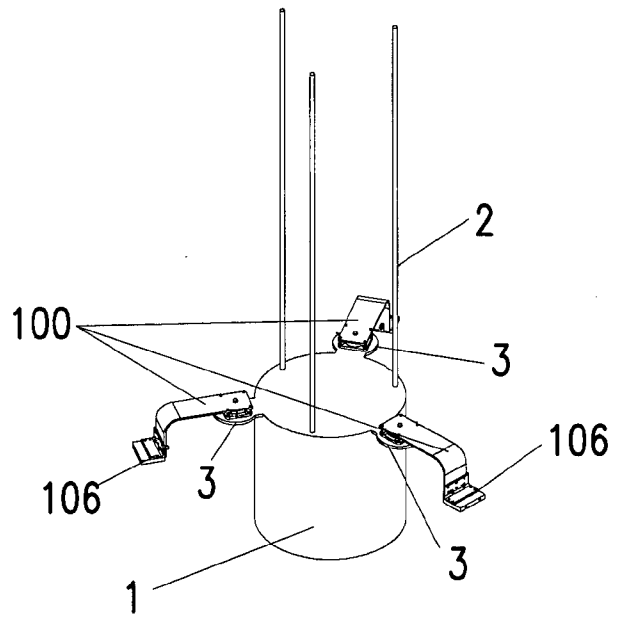


Fig. 3

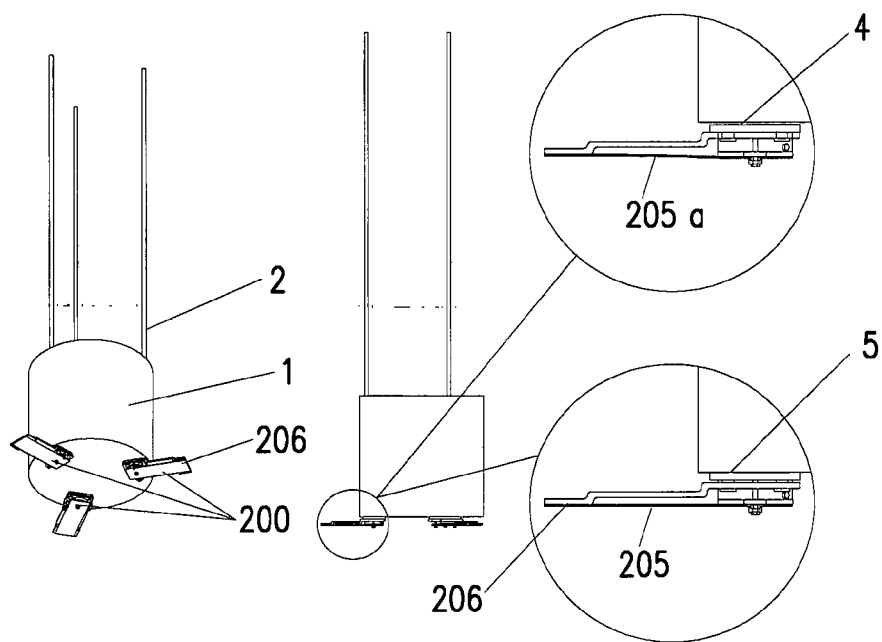


Fig. 4

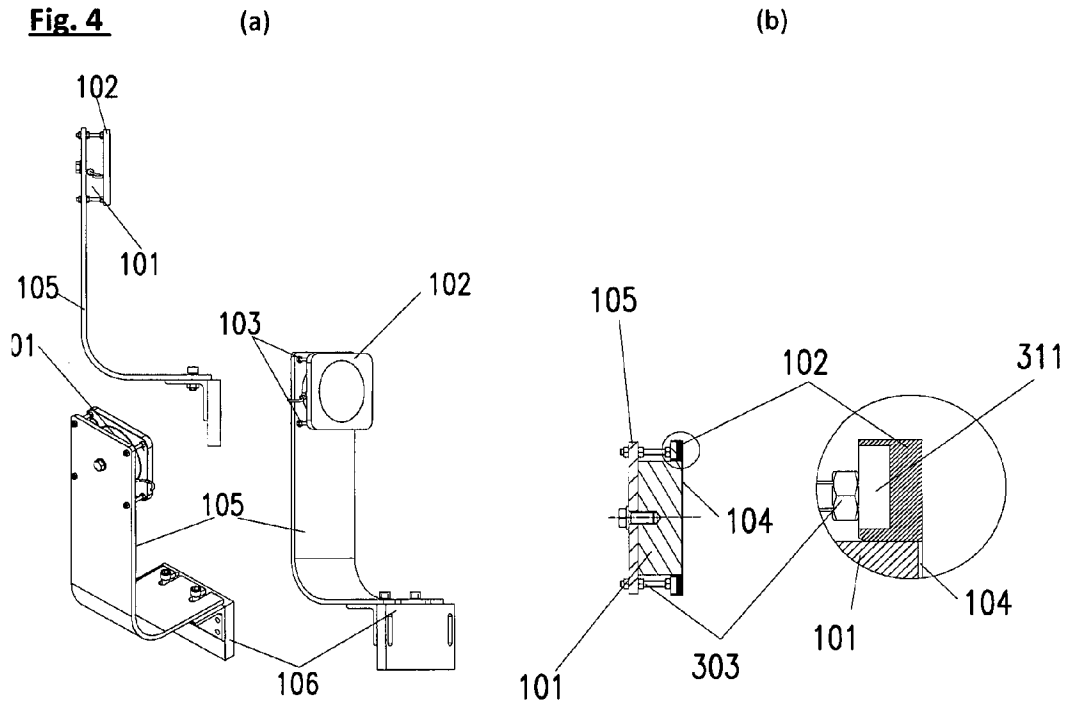


Fig. 5

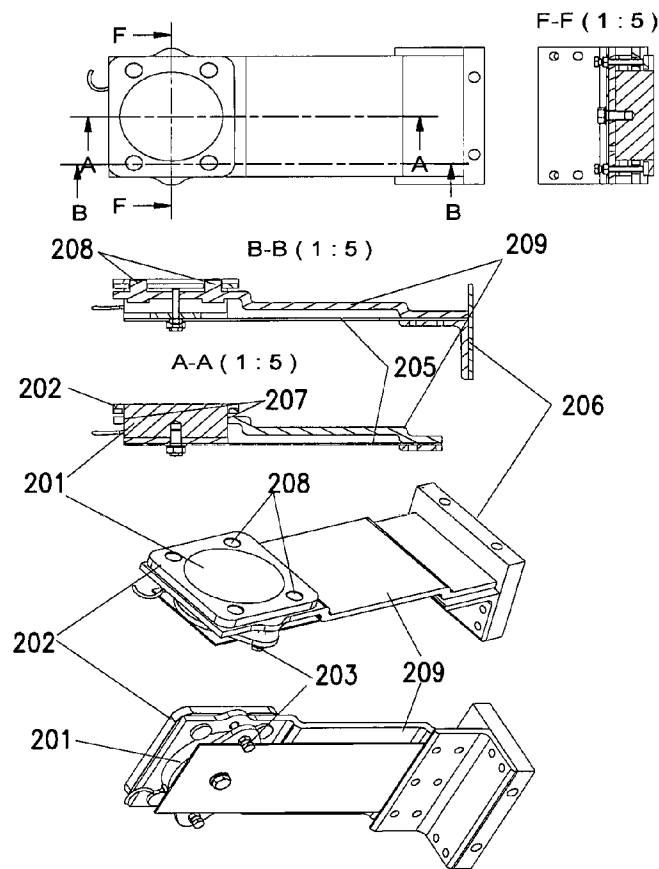


Fig. 8

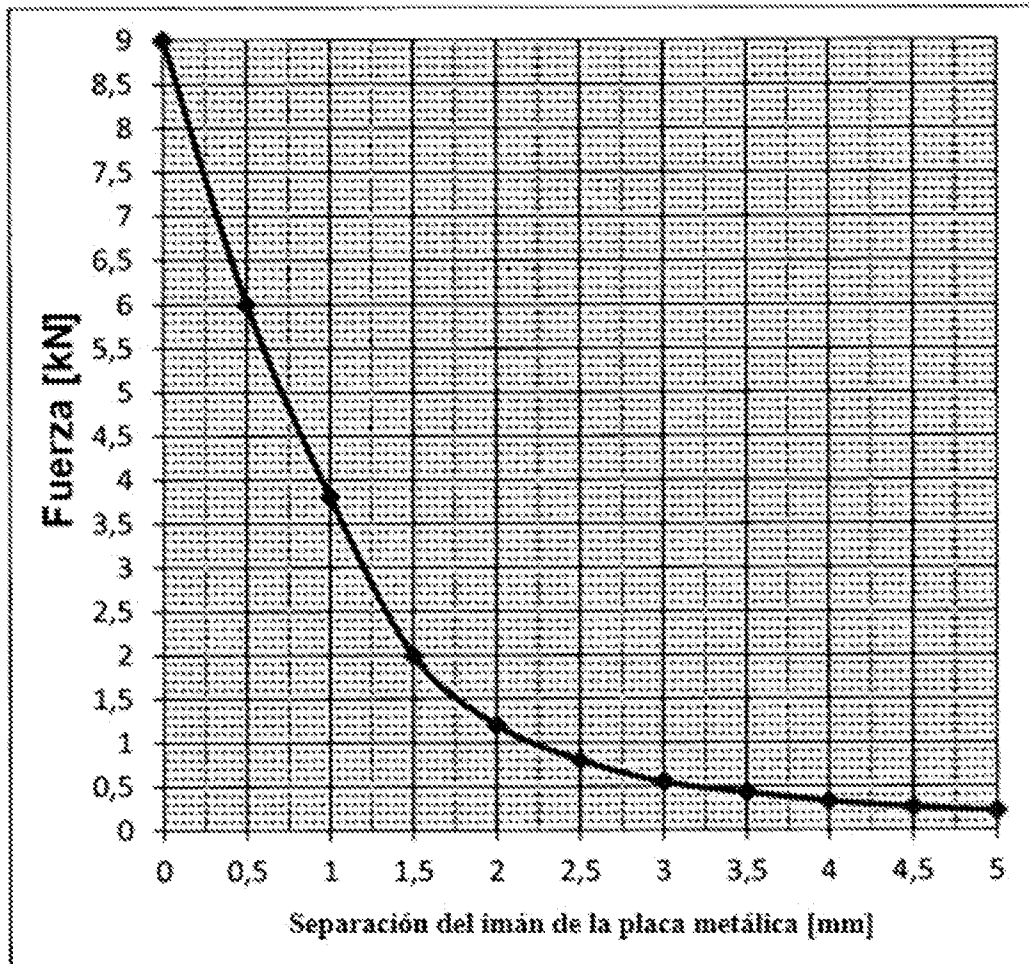


Fig. 9

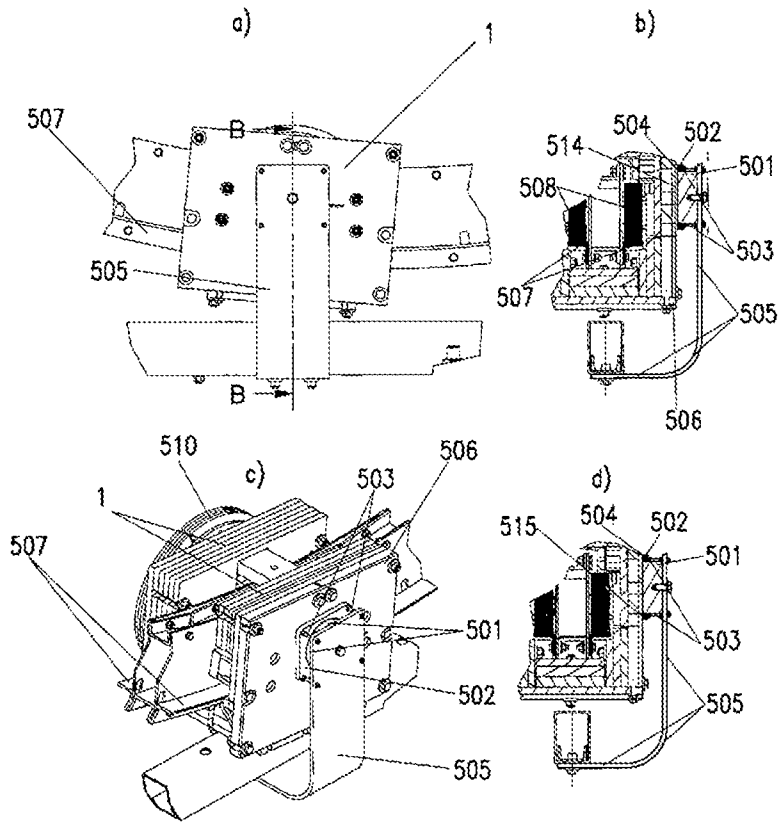


Fig. 10

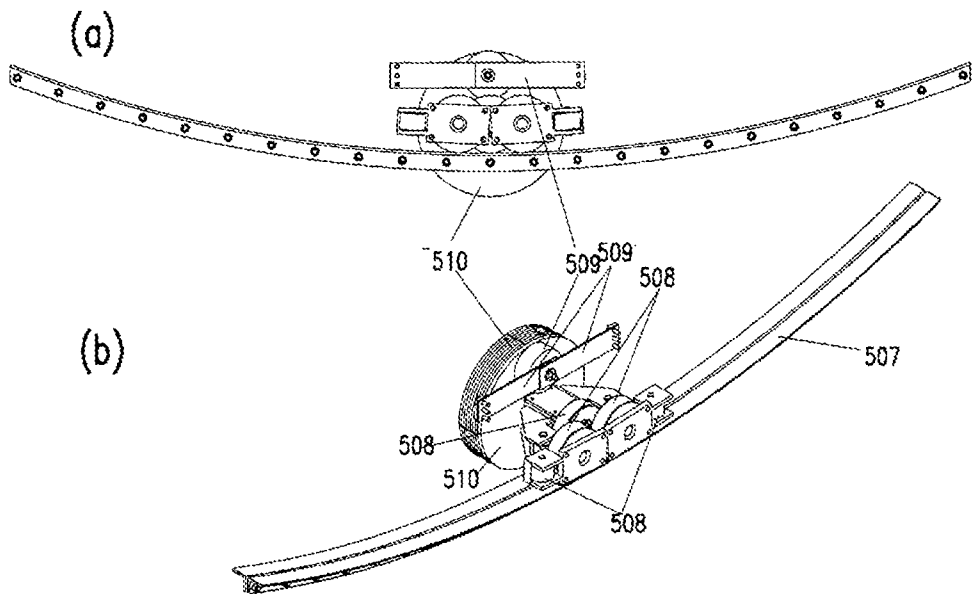


Fig. 11

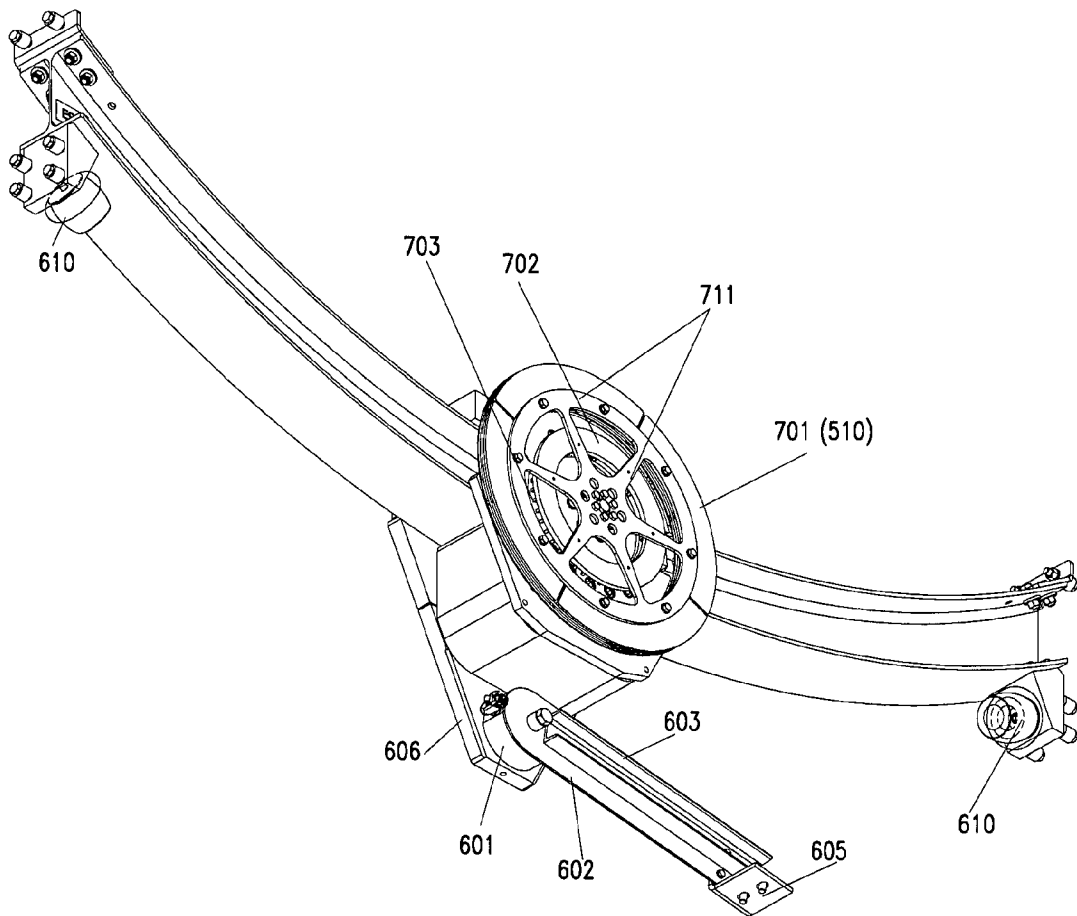


Fig. 12

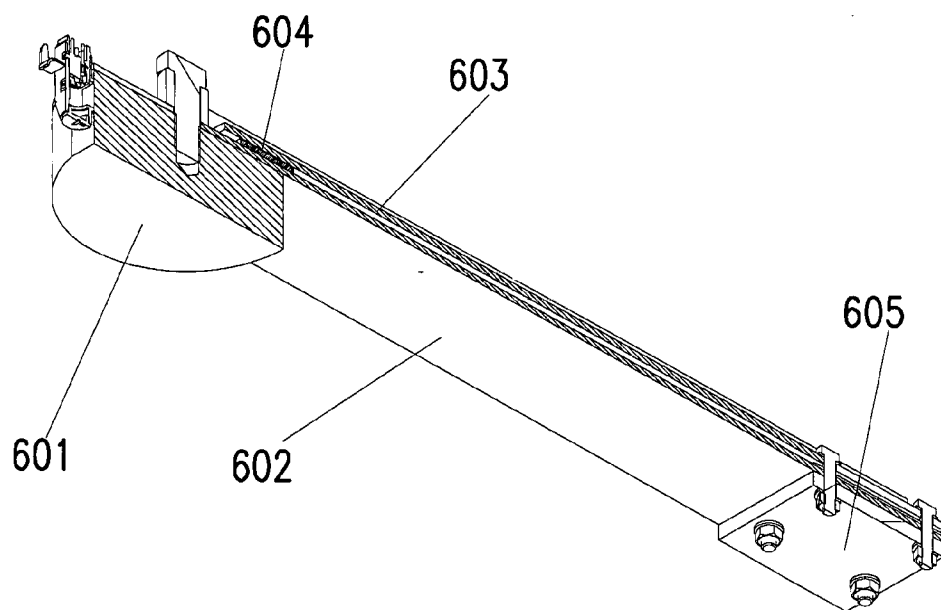
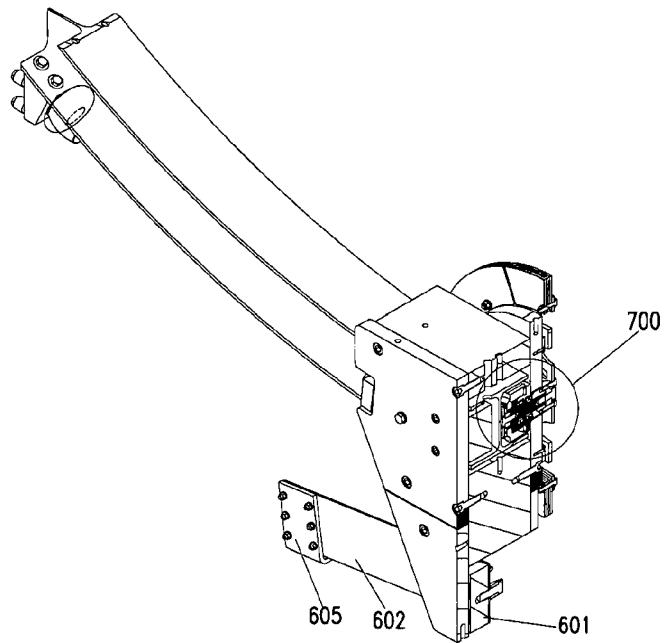
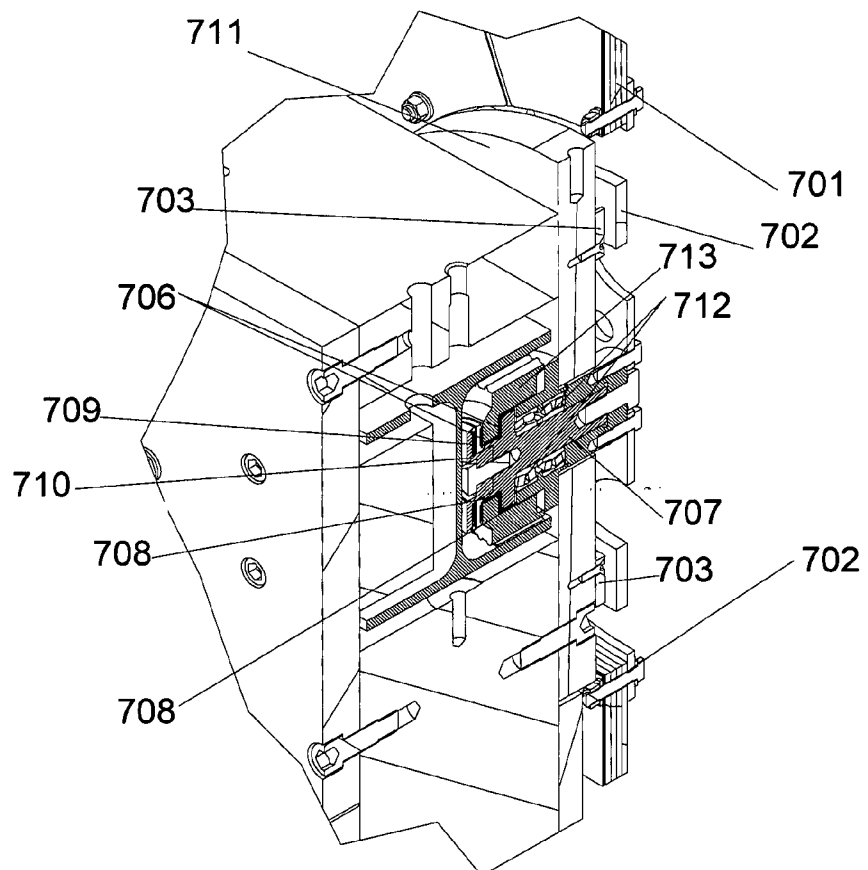


Fig. 13

(a)



(b)



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCION

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

Documentos de patente citados en la descripción

* EP 2378118 A2 [0007]

* EP 2746483 A1 [0007]

10