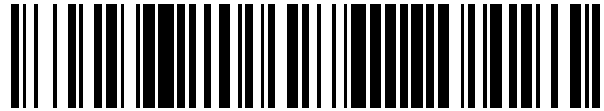


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 543 107**

51 Int. Cl.:

**B63H 9/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2011 E 11757312 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2015 EP 2616326**

54 Título: **Procedimiento para equilibrar un cuerpo de rotación**

30 Prioridad:

**16.09.2010 DE 102010040915**

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

**14.08.2015**

73 Titular/es:

**WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)  
Dreekamp 5  
26605 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

**ROHDEN, ROLF y  
BOHLEN, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 543 107 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

Procedimiento para equilibrar un cuerpo de rotación

5 La presente invención se refiere a un rotor Magnus con un cuerpo de rotación para transformar la fuerza del viento en una fuerza de empuje aprovechando el efecto Magnus, así como a un procedimiento para equilibrar un cuerpo de rotación de este tipo.

10 Un rotor Magnus, también denominado "rotor Flettner" o "rotor-vela", o un cuerpo de rotación similar simétrico en el giro gira alrededor de un eje de giro y, gracias a ello, aprovechando el efecto Magnus, transforma una corriente de aire, especialmente viento, en una fuerza aproximadamente transversal a la corriente de aire, la cual puede utilizarse como fuerza de empuje.

15 Durante un movimiento de giro del rotor Magnus, particularmente en el caso de grandes rotores Magnus, pueden producirse desequilibrios debido a una distribución asimétrica de las masas. Debido a los desequilibrios, se producen oscilaciones que perturban la estabilidad del rotor Magnus y pueden conducir a un mayor desgaste de las disposiciones de rodamientos o, incluso, a que estas se rompan.

20 En el caso de un cuerpo de rotación rígido, en especial, con un eje de rotación rígido, a saber, en el caso de un cuerpo de rotación en el que en la zona del régimen de revoluciones operativo solo se presenten reducidas deformaciones despreciables de modo que el cuerpo de rotación se comporta prácticamente como un cuerpo rígido ideal, es suficiente un equilibrado en dos planos o incluso solo en un plano (equilibrado simple). En este sentido, un plano se encuentra perpendicular al eje de giro del cuerpo de rotación en una posición predeterminada en la dirección axial del eje de giro y está limitado por el tamaño del cuerpo de rotación.

25 No obstante, si un rotor-vela es tan grande en la dirección axial que, idealizando, no puede partirse de un cuerpo rígido, entonces ya no es suficiente con un equilibrado simple para conseguir un movimiento de giro estable sin desequilibrios.

30 Como estado general de la técnica ha de remitirse a los documentos DE102006025732A1 y DE29818774U1.

Por tanto, el objetivo de la presente invención es solventar al menos uno de los problemas antes descritos o, como mínimo, reducirlos. En especial, debe posibilitarse un equilibrado de masas giratorias desequilibradas en un rotor Magnus.

35 Para alcanzar el objetivo se propone, según la invención, un rotor Magnus según la reivindicación 1 así como un procedimiento según la reivindicación 9. En las reivindicaciones secundarias también se describen perfeccionamientos ventajosos.

40 El rotor Magnus según la invención sirve para transformar la fuerza del viento en una fuerza de empuje aprovechando el efecto Magnus. Presenta un cuerpo de rotación preparado para girar de forma simétrica en el giro respecto a un eje de giro así como un soporte sobre el que está montado el cuerpo de rotación, y está configurado en forma de cilindro. Este tipo de forma permite una incidencia homogénea del viento y es favorable en términos de la técnica de fabricación. Asimismo, el cuerpo de rotación presenta elementos que le confieren rigidez —

45 denominados en lo sucesivo "elementos de rigidez"—.

Con ello, el cuerpo de rotación está preparado para alojar en un punto predeterminado contrapesos de equilibrado en al menos dos planos separados uno del otro en la dirección axial y perpendiculares al eje de giro. En este sentido, los puntos predeterminados se encuentran, en un plano de este tipo, en diferentes posiciones en la

50 dirección periférica del cuerpo de rotación. Es decir, en caso de un contorno circular de 360°, por ejemplo, cada punto de un plano con separaciones de 10° de 0° a 360° puede estar preparado para alojar contrapesos de equilibrado. Es decir, tiene lugar un equilibrado en tres dimensiones.

La colocación de los contrapesos en una posición predeterminada de este tipo sirve para equilibrar el cuerpo de rotación. En este caso, se necesitan al menos dos planos en la dirección axial del eje de giro en el caso de un

55 cuerpo de rotación en el que ya no puede partirse de un cuerpo rígido, tal como, por ejemplo, un rotor Magnus, para contrarrestar las deformaciones debidas a masas desequilibradas.

De forma alternativa, el cuerpo de rotación presenta elementos de contrapeso a los que puede extraerse masa, por

ejemplo, mediante orificios.

Preferiblemente, también un disco final que se encuentra en el extremo superior de un rotor Magnus dispuesto en perpendicular está preparado para el equilibrado. En el disco final se producen grandes momentos de flexión debidos a un brazo de fuerza grande —por ejemplo, en caso de que el rotor Magnus presente una altura superior a 25 metros—, los cuales perturban la estabilidad del rotor Magnus.

Una forma de realización preferida del rotor Magnus consiste en que se colocan contrapesos de equilibrado en al menos dos elementos de rigidez. Para realizar un equilibrado preciso en los lugares en los que se presentan las formas propias se propone prever los elementos de rigidez, por ejemplo, con una separación homogénea de un metro entre sí en la dirección axial del eje de giro. Separaciones preferidas son 0,5 a 2 metros, en especial, 0,8 a 1,5 metros. De forma alternativa, las separaciones de los elementos de rigidez también pueden discurrir de forma no homogénea en la dirección axial del eje de giro. Separaciones preferidas son 0,8 metros en un extremo del cuerpo de rotación aumentando en la dirección axial hasta separaciones de 1,5 metros en el otro extremo del cuerpo de rotación.

En otra forma de realización preferida, puede accederse desde el interior al cuerpo de rotación y / o al soporte del rotor Magnus. Por tanto, puede accederse fácilmente al espacio interior del rotor Magnus para, por ejemplo, determinar los desequilibrios y / o para el subsiguiente equilibrado. Los accesos a las posiciones correspondientes en las que deben colocarse o de las que deben retirarse contrapesos de equilibrado pueden alcanzarse, por ejemplo, mediante escaleras y plataformas.

Preferiblemente, está previsto un soporte que se encuentra, al menos en parte, en el interior del cuerpo de rotación y presenta aberturas, a través de las cuales el personal de servicio puede acceder desde el soporte a al menos uno de los elementos de rigidez. Las aberturas podrían estar colocadas, por ejemplo, también con separaciones regulares en la dirección axial del eje de giro, pudiendo adaptarse el número de aberturas según las necesidades.

En una forma de realización preferida, las aberturas se cierran mediante tapas. Las tapas pueden colocarse, por ejemplo, mediante una unión atornillada y, con ello, en caso necesario, también pueden retirarse. Esto tiene la ventaja de que, durante el funcionamiento del rotor Magnus, las aberturas no originan riesgos de seguridad, por ejemplo, para el personal de servicio, y, sin embargo, es posible un acceso desde el soporte a los elementos de rigidez para, en caso necesario, colocar contrapesos de equilibrado.

Preferiblemente, los elementos de rigidez se encuentran en el lado interior del cuerpo de rotación y discurren en cada caso en la dirección periférica. Están configurados especialmente como cuadernas y / o nervios circundantes.

Resulta ventajoso, entre otras cosas, que los elementos de rigidez presenten escotaduras, orificios y / o salientes por todo el contorno con separaciones regulares. Con ello, los contrapesos de equilibrado pueden colocarse en diferentes posiciones predeterminadas en un plano del cuerpo de rotación, en cada caso, sobre los elementos de rigidez, en la zona de una escotadura de este tipo o un resalte de este tipo. Preferiblemente, las escotaduras, los orificios y / o los resaltes están colocados con una separación de 10 cm.

En otra forma de realización preferida, un motor de propulsión está dispuesto en el interior del soporte. En este sentido, resulta ventajoso que el motor de propulsión esté protegido de las inclemencias meteorológicas, tales como, por ejemplo, el viento y la lluvia, y, con ello, no solo se protege el material sino también los trabajos de mantenimiento pueden realizarse independientemente de las condiciones meteorológicas.

Partiendo de un rotor Magnus de este tipo, se propone, según la invención, un procedimiento para el equilibrado. En este sentido, primero se acciona el cuerpo de rotación mediante el motor de propulsión para registrar los desequilibrios. En este caso, resulta ventajoso que el motor de propulsión, que gira el cuerpo de rotación, sea un componente fijo del rotor Magnus y, con ello, también pueda utilizarse, por ejemplo, en el estado operativo, para registrar desequilibrios. Asimismo, no es necesario ningún dispositivo independiente adicional para girar el rotor. De forma alternativa, el giro del cuerpo de rotación y el registro de los desequilibrios también puede realizarse en un puesto de mando de rotores-vela en tierra.

En este caso, los desequilibrios del cuerpo de rotación del rotor Magnus se registran en al menos dos planos desfasados axialmente y perpendiculares al eje de giro del cuerpo de rotación —denominados en lo sucesivo “planos de compensación”—. Preferiblemente, los desequilibrios se registran mediante galgas extensiométricas que, por ejemplo, se colocan en cada uno de los planos. En este sentido, resulta ventajoso que puedan utilizarse galgas

extensiométricas ya existentes que se colocan de forma permanente en el cuerpo de rotación para, por ejemplo, medir la fuerza de empuje.

Tras valorar los resultados de medición, se colocan y / o retiran contrapesos de equilibrado en los elementos de rigidez, o en otro lugar, en los puntos predeterminados de los planos correspondientes para eliminar el desequilibrio. Gracias a ello, se posibilita un equilibrado muy preciso. En función de un número determinado de planos de compensación necesarios así como según la posición en este plano en el contorno del cuerpo de rotación, la colocación y / o retirada de los contrapesos de equilibrado puede realizarse en las posiciones necesarias correspondientes.

Preferiblemente, los contrapesos de equilibrado se colocan en el lado opuesto del desequilibrio, es decir, formando un ángulo de 180° respecto al desequilibrio registrado.

Preferiblemente, durante el giro también se registran los desequilibrios del disco final y, a continuación, se compensan mediante la colocación y / o la retirada de contrapesos de equilibrado.

Preferiblemente, los contrapesos de equilibrado pueden colocarse en los elementos de rigidez o retirarse de estos a través de aberturas del soporte. Preferentemente, el soporte es transitable y soporta los cuerpos de rotación. Preferiblemente, las aberturas se encuentran en un soporte de este tipo. Con ello, se garantiza una fácil accesibilidad a los lugares en los que deben colocarse y / o de los que deben retirarse los contrapesos de equilibrado. Asimismo, la colocación o la retirada es posible en cualquier lugar en el que exista una abertura. Para la retirada, los elementos de contrapeso pueden removerse, por ejemplo, por taladrado, esmerilado o fresado. De forma alternativa, en caso de una unión separable, tal como, por ejemplo, una unión con un tornillo prisionero, los elementos de contrapeso se desmontan.

Preferiblemente, los contrapesos de equilibrado se fijan en cada caso mediante tornillo prisionero. Otra forma de proceder en la colocación del contrapeso de equilibrado es, por ejemplo, sujeción y / o fijación mediante fuerza magnética o mediante adhesivo.

Preferiblemente, el número de planos separados entre sí en la dirección axial que están dispuestos perpendicularmente al eje de giro del cuerpo de rotación y en los que se colocan o de los que se retiran los contrapesos de equilibrado se establece a través de las distintas formas propias de flexión que se presentan a números de revoluciones predeterminados por debajo del régimen de revoluciones operativo. Si se presentan varias formas propias de flexión, entonces ha de considerarse el grado de la forma propia de flexión del máximo número de revoluciones que se presenta por debajo del régimen de revoluciones operativo en el número de los planos en los que se colocan y / o de los que se retiran contrapesos de equilibrado. Por tanto, si, por ejemplo, al número máximo de revoluciones por debajo del régimen de revoluciones operativo se presenta la décima forma propia de flexión, entonces ha de considerarse esta en el número de los planos, a saber, han de preverse al menos diez planos de compensación. Si, por el contrario, solo se presentan, por ejemplo, tres formas propias de flexión, entonces solo han de considerarse estas.

El máximo número de revoluciones que se presenta para determinar el número de formas propias de flexión se sitúa, por ejemplo, en un intervalo de 60% - 100% del régimen de revoluciones operativo. Preferiblemente, ha de utilizarse un intervalo de 80% - 95% del régimen operativo. El intervalo se sitúa, por ejemplo, a un régimen de revoluciones operativo de 300 rpm a 240 rpm hasta 285 rpm.

En otra forma de realización preferida, para n formas propias de flexión se colocan m contrapesos de equilibrado en o planos separados axialmente entre sí que están dispuestos perpendicularmente al eje de giro del cuerpo de rotación. En este sentido, n, m y o son números enteros mayores que 1. De forma ventajosa, puede ser un equilibrado adicional del cuerpo de rotación rígido. En este caso, se realiza un equilibrado en otros dos planos de este tipo. Con ello, para n formas propias de flexión se colocan m+2 contrapesos de equilibrado en o+2 planos. En este sentido, resulta ventajoso que, en caso de un equilibrado adicional del cuerpo de rotación rígido, se consiga un funcionamiento estable del dispositivo de propulsión también con reducidos números de revoluciones. Así, por ejemplo, al presentarse diez formas propias de flexión, podrían utilizarse diez o doce contrapesos de equilibrado, al presentarse, por ejemplo, tres formas propias de flexión, podrían utilizarse tres o cinco contrapesos de equilibrado.

Preferiblemente, un rotor Magnus presenta una o varias de las características que se describieron anteriormente en relación con la explicación del procedimiento. Un equilibrado de este tipo en un rotor Magnus conduce a un equilibrado muy preciso —equilibrado fino—, a pesar del tamaño y el peso del rotor Magnus, dado que, por ejemplo,

está disponible el número de planos de compensación calculado teóricamente, y la colocación y / o la retirada de los contrapesos de equilibrado en las posiciones necesarias puede realizarse fácilmente.

5 Resulta favorable utilizar el rotor Magnus según la invención para un buque. Para ello es adecuado, en especial, un buque en el que se utiliza al menos un rotor Magnus con cuerpo de rotación dispuesto en vertical y que puede servir como accionamiento principal o auxiliar.

A continuación, se explica la invención a modo de ejemplo mediante las figuras adjuntas.

- 10 La fig. 1 muestra esquemáticamente una sección de un rotor Magnus según la invención en una vista frontal;  
la fig. 2 muestra esquemáticamente un rotor Magnus con contrapesos de compensación en una vista en corte;  
la fig. 3 muestra un cuerpo de rotación desde una vista interior;  
15 la fig. 4 muestra esquemáticamente un buque con cuatro rotores Magnus;  
la fig. 5 muestra esquemáticamente la disposición de galgas extensiométricas en un rotor Magnus.
- 20 La figura 1 muestra un rotor Magnus 1 preferido que presenta un cuerpo de rotación 2 con una forma cilíndrica.

Según la figura 1, el rotor Magnus 1 comprende un cuerpo de rotación 2 preparado para girar con un giro simétrico alrededor de un eje de giro, el cual está montado sobre un soporte 3. El cuerpo de rotación 2 es un cuerpo hueco cilíndrico que se dispone perpendicularmente sobre un plano 9 que forma parte de un buque —denominado en lo  
25 sucesivo “plano del buque”—. En el lado interior del cuerpo de rotación 2 se muestran cuadernas 6, que sirven como elementos de rigidez para conferir rigidez al cuerpo de rotación 2. Estas discurren en la dirección periférica del cuerpo de rotación 2. Adicionalmente, las cuadernas 6 se utilizan para alojar contrapesos de equilibrado. Para ello, las cuadernas 6 están dotadas con escotaduras, orificios y / o resaltes con separaciones regulares en la dirección periférica. Pueden utilizarse, por ejemplo, tornillos prisioneros para unir los contrapesos de equilibrado con las  
30 cuadernas 6. Las cuadernas 6 discurren por todo el contorno en dirección axial al eje de giro con una separación predeterminada entre sí. En este caso, la separación de las cuadernas 6 está realizada menor en una sección contigua al plano 9 y mayor, en una sección más alejada. Así, la rigidez del cuerpo de rotación 2 en la sección contigua al plano 9 es mayor que en la sección más distante.

35 El soporte 3 en el interior del cuerpo de rotación 2 presenta una disposición de rodamiento 11 que soporta el rotor Magnus 2 sobre el soporte 3. En este sentido, la disposición de rodamiento 11 puede estar configurada como rodamiento de rodillos, rodamiento de bolas o rodamiento de rodillos cilíndricos. Según la figura 1, en un plano 12, que se encuentra a una distancia predeterminada en la dirección axial del eje de giro del cuerpo de rotación 2 por encima del plano del buque 9, se colocan rodillos de guiado 13 en el contorno exterior. Los rodillos de guiado 13 se  
40 disponen en contacto con el cuerpo de rotación 2 y lo guían en su movimiento de rotación.

El espacio interior transitable del soporte 3 se muestra en la figura 1. Pueden observarse aberturas 5 para pasar la mano desde el soporte 3 al cuerpo de rotación 2. Estas pueden cerrarse mediante tapas 10 para que las aberturas 5 no representen, en el estado operativo, ningún riesgo para el personal de servicio. Adicionalmente, se muestran  
45 escaleras 7 y plataformas 8, a través de las cuales, por ejemplo, el personal de servicio, puede acceder a diferentes planos del cuerpo de rotación 2. Las aberturas 5 pueden utilizarse además como aberturas de ventilación. Para ello, la tapa 10 está realizada, de forma ventajosa, como rejilla o elemento similar.

Asimismo, según la figura 1, se muestra una placa final 15 que se encuentra en el extremo superior del cuerpo de  
50 rotación 2. En este sentido, la placa final puede encontrarse a una altura de, por ejemplo, 25 metros.

La figura 2 muestra esquemáticamente un rotor Magnus 100 que comprende un cuerpo de rotación 102 cilíndrico, elementos de rigidez 106, una disposición de rodamiento superior 114 y una disposición de rodamiento inferior 113 así como un eje de giro 110. El cuerpo de rotación 102 se dispone perpendicular a un plano 115, que,  
55 preferiblemente, forma parte de un buque, y está montado en el extremo superior e inferior en cada caso en una disposición de rodamiento 114, 113. El cuerpo de rotación 102 puede realizar un movimiento de giro alrededor del eje de giro 110 y presenta elementos de rigidez 106 que sirven para conferir rigidez al cuerpo de rotación 102 y pueden estar preparados para alojar contrapesos de equilibrado 111. En los elementos de rigidez 106 según la figura 2 están colocados en total cuatro contrapesos de equilibrado 111. Los contrapesos de equilibrado 111 están

colocados en diferentes planos en diferentes posiciones periféricas del cuerpo de rotación 102 en los elementos de rigidez 106. Tienen un tamaño diferente y podrían diferenciarse adicionalmente, por ejemplo, en relación con el peso, para emplearse, en cada caso en función de la magnitud y la posición de los desequilibrios calculados. Este tipo de desequilibrios pueden presentarse en el cuerpo de rotación 102 debido a una distribución asimétrica de las masas. En caso de cuerpos de rotación elásticos, los desequilibrios ocasionan oscilaciones de flexión con formas propias de flexión correspondientes que dependen del número de revoluciones del rotor Magnus 100.

A modo de ejemplo, se muestra en la figura 2 una línea de flexión 112 con dos formas propias de flexión 116 y 117 que deben mostrar las repercusiones de las oscilaciones ocasionadas por los desequilibrios en el cuerpo de rotación 102. Para conseguir una mejor ilustración, las medidas de las oscilaciones se han mostrado ampliadas. La línea de flexión 112 ya no coincide con el eje de giro 1110. Para evitar esta flexión ocasionada por los desequilibrios se colocan contrapesos de equilibrado 111 en los elementos de rigidez 106 del cuerpo de rotación 102, pudiendo, de forma alternativa o complementaria, retirarse elementos de contrapeso.

En total, se muestran cuatro contrapesos de equilibrado 111 en cuatro planos perpendiculares al eje de giro 110 del cuerpo de rotación 102. Con ello, en el ejemplo se considera un equilibrado del cuerpo rígido en otros dos planos perpendiculares al eje de giro 110 del dispositivo de propulsión 100. Con el equilibrado de cuerpo rígido se consigue un funcionamiento estable del dispositivo de propulsión 100 también con un reducido número de revoluciones.

Sin el equilibrado de cuerpo rígido, el cuerpo de rotación 102 solo necesitaría dos contrapesos de equilibrado 111 para dos formas propias de flexión.

Según la figura 3, se muestra un cuerpo de rotación 202 de un rotor Magnus según la invención desde dentro. Pueden observarse el cuerpo de rotación 202, cuadernas 206 y orificios 218 en las cuadernas 206. El cuerpo de rotación 202 se muestra en la parte del rotor Magnus que se sitúa por encima de un soporte en el que está montado el cuerpo de rotación 202.

Las cuadernas 206 están dotadas, en planos 219 separados axialmente entre sí perpendiculares al eje de giro del cuerpo de rotación 202, con orificios 218 en diferentes posiciones periféricas para colocar contrapesos de equilibrado en lugares predeterminados. Las separaciones de los orificios están dispuestas de forma regular entre sí en la dirección periférica y podrían ser, por ejemplo, de 10 cm en cada caso. Los planos 219 pueden presentar la misma separación axial entre sí o también una distancia diferente.

Los planos 219 correspondientes de las cuadernas 206 pueden alcanzarse fácilmente, por ejemplo, mediante escaleras, para colocar y / o retirar los contrapesos de equilibrado.

Según la figura 4, se muestra un buque 300 con cuatro rotores Magnus 301. En este caso, los rotores Magnus 301 se disponen perpendiculares a la cubierta 309 del buque 300 y se utilizan como propulsión principal o auxiliar.

Según la figura 5, el rotor Magnus 401 presenta el soporte 404 dentro del cuerpo de rotación 408. En la superficie interior 407 del soporte 404 están dispuestos, como parte de un dispositivo de medición, un primer sensor extensiométrico 409 y un segundo sensor extensiométrico 411. El dispositivo de medición está configurado para determinar una sollicitación por flexión del alojamiento del rotor como consecuencia de una sollicitación de fuerza fundamentalmente radial ocasionada por la acción de una fuerza sobre el cuerpo de rotación 408. El dispositivo de medición presenta los dos sensores extensiométricos 409, 411 que, en el presente ejemplo de realización, están dispuestos formando un ángulo  $\alpha$  de  $90^\circ$  entre sí. El primer sensor extensiométrico 409 se dispone, considerado desde el punto central del soporte 404, en un primer eje 413. El primer eje 413 discurre formando un ángulo  $\beta$  respecto al eje longitudinal del barco. En una forma de realización especialmente preferida, el ángulo  $\beta = 0^\circ$ . El segundo sensor extensiométrico 411 está dispuesto, considerado desde el punto central del soporte 404, a lo largo de un segundo eje 417 en la superficie interior 407 del soporte 404. En una forma de realización especialmente preferida, el ángulo entre el primer eje 413 y el segundo eje 417 es  $\alpha = 90^\circ$ .

El primer sensor extensiométrico 409 está conectado, mediante una línea de señales 419, con un sistema de tratamiento de datos 423. El segundo sensor extensiométrico 411 está conectado, mediante una segunda línea de señales 421, con el sistema de tratamiento de datos 423. El sistema de tratamiento de datos 423 está conectado, mediante una tercera línea de señales 425, con un dispositivo de visualización 427. El dispositivo de visualización 427 está configurado para mostrar la dirección y magnitud de la fuerza que actúa sobre el soporte 404 ocasionada por el desequilibrio.

Los sensores extensiométricos 409, 411 del dispositivo de medición así como este mismo pueden utilizarse, de forma adicional o alternativa al funcionamiento descrito para determinar los desequilibrios que actúan sobre el soporte 404, también para registrar una fuerza de empuje en el cuerpo de rotación 408 y / o para, en caso de que datos meteorológicos indiquen que se puede adherir hielo, verificarlo, ajustar el funcionamiento del rotor Magnus 401  
5 afectado y descongelarlo.

## REIVINDICACIONES

1. Rotor Magnus (1, 100) que presenta un cuerpo de rotación cilíndrico (2, 102) para transformar la fuerza del viento en una fuerza de empuje aprovechando el efecto Magnus, que comprende un eje de giro (110) alrededor del cual gira el cuerpo de rotación (2, 102), un soporte (3) sobre el cual está montado el cuerpo de rotación (2, 102), **caracterizado porque** el cuerpo de rotación presenta elementos para conferir rigidez al cuerpo de rotación (2, 102), el cuerpo de rotación (2, 102) presenta, en al menos dos planos separados entre sí en la dirección axial y perpendiculares al eje de giro (110) del cuerpo de rotación (2, 102), alojamientos en los que se colocan contrapesos de equilibrado (111).
- 10 2. Rotor Magnus (1, 100) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los contrapesos de equilibrado (111) están colocados en los elementos de rigidez.
3. Rotor Magnus (1, 100) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** puede accederse desde dentro al cuerpo de rotación (2, 102) y / o al dispositivo de soporte (3).
- 15 4. Rotor Magnus (1, 100) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el soporte (3) está dispuesto, al menos parcialmente, en el interior del cuerpo de rotación (2, 102) y presenta aberturas (5) para permitir al personal de servicio acceder, desde el soporte (3), a al menos uno de los elementos de rigidez (106).
- 20 5. Rotor Magnus (1, 100) según la reivindicación 4, **caracterizado porque** las aberturas (5) se cierran con tapas (10).
- 25 6. Rotor Magnus (1, 100) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** los elementos de rigidez (106) se encuentran en el lado interior del cuerpo de rotación (2, 102) y discurren en la dirección periférica del cuerpo de rotación (2, 102), así como están configurados principalmente como cuerdas (6) y / o nervaduras circundantes.
- 30 7. Rotor Magnus (1, 100) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** los elementos de rigidez (106) presentan escotaduras, orificios y / o salientes por todo el contorno con separaciones regulares, por ejemplo, de 10 cm.
8. Rotor Magnus (1, 100) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** un motor de propulsión (14) está dispuesto en el interior del soporte (3), propulsando el motor de propulsión (14) al cuerpo de rotación (2, 102).
- 35 9. Procedimiento para equilibrar un rotor Magnus (1, 100) según una de las reivindicaciones precedentes que comprende los pasos de girar el cuerpo de rotación (2, 102) mediante un motor de propulsión (14) en el interior del rotor Magnus (1, 100), registrar desequilibrios de un cuerpo de rotación (2, 102) del rotor Magnus (1, 100) en al menos dos planos desfasados axialmente y dispuestos perpendiculares al eje de giro (110) del cuerpo de rotación (2, 102), y colocar contrapesos de equilibrado (111) correspondientes en los elementos de rigidez (106) en los planos correspondientes para eliminar el desequilibrio.
- 40 10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado porque** los contrapesos de equilibrado (111) se colocan en los elementos de rigidez (106) o se retiran de los elementos de rigidez (106) a través de las aberturas (5) de un soporte (3).
- 45 11. Procedimiento según las reivindicaciones 9 o 10, **caracterizado porque** los contrapesos de equilibrado (111) se fijan en cada caso mediante al menos un tornillo prisionero.
- 50 12. Procedimiento según las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado porque** el número de planos separados entre sí en la dirección axial y perpendiculares al eje de giro (110) del cuerpo de rotación (2, 102) en los que se colocan o de los que se retiran contrapesos de equilibrado (111) se fija en función de las distintas formas propias de flexión (116, 117) que se presentan a un número de revoluciones predeterminado por debajo del régimen de revoluciones operativo.
- 55 13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque** para n formas propias de flexión (116, 117) se colocan m contrapesos de equilibrado (111) en o planos separados axialmente entre sí



perpendiculares al eje de giro (110) del cuerpo de rotación (2, 102) o m+2 contrapesos de equilibrado (111) en o+2 planos perpendiculares al eje de giro (110) del cuerpo de rotación (2, 102).

14. Vehículo, en especial, un buque (300), con un rotor Magnus (1, 100, 301) según una de las 5 reivindicaciones 1 a 8.

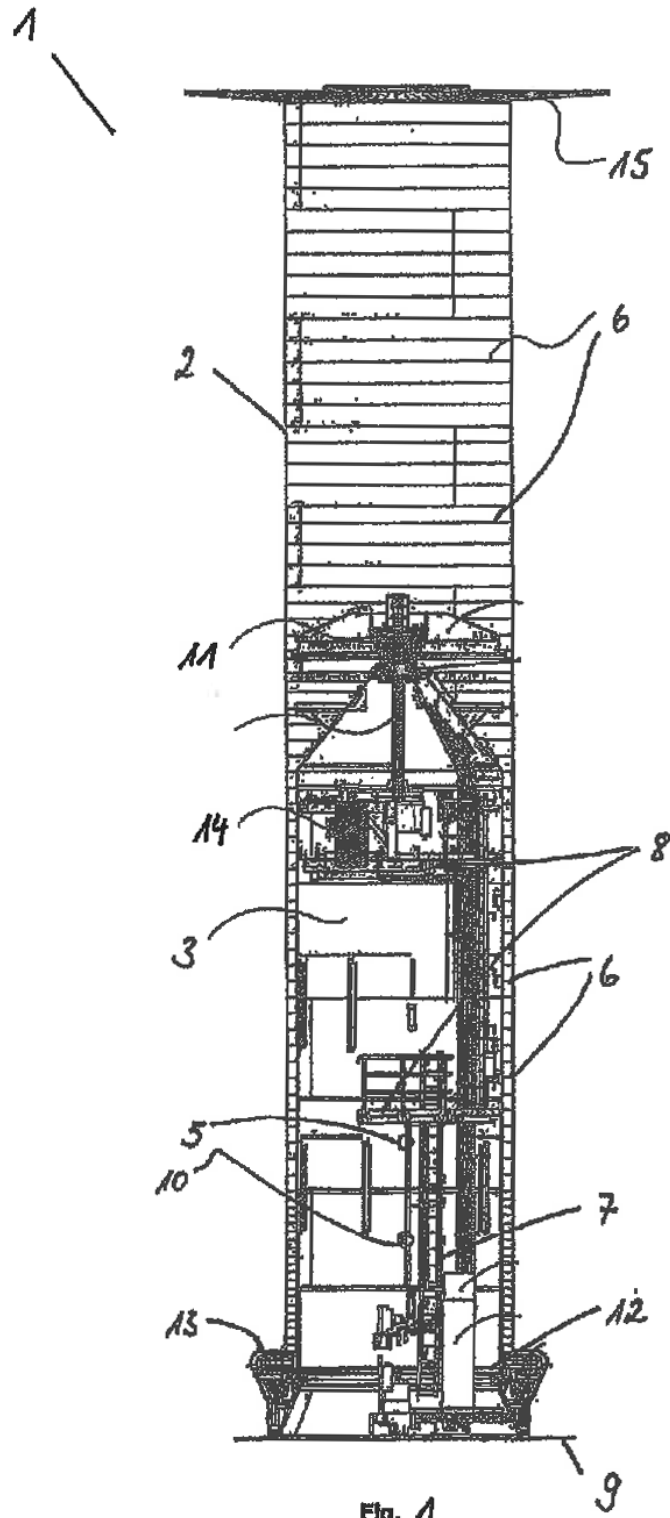


Fig. 1

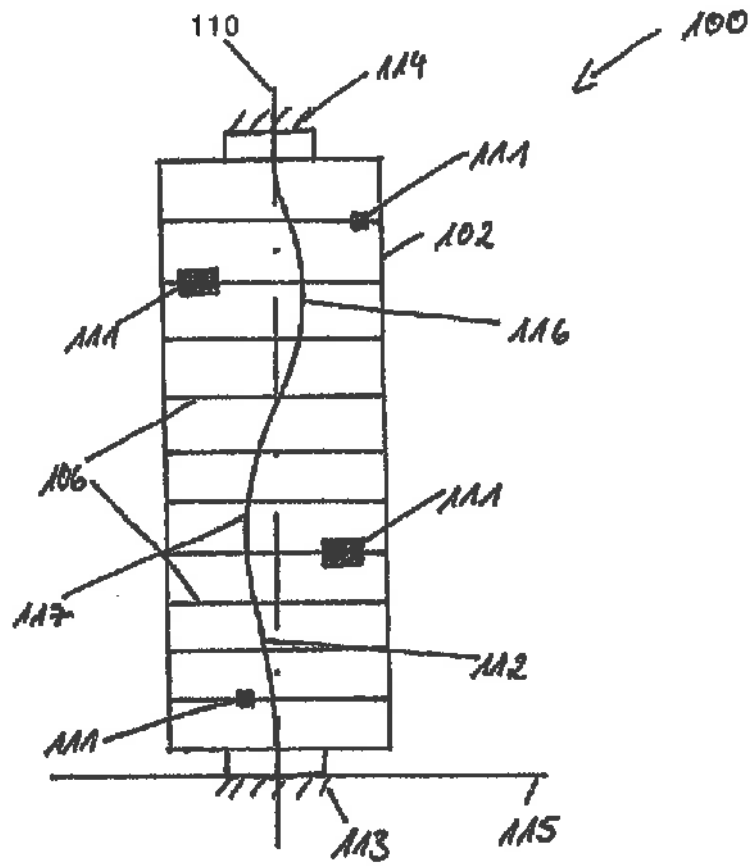


Figura 2

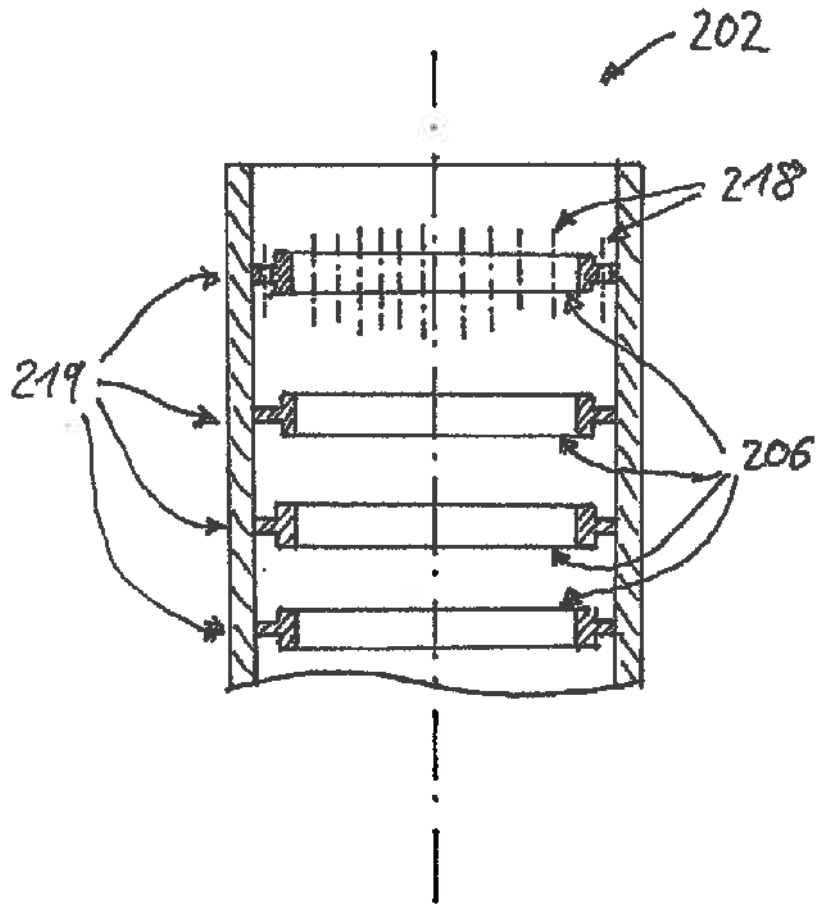


Figura 3

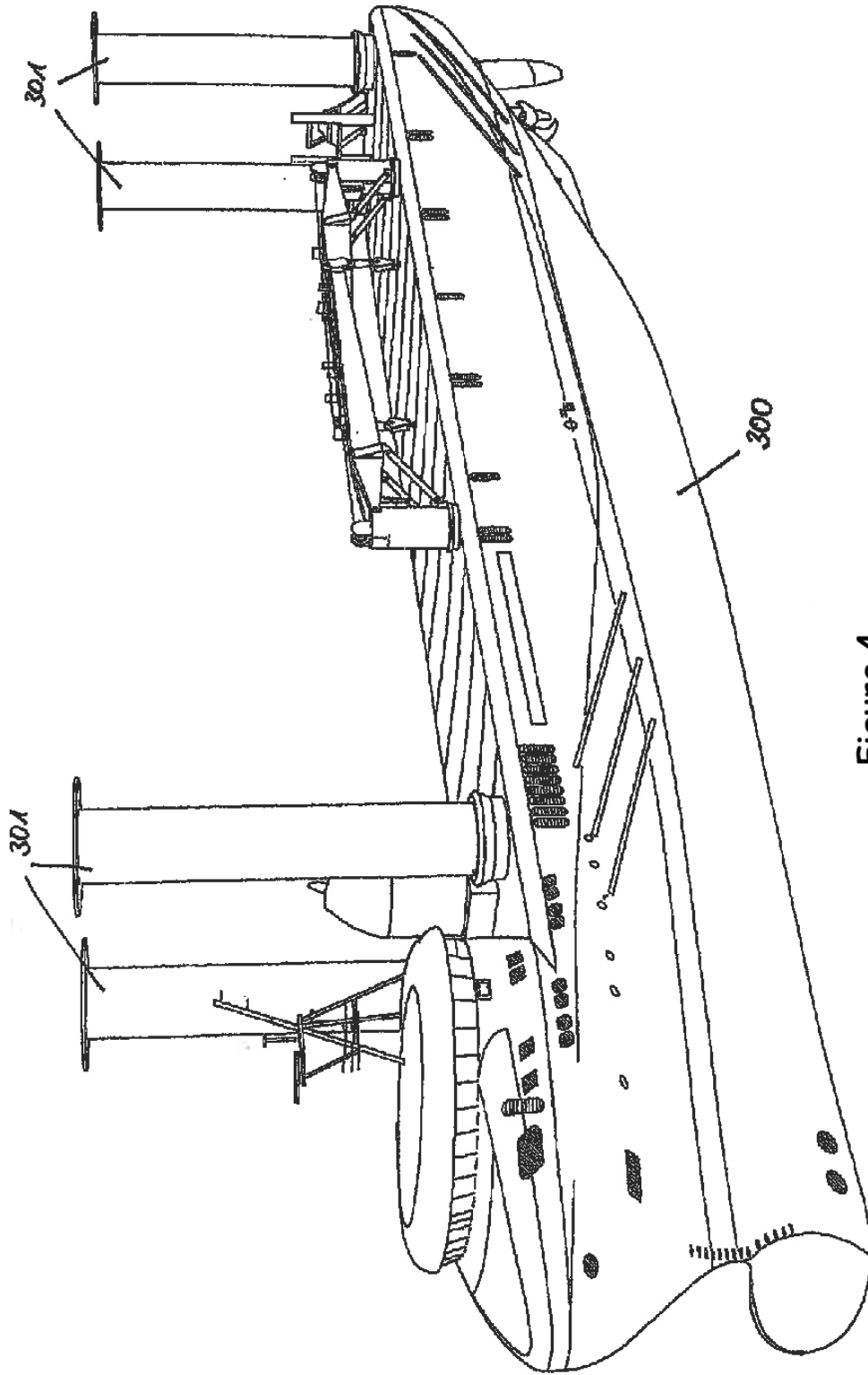


Figura 4

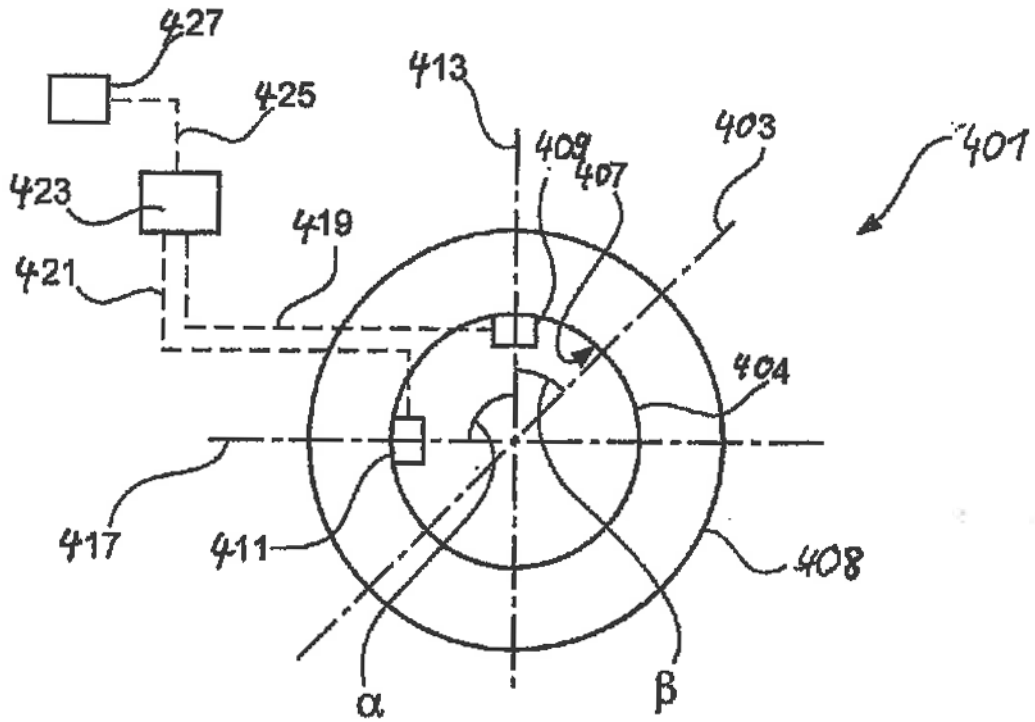


Figura 5