



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: 2 606 014

51 Int. Cl.:

G01L 1/22 (2006.01) G01L 5/00 (2006.01) B63H 9/02 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: 08.09.2011 PCT/EP2011/065518

(87) Fecha y número de publicación internacional: 22.03.2012 WO12034916

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: 08.09.2011 E 11754412 (2)

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: 09.11.2016 EP 2616785

(54) Título: Buque con rotor Magnus y dispositivo dinamométrico

(30) Prioridad:

16.09.2010 DE 102010040905

Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente: 17.03.2017

(73) Titular/es:

WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%) Borsigstrasse 26 26607 Aurich, DE

(72) Inventor/es:

ROHDEN, ROLF

(74) Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

DESCRIPCIÓN

Buque con rotor Magnus y dispositivo dinamométrico

5 La presente invención se refiere a un buque, en particular buque de carga, con al menos un rotor Magnus para la propulsión del buque, que presenta un soporte para el alojamiento del rotor Magnus. La invención se refiere, además, a un rotor Magnus y a un soporte para el alojamiento de un rotor Magnus.

Los rotores Magnus se denominan también rotores Flettner o rotores de velas. En el estado de la técnica se conocen 10 buques con rotores Magnus como accionamiento. Una disposición de este tipo se conoce por el libro "Die Segelmaschine" de Klaus D. Wagner, publicado en Ernst Kabel Verlag GmbH, Hamburgo, 1991.

Por el documento WO 2006/133950 se conoce un buque perfeccionado con una pluralidad de rotores Magnus, donde cada rotor Magnus tiene asignado un motor eléctrico que puede ser controlado individualmente para hacer girar el rotor 15 Magnus.

Por el documento WO 2007/137844 se conoce un rotor Magnus perfeccionado.

- Los rotores Magnus se usan, entre otras cosas, para poner a disposición una fuerza de propulsión adicional en un buque aprovechando el efecto Magnus. El efecto Magnus describe la aparición de una fuerza transversal por fluir un fluido hacia un cilindro que gira alrededor de su eje longitudinal. La fuerza transversal actúa en dirección perpendicular respecto a la dirección del flujo. El flujo alrededor del cilindro rotatorio puede entenderse como una superposición de un flujo homogéneo y un remolino alrededor del cuerpo. De la distribución irregular del flujo total resulta una distribución asimétrica de la presión en la circunferencia del cilindro. Por lo tanto, el buque es provisto de rotores rotatorios o giratorios, que generan en el flujo del viento una fuerza perpendicular respecto a la dirección del viento efectiva, es decir, corregida con la velocidad máxima. La fuerza generada se puede usar, de forma similar al navegar a vela, para la propulsión del buque. La fuerza transversal se genera aquí hacia el lado en el que la superficie rotatoria del cilindro y el aire que fluye a su alrededor se mueven en el mismo sentido.
- 30 Para la transmisión de la fuerza transversal al cuerpo del buque, el rotor debe estar unido fijamente con este. En los rotores conocidos, esto se realiza mediante un soporte para el alojamiento de un rotor Magnus, en el que el rotor está alojado de forma giratoria. El soporte para el alojamiento del rotor Magnus está concebido aquí habitualmente para absorber las fuerzas que actúan radialmente sobre el alojamiento. La intensidad de la fuerza transversal generada por el rotor Magnus depende aquí del tamaño del rotor y de su velocidad de marcha, por un lado, y de la velocidad del viento que fluye alrededor del rotor, por otro lado. Además de la fuerza transversal generada por el rotor Magnus propiamente dicho, sobre el rotor actúa adicionalmente la fuerza del viento, que actúa sobre la superficie del rotor que se opone al mismo.
- Es deseable conocer las fuerzas que actúan sobre un rotor Magnus y, en particular, también las fuerzas que actúan 40 sobre el soporte para el alojamiento del rotor Magnus para evitar daños por sobrecarga. Además, es deseable poder determinar la dirección de las fuerzas que actúan sobre el rotor o la dirección de las fuerzas que actúan sobre el alojamiento para poder realizar de este modo un control del rotor en función de la dirección del viento.
- Ambas cosas se consiguen solo de forma insatisfactoria en los rotores Magnus conocidos por el estado de la técnica, 45 puesto que, para ello, debe determinarse al menos la dirección del viento. Esto solo es posible con una precisión insatisfactoria.

En este contexto, la presente invención está basada en el objetivo de indicar un buque, un rotor Magnus, un soporte para el alojamiento de un rotor Magnus y un procedimiento que atenúen, en la mayor medida posible, los inconvenientes 50 anteriormente indicados.

La invención consigue el objetivo en el que está basada mediante un buque del tipo indicado al principio, al estar realizado el buque con las características según la reivindicación 1.

55 El buque según la invención presenta un dispositivo medidor que está dispuesto en el soporte para el alojamiento del rotor Magnus y que está realizado para la determinación de una solicitación a flexión del soporte para el alojamiento del rotor Magnus.

La invención aprovecha aquí el conocimiento de que las fuerzas que actúan sobre el soporte para el alojamiento del rotor

Magnus son absorbidas o generadas en primer lugar por la superficie del rotor realizada de forma cilíndrica de un rotor Magnus, transmitiéndose a continuación mediante el soporte para el alojamiento del rotor Magnus al cuerpo del buque. Las fuerzas actúan aquí, por un lado, sustancialmente en la dirección radial sobre el eje de rotación, tanto del rotor como del soporte para el alojamiento del rotor Magnus, aunque en dirección directa hacia la unión del soporte para el alojamiento del rotor Magnus con el buque. Por consiguiente, en la zona del acoplamiento de la fuerza se genera un momento de flexión que es absorbido por el soporte para el alojamiento del rotor Magnus. Por lo tanto, en el soporte para el alojamiento del rotor Magnus se llega a formar una fibra neutra que no se solicita a flexión y en el exterior de la fibra neutra se produce una solicitación a flexión del soporte para el alojamiento del rotor Magnus. La solicitación a flexión del soporte para el alojamiento del rotor Magnus puede determinarse mediante el dispositivo medidor y permite deducciones directas respecto a las fuerzas que actúan sobre el rotor.

Una variante ventajosa de la invención prevé que el dispositivo medidor presente dos sensores extensométricos que están dispuestos en una superficie circunferencial del soporte para el alojamiento del rotor Magnus y que están dispuestos a una distancia angular uno de otro. Los dos sensores extensométricos están dispuestos preferentemente a una distancia angular de un ángulo de 90° uno de otro. El uso de dos sensores dispuestos en dos puntos diferentes permite de forma especialmente ventajosa la determinación simultánea de dos estados de flexión del soporte para el alojamiento del rotor Magnus en dos puntos diferentes a lo largo de la circunferencia del soporte para el alojamiento del rotor Magnus en el punto del sensor corresponde a la parte de la solicitación a flexión del soporte para el alojamiento del rotor Magnus en la dirección radial, exactamente en el punto del sensor. Puesto que se usan dos sensores, la dirección en la que el soporte para el alojamiento del rotor Magnus se solicita a flexión puede determinarse mediante relaciones trigonométricas. Con la condición previa de que se conozca el ángulo entre los dos sensores extensométricos, puede determinarse además también mediante relaciones trigonométricas el importe de la solicitación a flexión total a partir de las dos componentes de solicitación a flexión determinadas en diferentes puntos de la circunferencia o preferentemente mediante el teorema 25 de Pitágoras.

De forma especialmente preferible, un primer sensor extensométrico está dispuesto en la dirección longitudinal del buque respecto a un eje de rotación del rotor Magnus y un segundo sensor extensométrico está dispuesto en la dirección transversal del buque respecto al eje de rotación del rotor Magnus. Esta disposición es especialmente ventajosa porque 30 el primer sensor extensométrico, que visto desde el eje del rotor está posicionado exactamente en la dirección de marcha, también permite determinar la extensión o la solicitación a flexión del soporte para el alojamiento del rotor Magnus exactamente en la dirección de marcha o en la dirección longitudinal del buque. El segundo sensor extensométrico permite, en cambio, determinar la extensión ortogonal o la solicitación a flexión en la dirección transversal respecto al eje longitudinal del buque. Aquí, por extensión, ha de entenderse tanto una extensión positiva, en el sentido de un alargamiento, como una extensión negativa, en el sentido de un recalcado. La determinación de la dirección a partir de la cual actúa la fuerza transmitida por el rotor Magnus al buque, así como del importe de la misma, quedan claramente simplificadas gracias a la disposición de dos sensores extensométricos en ángulo recto uno respecto al otro.

En una forma de realización preferible, el primero y el segundo sensor extensométrico están dispuestos en un plano 40 horizontal. De este modo se simplifica aún más el cálculo de la dirección y del importe de la solicitación a flexión.

En otra forma de realización preferible de la presente invención, el soporte para el alojamiento del rotor Magnus está realizado de forma cilíndrica, al menos en el tramo en el que están dispuestos el primero y el segundo extensómetro. Una realización cilíndrica o a elección cilíndrica hueca del soporte para el alojamiento del rotor Magnus en este tramo 45 favorece un comportamiento isotrópico de flexión. Con independencia de eventuales anisotropías estructurales, que pueden deberse al material usado del soporte para el alojamiento del rotor Magnus, en caso de una realización cilíndrica del soporte para el alojamiento del rotor Magnus ha de esperarse que la solicitación a flexión del soporte para el alojamiento del rotor Magnus corresponda siempre a una fuerza determinada, sin que importe la dirección de la que se transmite esta fuerza.

Según otra forma de realización ventajosa de la invención, el primer sensor extensométrico y el segundo sensor extensométrico están preparados para la emisión de una señal, que representa la extensión detectada por los sensores. Las señales de datos emitidas por los sensores extensométricos están realizadas preferentemente de forma analógica o digital, de modo que es posible un procesamiento de las señales con diferentes procedimientos.

55

El buque presenta preferentemente una instalación de procesamiento de datos para el registro de las señales emitidas, que está preparada para la determinación de un vector de fuerza total basado en las señales emitidas. La instalación de procesamiento de datos está realizada preferentemente para determinar mediante la relación de las intensidades de las señales emitidas por el primer sensor extensométrico y por el segundo sensor extensométrico la dirección del vector de

fuerza total y/o para determinar mediante la relación de las intensidades de las señales emitidas, así como los valores de las señales emitidas el importe del vector de fuerza. La instalación de procesamiento de datos usa aquí preferentemente funciones trigonométricas y aprovecha los siguientes conocimientos. Las señales del primer sensor extensométrico y del segundo sensor extensométrico representan una extensión en la superficie del soporte para el alojamiento del rotor 5 Magnus. La extensión corresponde a su vez respecto a la superficie o el eje de rotación del alojamiento del rotor a una solicitación a flexión del soporte para el alojamiento del rotor Magnus. Esta corresponde a su vez a una fuerza en la dirección radial, que es una componente de fuerza de la fuerza total que actúa sobre el rotor Magnus. Si se conoce el ángulo entre los dos sensores extensométricos y si la instalación de procesamiento de datos está preparada para la determinación de las dos componentes de fuerza (representadas por las señales emitidas por los sensores extensométricos) en las direcciones correspondientes, que corresponden a la disposición de los sensores extensométricos, tomándolo como base también puede realizarse la determinación del vector de fuerza total compuesto por las componentes individuales.

El primer sensor extensométrico y/o el segundo sensor extensométrico presentan preferentemente cada uno al menos un calibre extensométrico y/o al menos un tubo extensométrico y/o al menos un sensor extensométrico óptico. Por calibre extensométrico se entiende aquí por ejemplo un calibre extensométrico de alambre, lámina, semiconductor o en roseta. Por tubo extensométrico se entiende un dispositivo medidor en el que se mueve un núcleo de ferrita en el interior de un tubo de bobina según una extensión en la superficie en la que está dispuesto el dispositivo medidor, a continuación de lo cual se determina y se emite cuantitativamente la inductancia cambiada. Como sensor extensométrico óptico puede usarse por ejemplo un sensor de fibra óptica de redes de Bragg.

La invención se refiere, además, a un soporte para el alojamiento del rotor Magnus para un rotor Magnus que está preparado para la propulsión de un buque. El soporte para el alojamiento del rotor Magnus según la invención consigue el objetivo planteado al estar realizado según la reivindicación 10 y presentar un dispositivo medidor para la 25 determinación de una solicitación a flexión del soporte para el alojamiento del rotor Magnus.

La invención se refiere, además, a un procedimiento para la determinación del avance de un rotor Magnus. El procedimiento consigue el objetivo en el que se basa la invención según la reivindicación 11 al detectarse la solicitación a flexión de un soporte para el alojamiento del rotor Magnus mediante un dispositivo medidor realizado para ello y al 30 comprender el procedimiento las siguientes etapas: emisión de una señal que representa la solicitación a flexión del soporte para el alojamiento del rotor Magnus en la dirección de marcha del buque mediante un primer sensor extensométrico del dispositivo medidor, determinación de la componente de fuerza que corresponde a la solicitación a flexión detectada por el primer sensor extensométrico como fuerza de avance. El procedimiento comprende preferentemente las etapas adicionales: emisión de una señal que representa la solicitación a flexión del soporte para 35 el alojamiento del rotor Magnus en la dirección transversal del buque mediante un segundo sensor extensométrico del dispositivo medidor, determinación de la componente de fuerza que corresponde a la solicitación a flexión detectada por el segundo sensor extensométrico como fuerza transversal. El procedimiento comprende preferentemente las etapas adicionales: determinación de la dirección del vector de fuerza total mediante la relación de las intensidades de las señales emitidas por el primero y el segundo sensor extensométrico y/o determinación del importe del vector de fuerza 40 total mediante la relación de las intensidades de las señales emitidas así como los valores de las señales emitidas. Mediante el procedimiento puede determinarse, por lo tanto, un vector de fuerza total, que representa tanto la intensidad como la dirección de la fuerza transmitida por el rotor Magnus al buque.

A continuación, la presente invención se explicará más detalladamente con ayuda de formas de realización preferibles 45 haciéndose referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

La figura 1, una vista en perspectiva de un buque según la presente invención;

la figura 2, una vista esquemática en corte transversal de un rotor Magnus según la presente invención;

la figura 3, una vista en planta desde arriba esquemática de un rotor Magnus de un buque con un soporte para el alojamiento del rotor Magnus;

la figura 4, la representación de la figura 3 con un diagrama vectorial;

la figura 5, la representación de las figuras 3 y 4 con un diagrama vectorial y

la figura 6, la representación de la figura 5 con un diagrama vectorial alternativo.

4

50

55

La figura 1 muestra una representación esquemática de un buque 1 según un primer ejemplo de realización. El buque 1 presenta aquí un casco formado por una parte por debajo de la línea de flotación 16 y una parte por encima de la línea de flotación 15. Además, el buque 1 puede presentar, por ejemplo, cuatro rotores Magnus o rotores Flettner 10 que pueden estar dispuestos en las cuatro esquinas del casco. El buque 1 presenta en la proa un puente 30. El buque 1 presenta por debajo del agua una hélice 50. Para una maniobrabilidad mejorada, el buque 1 puede presentar también propulsores de chorro transversal, estando previstos preferiblemente un propulsor de chorro transversal en la popa y uno a dos propulsores de chorro transversal en la proa. Estos propulsores de chorro transversal están accionados con preferencia eléctricamente. El puente 30, así como todas las superestructuras por encima de la cubierta de intemperie 14, presentan una forma aerodinámica para reducir la resistencia al viento. Esto se consigue en particular porque se 10 evitan sustancialmente aristas vivas y piezas montadas de aristas vivas. Para minimizar la resistencia al viento, está previsto el menor número posible de superestructuras.

El buque 1 según el primer ejemplo de realización representa en particular un buque de carga, que está concebido especialmente para el transporte de instalaciones de energía eólica y sus componentes. El transporte de instalaciones de energía eólica, así como de sus componentes correspondientes, solo puede realizarse de forma limitada con buques portacontenedores corrientes en el mercado, puesto que los componentes de una instalación de energía eólica requieren un espacio que no corresponde a las medidas de contenedores corrientes en el mercado, mientras que las masas de algunos componentes son reducidas en comparación con el espacio que ocupan. Pueden indicarse a título de ejemplo palas de rotor o revestimientos de góndolas de instalaciones de energía eólica, que en la mayoría de los casos están realizados como estructuras voluminosas de plástico reforzado con fibras de vidrio con un peso de pocas toneladas.

Los rotores Magnus 10, de los que hay, por ejemplo, cuatro, representan aquí propulsiones accionadas por viento para el buque 1 según la invención. Está previsto propulsar el buque 1 al menos en parte con los rotores Magnus.

25 La forma del casco del buque 1 está concebida de tal modo que la popa sale lo más posible del agua. Esto se refiere, por un lado, a la altura de la popa por encima del nivel del agua, aunque, por otro lado, también se refiere a la longitud del tramo de popa que también queda suspendido por encima de la superficie del agua. Esta configuración sirve para desprender el agua pronto del casco, para evitar una ola que siga al buque 1, puesto que esta conduce a una alta resistencia del casco, ya que también esta ola provocada por el buque 1 debe ser superada por la potencia de la 30 máquina, aunque en este caso ya no está disponible para la propulsión.

La proa del buque 1 presenta cortes agudos a lo largo de un tramo relativamente largo. La parte del buque por debajo de la línea de flotación está configurada de forma optimizada en cuanto a la resistencia respecto a aspectos hidrodinámicos hasta una altura de aprox. 3 m por encima de la línea de flotación proyectada.

Por lo tanto, el casco del buque 1 no está concebido para una capacidad máxima de carga, sino para una resistencia (aerodinámica e hidrodinámica) mínima.

Las superestructuras del buque 1 están configuradas para favorecer el flujo. Esto se consigue en particular porque todas 40 las superficies están configuradas como superficies lisas. Gracias a la configuración del puente 30 deben evitarse sobre todo remolinos en la popa, de modo que el mando de los rotores Magnus 10 pueda realizarse de la forma menos estorbada posible. El puente 30 está dispuesto preferentemente en la proa del buque 1. También es posible una disposición de las superestructuras en el centro del buque 1, aunque estorbaría sin necesidad la carga o descarga, porque las superestructuras estarán dispuestas en este caso exactamente por encima del centro de la bodega.

Como alternativa, el puente 30 puede estar dispuesto en la popa del buque 1, aunque esto resultaría ser un inconveniente en el sentido de que los rotores Magnus 10 perjudicarían una buena visión hacia adelante.

El accionamiento o la propulsión del buque 1 están optimizados para un accionamiento por viento, de modo que el buque 50 1 de la presente invención es un velero.

Los rotores Magnus 10 pueden estar dispuestos, por ejemplo, en los puntos de esquina de las bodegas, de modo que pueden definir una superficie rectangular. No obstante, se indica que también es posible otra disposición. La disposición de los rotores Magnus 10 está basada en la idea de que se necesita una determinada superficie del rotor, para conseguir la potencia de accionamiento deseada mediante los rotores Magnus 10. Gracias a una división de esta superficie necesaria entre un total de cuatro rotores Magnus 10, se reducen las medidas de los rotores Magnus 10 individuales. Gracias a esta disposición de los rotores Magnus 10 queda libre una superficie continua del mayor tamaño posible, que sirve en particular para la carga y descarga del buque 1, así como para alojar una carga de cubierta, en forma de varias cargas de contenedores.

Mientras que el buque está representado en el presente caso con cuatro rotores Magnus, también han de preverse preferentemente como alternativa números y disposiciones diferentes de rotores Magnus y otras divisiones de la propulsión.

Los rotores Magnus 10 y el accionamiento principal están concebidos, por tanto, de tal modo que, en caso de no haber suficiente viento, el accionamiento principal solo debe generar la diferencia de potencia que no puede ser suministrada por los rotores Magnus 10. Un control del accionamiento se realiza, por tanto, de tal modo que los rotores Magnus 10 generan la potencia máxima o casi la potencia máxima. Un aumento de la potencia de los rotores Magnus 10 conduce, por tanto, directamente a un ahorro de combustible, puesto que el accionamiento principal no tiene que generar energía adicional para el accionamiento eléctrico. El ahorro de combustible se consigue, por tanto, sin que sea necesaria una adaptación entre una hélice accionada por un motor de combustión interna o un accionamiento principal, así como el control de los rotores Magnus 10.

15 El buque 1 presenta una cubierta de intemperie 14. La cubierta de intemperie es la cubierta situada a más altura del buque y está dispuesta en el lado exterior. En la cubierta de intemperie 14 pueden disponerse mercancías de diversos tipos.

El buque 1 presenta un eje longitudinal 3 que está dispuesto en paralelo a la línea de fila y que se extiende en la 20 dirección horizontal. Al moverse el buque en línea recta (y sin el servicio de propulsores de chorro transversal), el eje longitudinal 3 corresponde, por tanto, a la dirección de marcha del buque 1.

La Figura 2 muestra una representación en corte del rotor Magnus 10 según la invención de un buque 1. El rotor Magnus 10 presenta un cuerpo de rotor 8 cilíndrico y una chapa extrema del núcleo 12 dispuesta en la parte superior. El cuerpo 25 de rotor 8 está alojado mediante un alojamiento 6 de forma giratoria en un soporte para el alojamiento de un rotor Magnus 4. El cuerpo de rotor 8 está unido mediante medios para la transmisión de fuerza con un motor de accionamiento 106 en una zona superior del alojamiento 4. El soporte para el alojamiento del rotor Magnus 4 presenta una superficie interior 7. En una zona inferior del soporte para el alojamiento del rotor Magnus 4 está dispuesto un dispositivo medidor 5 en la zona de la pared interior 7. Se puede acceder al dispositivo medidor 5 mediante una plataforma de trabajo 108.

El dispositivo medidor 5 está realizado para determinar una solicitación a flexión del soporte para el alojamiento del rotor Magnus en consecuencia de una solicitación por fuerza sustancialmente radial del alojamiento 6 por la acción de fuerza sobre el cuerpo de rotor 8. El dispositivo medidor presenta dos sensores extensométricos 9, 11, que en el presente ejemplo están dispuestos en un ángulo de 90º uno respecto al otro.

30

El soporte para el alojamiento del rotor Magnus 4 está unido mediante una unión por brida 110 con la cubierta del buque.

En la figura 3 se muestra una vista en corte transversal esquemática de un rotor Magnus 10 según la presente invención. El rotor Magnus 10 presenta en el interior del cuerpo de rotor 8 el soporte para el alojamiento del rotor Magnus 4. En la superficie interior 7 del soporte para el alojamiento del rotor Magnus 4 están dispuestos como parte del dispositivo medidor un primer sensor extensométrico 9 y un segundo sensor extensométrico 11. El primer sensor extensométrico 9 está dispuesto en un primer eje 13 visto desde el centro del soporte para el alojamiento del rotor Magnus 4. El primer eje 13 se extiende en un ángulo β respecto al eje longitudinal 3 del buque. En una forma de realización especialmente preferible, el ángulo β = 0°. El segundo sensor extensométrico 11 está dispuesto a lo largo de un segundo eje 17 en la superficie interior 7 del soporte para el alojamiento del rotor Magnus 4 visto desde el centro del soporte para el alojamiento del rotor Magnus 4. En una forma de realización especialmente preferible, el ángulo entre el primer eje 13 y el segundo eje 17 α = 90°.

El primer sensor extensométrico 9 está conectado mediante una línea de señales 19 con una instalación de 50 procesamiento de datos 23. El segundo sensor extensométrico 11 está conectado mediante una segunda línea de señales 21 con la instalación de procesamiento de datos 23. La instalación de procesamiento de datos 23 está conectada mediante una tercera línea de señales 25 con un dispositivo de visualización 27. El dispositivo de visualización 27 está realizado para visualizar la dirección y el importe de la fuerza de avance que actúa sobre el soporte para el alojamiento del rotor Magnus 4. La instalación de procesamiento de datos está preparada para realizar el procedimiento 55 según la invención.

Las figuras 4 a 6 muestran en principio la misma vista que la figura 3, al haberse omitido solo las líneas de señales indicadas esquemáticamente y la instalación de procesamiento de datos, así como el dispositivo de visualización. Con ayuda de las figuras 4 a 6, se muestra la forma en la que se interpreta la fuerza que actúa sobre el rotor Magnus 10 y la

forma en la que se determina mediante el dispositivo medidor.

Comenzando con la figura 4, hay que constatar que el rotor Magnus 10 presenta un lado no orientado hacia el viento, así como un lado orientado hacia el viento 34. El lado orientado hacia el viento 34 presenta una superficie hacia la que fluye 5 el viento. La dirección desde la que el viento fluye hacia el rotor Magnus 10 difiere de la dirección del viento real si se observa desde un punto estacionario, puesto que, por lo general, el buque está en movimiento. El viento incide en la dirección de la flecha 33 en el rotor Magnus 10, por lo que el rotor Magnus 10 se solicita con una fuerza en la dirección del viento. A continuación, esta se denominará fuerza de viento o de forma abreviada F_W. El rotor Magnus 10 gira en la dirección de la flecha 29. Por ello, gracias al efecto Magnus, se genera una fuerza en la dirección de una flecha 35, como 10 puede verse en la figura 5. Esta fuerza se denominará en lo sucesivo fuerza de Magnus o de forma abreviada F_M. El vector F_M se extiende en la dirección ortogonal respecto al vector F_W.

Por lo tanto, sobre el soporte para el alojamiento del rotor Magnus 4 actúa una fuerza que está compuesta por la fuerza del viento F_W, por un lado, y la fuerza de Magnus F_W, por otro. Por la adición de los dos vectores F_W y F_M, resulta un 15 vector para la fuerza total, denominada en lo sucesivo F_G. El vector F_G se extiende en la dirección de la flecha 37.

La figura 6 corresponde a las figuras 4 y 5 y también a la figura 3, con la excepción de que el eje longitudinal 3 y el primer eje 13, en el que está dispuesto el primer sensor extensométrico 9, coinciden en la figura 6. La fuerza total F_G ya deducida con ayuda de las figuras 4 y 5 en la dirección de la flecha 37 puede interpretarse en una observación vectorial como la suma de dos vectores que se extienden en ángulo recto uno respecto al otro. Según una forma de realización especialmente preferible, el primer sensor extensométrico 9 y el segundo sensor extensométrico 11 están dispuestos uno en ángulo recto respecto al otro. En la forma de realización según la figura 6, el primer sensor extensométrico está dispuesto en la dirección de marcha y, por lo tanto, en la dirección del eje longitudinal 3 del buque en el lado interior del soporte para el alojamiento del rotor Magnus 4, mientras que el segundo sensor extensométrico 11 está dispuesto en 25 dirección ortogonal respecto a esto y, por lo tanto, sustancialmente exactamente en la dirección transversal del buque a lo largo del segundo eje 17.

El vector de la fuerza total F_G puede dividirse, por consiguiente, en un vector en la dirección del eje longitudinal 3 o del primer eje 13 y en un segundo vector en la dirección del segundo eje 17. La parte en dirección del primer eje 13 o del eje 30 longitudinal 3 se denominará en lo sucesivo F_V. El vector en la dirección del segundo eje 17 se denominará en lo sucesivo F_Q. F_V representa aquí la fuerza de avance y se extiende en la dirección de la flecha 39, mientras que F_Q ha de entenderse como fuerza transversal y se propaga en la dirección de la flecha 41.

Según la dirección en la que actúa el vector F_G , la solicitación a flexión detectada por el primer sensor extensométrico 9 se diferente de la solicitación a flexión detectada por el segundo sensor extensométrico 11. La relación de las solicitaciones a flexión en las direcciones de las flechas 39 y 41 cambia con un ángulo γ entre la fuerza total F_G en la dirección de la flecha 37 y de uno de los dos ejes 13 y 17. Para el caso de que las solicitaciones a flexión detectadas por el primer sensor extensométrico y el segundo sensor extensométrico 11 sean iguales, el ángulo entre la fuerza total F_G y la fuerza de avance F_V es γ = 45°. Para el caso de que la solicitación a flexión detectada por el primer sensor extensométrico 9 sea por ejemplo el doble que la solicitación a flexión detectada por el segundo sensor extensométrico 11, el ángulo de F_G respecto a F_V o respecto al primer eje 13 es γ = 30°.

Formulado de forma general, resulta por lo tanto el ángulo γ entre F_G y F_V de la relación γ = arctan (valor de la señal del primer sensor extensométrico 11 / valor de la señal del segundo sensor extensométrico 9).

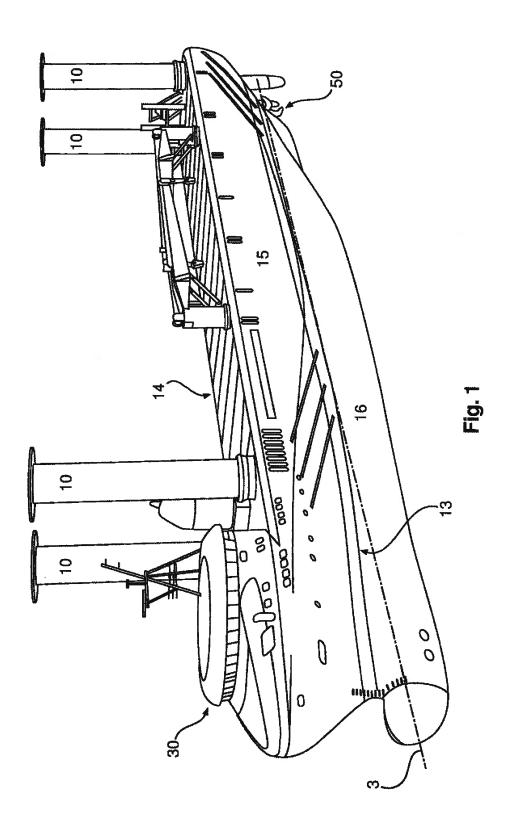
Del mismo modo puede determinarse a partir de los dos valores de señales determinados por los sensores extensométricos 9, 11 individuales además del ángulo de la fuerza F_G que ataca el importe de la misma en relación con el valor de medición del primero o del segundo sensor extensométrico, a libre elección. El importe del vector resulta de la relación $F_G = F_V/\cos(\gamma)$ o equivalente del valor de la señal = (valor de la señal del primer sensor extensométrico 9) / cos 50 y).

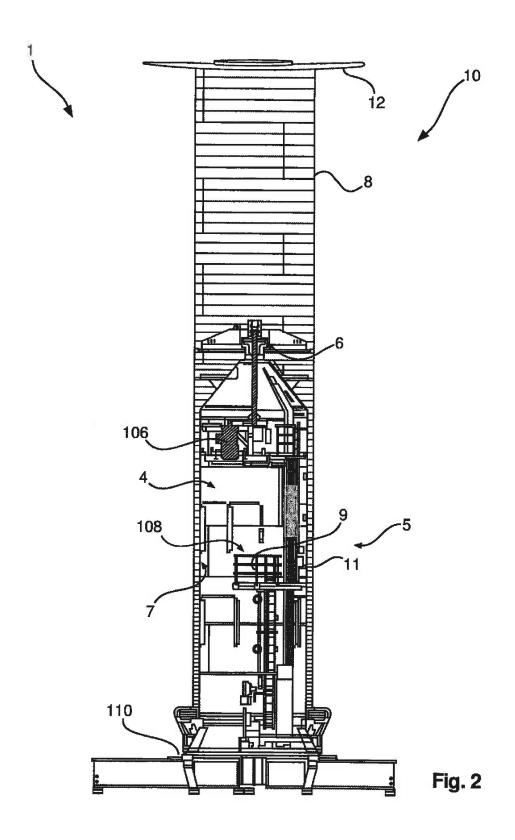
REIVINDICACIONES

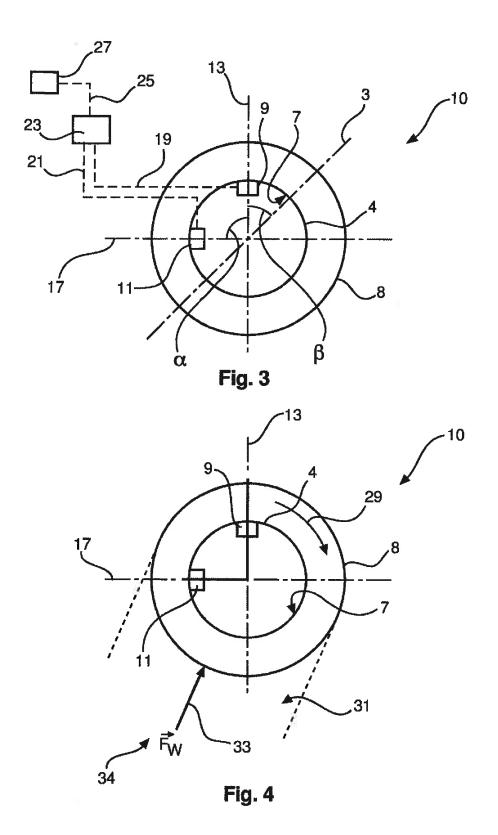
- 1. Buque (1), en particular buque de carga, con al menos un rotor Magnus (10) para la propulsión del buque (1) que presenta un soporte estacionario para el alojamiento del rotor Magnus (4),
- 5 **caracterizado porque** en el soporte (4) está dispuesto un dispositivo medidor (5) para la determinación de una solicitación a flexión del soporte (4).
 - 2. Buque (1) según la reivindicación 1,
- caracterizado porque el dispositivo medidor (5) presenta dos sensores extensométricos (9, 11) que están 10 dispuestos en una superficie circunferencial del soporte (4) y están dispuestos a una distancia angular uno del otro, preferentemente en un ángulo de 90º de uno a otro.
 - 3. Buque (1) según la reivindicación 2,
- caracterizado porque un primer sensor extensométrico (9) está dispuesto en la dirección longitudinal del buque (1) respecto a un eje de rotación del rotor Magnus (10) y un segundo sensor extensométrico (11) está dispuesto en la dirección transversal del buque (1) respecto al eje de rotación del rotor Magnus (10).
- 4. Buque (1) según la reivindicación 2 o 3, caracterizado porque el primero y el segundo sensor extensométrico (9, 11) están dispuestos en un plano 20 horizontal.
- Buque (1) según la reivindicación 3 o 4,
 caracterizado porque el soporte (4) está realizado de forma cilíndrica, al menos en el tramo en el que están dispuestos el primero y el segundo sensor extensométrico (9, 11).
 - 6. Buque (1) según una de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado porque** el primer sensor extensométrico (9) y el segundo sensor extensométrico (11) están preparados respectivamente para la emisión de una señal que representa la extensión detectada por los sensores.
- 30 7. Buque (1) según la reivindicación 6, caracterizado porque el buque (1) presenta una instalación de procesamiento de datos (23) para el registro de las señales emitidas, que está preparada para la determinación de un vector de fuerza total F_G (37) basándose en las señales emitidas.
- 35 8. Buque (1) según la reivindicación 7, caracterizado porque la instalación de procesamiento de datos (23) está realizada para determinar, mediante la relación de las intensidades de las señales emitidas, la dirección del vector de fuerza total F_G (37) y/o para determinar, mediante la relación de las intensidades de las señales emitidas, así como de los valores de las señales emitidas, el importe del vector de fuerza total F_G (37).
- 9. Buque (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el primer sensor extensométrico (9) y/o el segundo sensor extensométrico (11) presentan respectivamente al menos un calibre extensométrico y/o un tubo extensométrico y/o un sensor extensométrico óptico.
- 10. Soporte (4) para el alojamiento de un rotor Magnus (10) que está preparado para la propulsión de un buque (1), caracterizado porque el soporte (4) presenta un dispositivo medidor (5) para la determinación de una solicitación a flexión del soporte (4).
 - 11. Procedimiento para la determinación del avance de un rotor Magnus (10) que comprende las siguientes etapas:
 - determinación de la solicitación a flexión de un soporte (4) para el alojamiento del rotor Magnus (10) mediante un dispositivo medidor (5) realizado para ello,
- 55 emisión de una señal que representa la solicitación a flexión del alojamiento del rotor (4) en la dirección de marcha del buque (1) mediante un primer sensor extensométrico (9) del dispositivo medidor (5), y
 - determinación de la componente de fuerza (39) que corresponde a la solicitación a flexión detectada por el primer sensor extensométrico (9) como fuerza de avance F_V.

ES 2 606 014 T3

- 12. Procedimiento según la reivindicación 11, comprendiendo las etapas adicionales:
- emisión de una señal que representa la solicitación a flexión del alojamiento del rotor (4) en la dirección transversal del buque (1) mediante un segundo sensor extensométrico (11) del dispositivo medidor (5),
- determinación de la componente de fuerza (41) que corresponde a la solicitación a flexión detectada por el 5 segundo sensor extensométrico como fuerza de empuje transversal F_Q.
 - 13. Procedimiento según la reivindicación 11 o 12, comprendiendo las etapas adicionales:
 - determinación de la dirección del vector de fuerza total F_G (37) mediante la relación de las intensidades de las señales emitidas del primero y segundo sensor extensométrico (9, 11) y/o
- 10 determinación del importe del vector de fuerza total F_G (37) mediante la relación de las intensidades de las señales emitidas así como los valores de las señales emitidas.







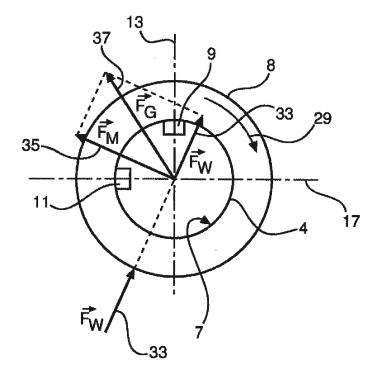


Fig. 5

