

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 572**

51 Int. Cl.:

B63B 39/00 (2006.01)

G05D 1/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2011** **E 11003188 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016** **EP 2377756**

54 Título: **Evaluación de la dinámica de un buque**

30 Prioridad:

19.04.2010 DE 102010015359

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

17.10.2016

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP MARINE SYSTEMS GMBH
(100.0%)
Werftstrasse 112-114
24143 Kiel, DE**

72 Inventor/es:

**SCHARMACHER, MANUEL;
DIGNATH, FLORIAN;
DIEKMANN, ANDREAS y
ZHENG, QINGHUA**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 586 572 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

Evaluación de la dinámica de un buque

La invención se refiere a un procedimiento para la detección temprana del riesgo de aparición de oscilaciones de balanceo en una embarcación con las características indicadas en el preámbulo de la reivindicación 1.

5 En el caso de embarcaciones, como por ejemplo buques de carga, en particular buques portacontenedores, pero también en submarinos, pueden producirse oscilaciones de balanceo excitadas paraméricamente a determinadas frecuencias de encuentro entre las olas del agua y la embarcación. Estas oscilaciones de balanceo pueden crecer fuertemente, en particular en caso de haber resonancia, y pueden conducir a ángulos de balanceo fuertemente aumentados. En el caso de oscilaciones de balanceo excitadas paraméricamente de grandes buques
10 portacontenedores pueden producirse por ejemplo ángulos de balanceo superiores a 20°.

Las oscilaciones de balanceo pueden producirse en particular de forma reforzada en submarinos, puesto que el casco del buque de estos no está optimizado para la estabilidad para la navegación en superficie sino respecto a requisitos especiales, como por ejemplo para la navegación en estado sumergido y la acústica. Los submarinos presentan, por lo tanto, al navegar en superficie típicamente relaciones geométricas de masas nada favorables para
15 el comportamiento de balanceo. En el caso de submarinos se ha informado incluso de ángulos de balanceo superiores a 40°.

Para poder detectar la aparición o el riesgo de aparición de oscilaciones de balanceo lo antes posible, por lo tanto es necesario poder evaluar de forma fiable el estado de movimiento de una embarcación respecto a una resonancia del movimiento de balanceo.

20 Por el documento DE 100 45 921 A1 se conoce un dispositivo que debe impedir movimientos de balanceo fuertes del buque. No se hace aquí un análisis de los movimientos de la embarcación.

El documento US 2010 057 279 muestra otro ejemplo del estado de la técnica.

La invención tiene el objetivo de poner a disposición un procedimiento para la detección temprana del riesgo de aparición de oscilaciones de balanceo en una embarcación respecto a una resonancia del movimiento de balanceo,
25 con el que pueda detectarse de una forma sencilla y fiable el estado de movimiento de la embarcación respecto a una resonancia del movimiento de balanceo.

Este objetivo se consigue con un procedimiento con las características indicadas en la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes, la descripción expuesta a continuación y el dibujo se indican variantes preferibles de la invención.

30 En el procedimiento de acuerdo con la invención para la detección del estado de movimiento de una embarcación respecto a una resonancia del movimiento de balanceo de la embarcación se detectan durante la navegación al menos el movimiento de vaivén vertical así como el movimiento de balanceo de la embarcación y se ponen en relación uno al otro. La cercanía del estado de movimiento de la embarcación a la resonancia del movimiento de balanceo puede detectarse de forma especialmente fiable y precisa mediante la detección del movimiento de vaivén
35 vertical y del movimiento de balanceo. En particular, puede detectarse la aparición o un riesgo de aparición de oscilaciones de balanceo a corto plazo, es decir, en pocos períodos de oscilaciones de balanceo o de vaivén vertical de la embarcación antes de la aparición de ángulos de balanceo críticos. Por lo tanto, pueden tomarse medidas adecuadas para evitar ángulos de balanceo grandes en caso de haberse detectado mediante el procedimiento de acuerdo con la invención un riesgo de aparición de oscilaciones de balanceo.

40 Según el procedimiento de acuerdo con la invención se detecta o detectan el ángulo de balanceo y/o la evolución en el tiempo del ángulo de balanceo. De este modo, el movimiento de balanceo puede detectarse de forma sencilla y fiable. Se detecta, por ejemplo, el ángulo de balanceo y/o una o varias de sus derivaciones en el tiempo de forma continua a lo largo del tiempo. De forma alternativa y preferente se detectan en el procedimiento el ángulo de balanceo y/o una o varias de sus derivaciones en el tiempo en mediciones o cálculos repetidos, sucesivos en el
45 tiempo, por ejemplo en intervalos de tiempo inferiores/iguales a 50 milisegundos, preferentemente en intervalos de tiempo de 20 milisegundos. Es conveniente determinar en el procedimiento de acuerdo con la invención la velocidad de balanceo, es decir, la primera derivación en el tiempo del ángulo de balanceo. Recomendablemente, la determinación de la derivación en el tiempo del ángulo de balanceo no sirve necesariamente o no sirve necesariamente por sí sola a una determinación de la potencia de balanceo como está descrita más adelante, que
50 ha de realizarse eventualmente, sino que la determinación de la derivación en el tiempo del ángulo de balanceo aumenta también la precisión de la determinación de la cercanía del estado de movimiento de la embarcación a la resonancia del movimiento de balanceo.

Se detecta o se detectan según el procedimiento de acuerdo con la invención el ángulo de balanceo y/o la evolución en el tiempo del ángulo de balanceo en una parte predeterminada del movimiento de vaivén vertical de la
55 embarcación. Es conveniente detectar en el procedimiento el vaivén vertical de la embarcación de forma continua a lo largo del tiempo o en mediciones repetidas, sucesivas en el tiempo, por ejemplo en intervalos de tiempo inferiores/iguales a 50 milisegundos, preferentemente en intervalos de tiempo de 20 milisegundos. Se observa por ejemplo la evolución del ángulo de balanceo durante medio movimiento de vaivén vertical por encima de la posición

de equilibrio de la embarcación en el agua. En particular, se determina tanto el movimiento de vaivén vertical hacia arriba, es decir, en la emersión de la embarcación del agua como también en el posterior movimiento de vaivén vertical hacia abajo, es decir, en la inmersión de la embarcación, respectivamente el ángulo de balanceo al pasar por la posición de equilibrio, en particular la diferencia de los ángulos de balanceo así detectados. De forma ventajosa, esta diferencia forma una medida directa para el crecimiento de la oscilación de balanceo. De este modo puede deducirse de una diferencia de los ángulos de balanceo detectados que crece a lo largo de varios movimientos de vaivén vertical o períodos de vaivén vertical que existe un riesgo de crecimiento del movimiento de balanceo.

Además, se determina o determinan la potencia de balanceo y/o su evolución en el tiempo. Por potencia de balanceo ha de entenderse la energía de balanceo aplicada por unidad de tiempo al movimiento de balanceo de la embarcación. Si se detecta mediante el procedimiento de acuerdo con la invención una gran potencia de balanceo, esto significa que se aplica mucha energía al movimiento de balanceo, lo que indica que hay riesgo de crecimiento del ángulo de balanceo en el futuro. Una gran potencia de balanceo es, por lo tanto, un indicio de un riesgo de crecimiento de la oscilación de balanceo de la embarcación. Por lo tanto, en el procedimiento se usa de forma ventajosa la potencia de balanceo como medida para el crecimiento de oscilaciones de balanceo de la embarcación.

Recomendablemente se determina la potencia de balanceo en un momento determinado de tal modo que se multiplica la velocidad de balanceo, es decir, la primera derivación en el tiempo del ángulo de balanceo, por el momento de empuje ascensional actual de la embarcación. La velocidad de balanceo puede determinarse, por ejemplo, detectándose el ángulo de balanceo de forma continua a lo largo del tiempo o en mediciones repetidas, sucesivas en el tiempo, deduciéndose en función del tiempo la evolución en el tiempo así detectada del ángulo de balanceo. De forma alternativa o adicional, para la determinación de la velocidad de balanceo también puede integrarse en función del tiempo la aceleración del ángulo de balanceo, que representa la segunda derivación en el tiempo del ángulo de balanceo y que puede determinarse mediante cálculos o mediciones. Por ejemplo se registra la aceleración del ángulo de balanceo mediante la medición por medio de sensores de aceleración. Además, la velocidad de balanceo también puede detectarse directamente mediante sensores adecuados, por ejemplo medidores del coeficiente de balanceo.

Preferentemente se determina en el procedimiento de acuerdo con la invención de forma alternativa o adicional a la determinación de la potencia de balanceo la variación de la potencia de balanceo en el tiempo. Por ejemplo, se determina la variación de la potencia de balanceo en el tiempo mediante diferenciación de la evolución en el tiempo de la potencia de balanceo, determinándose preferentemente la potencia de balanceo de la forma anteriormente descrita. Recomendablemente no se tienen en cuenta o al menos no se tienen del todo en cuenta variaciones de corta duración de la potencia de balanceo detectada, que se deben por ejemplo a efectos estocásticos, de la técnica de medición y/o numéricos. La diferenciación de la potencia de balanceo se realiza para ello preferentemente mediante una combinación de filtros de paso bajo y diferenciadores.

La variación de la potencia de balanceo en el tiempo representa un indicio para la evolución futura de la potencia de balanceo, que indica a su vez un crecimiento futuro de la oscilación de balanceo de la embarcación en caso de tener un valor elevado. La variación de la potencia de balanceo en el tiempo permite, por consiguiente, una evaluación especialmente temprana de la cercanía del estado de movimiento de la embarcación a una resonancia del movimiento de balanceo, de modo que en el procedimiento también puede usarse la variación de la potencia de balanceo en el tiempo como medida para un riesgo de un crecimiento de la oscilación de balanceo. Esta medida puede usarse de forma ventajosa como criterio para una prealerta de aparición de oscilaciones de balanceo. Recomendablemente puede emitirse una prealerta de este tipo respecto al oleaje en el entorno cercano de la embarcación o también respecto al rumbo general de la embarcación respecto a las olas del agua y/o el oleaje que se presenta en general.

En una variante del procedimiento de acuerdo con la invención, que puede realizarse de forma alternativa o adicional, se determina o determinan para ello la energía de balanceo y/o la evolución en el tiempo de la energía de balanceo. Por ejemplo para la determinación de la energía de balanceo se integra en función del tiempo la potencia de balanceo determinada mediante medición y/o cálculo, en particular como se ha descrito respecto al procedimiento de acuerdo con la invención. Recomendablemente se determina cada vez que la embarcación pasa en el movimiento de balanceo por su posición de equilibrio, es decir, por el ángulo de balanceo 0° , el valor actual de la energía de balanceo y se compara respectivamente con el valor de la energía de balanceo de la embarcación en el anterior paso de la embarcación por su posición de equilibrio. Como alternativa, el valor actual de la energía de balanceo también puede compararse con las energías de balanceo en un paso anterior que el previo o con un valor medio de varios pasos anteriores de la embarcación por su posición de equilibrio. En el procedimiento se comparan por ejemplo los valores de las energías de balanceo formándose una diferencia a partir de estos valores. Esta diferencia entre las energías de balanceo representa aquí una medida directa de aparición de la oscilación de balanceo.

En el procedimiento de acuerdo con la invención se detecta preferentemente el ángulo de cabeceo de la embarcación y se pone en relación con el movimiento de vaivén vertical y/o de balanceo. De forma ventajosa, para ello se detecta el ángulo de cabeceo de la embarcación de forma continua a lo largo del tiempo o en mediciones repetidas, sucesivas en el tiempo, por ejemplo en intervalos de tiempo inferiores/iguales a 50 milisegundos, preferentemente en intervalos de tiempo de 20 milisegundos. Cuando se tiene en cuenta el ángulo de cabeceo, es

posible determinar con una precisión especialmente elevada la cercanía del estado de movimiento de la embarcación a la resonancia del movimiento de balanceo.

Recomendablemente se usa en el procedimiento de acuerdo con la invención un campo característico de empuje ascensional de la embarcación. En este campo característico de empuje ascensional se indica el momento de empuje ascensional, preferentemente en función del vaivén vertical y/o del ángulo de balanceo, en particular también en función del ángulo de cabeceo de la embarcación. Mediante este campo característico de empuje ascensional puede determinarse directamente el momento de empuje ascensional actualmente predominante de la embarcación a partir del vaivén vertical y/o del ángulo de balanceo actualmente detectado, así como dado el caso a partir del ángulo de cabeceo actualmente detectado. Recomendablemente se determina en el procedimiento de acuerdo con la invención con el momento de empuje ascensional actual determinado de este modo junto con la velocidad de balanceo detectada o determinada actualmente la potencia de balanceo, de la forma que se ha descrito anteriormente respecto al procedimiento de acuerdo con la invención.

En una variante preferible del procedimiento de acuerdo con la invención se determinan límites de estado para una o varias magnitudes relacionadas con el movimiento de balanceo y/o de vaivén vertical, en particular límites de estado que dependen unos de otros para dos o varias magnitudes de este tipo. En particular, las magnitudes de este tipo relacionadas con el movimiento de balanceo y/o de vaivén vertical son el ángulo de balanceo, el vaivén vertical, la primera así como derivaciones en el tiempo más elevadas del ángulo de balanceo y del vaivén vertical, la potencia de balanceo, la energía de balanceo y la primera así como derivaciones en el tiempo más elevadas de la potencia de balanceo y de la energía de balanceo. Los límites de estado forman aquí un criterio para ángulos de balanceo o velocidades de balanceo críticos y/o alturas de vaivén vertical o velocidades de vaivén vertical críticas y se determinan de tal modo que se alcanzan cuando el crecimiento de la oscilación de balanceo ya ha alcanzado un grado determinado o cuando el estado de movimiento de la embarcación ya ha alcanzado un grado determinado de resonancia. Por consiguiente, en el procedimiento de acuerdo con la invención puede usarse la cercanía de las magnitudes relacionadas con el movimiento de balanceo y/o de vaivén vertical a estos límites de estado como medida para el crecimiento de la oscilación de balanceo.

Preferentemente, estos límites de estado se almacenan como límites de estado determinados anteriormente en recorridos de prueba con la embarcación.

Preferentemente se determina en el procedimiento de acuerdo con la invención un nivel de resonancia como medida para la cercanía del estado de movimiento de la embarcación a una resonancia del movimiento de balanceo. Por ejemplo, una magnitud escalar forma el nivel de resonancia. De forma especialmente preferible se usan para ello una o varias de las magnitudes para la determinación del nivel de resonancia que están descritas en la descripción anteriormente expuesta como medida para el crecimiento o el riesgo de crecimiento de la oscilación de balanceo de la embarcación. De forma ideal, se ponen en relación entre sí varias magnitudes de este tipo para la determinación del nivel de resonancia. La reunión de varias magnitudes de este tipo para obtener un solo nivel de resonancia como criterio para la evaluación de la cercanía del estado de movimiento de la embarcación a la resonancia del movimiento de balanceo aumenta aquí la seguridad de esta evaluación; de esta forma los efectos estocásticos del oleaje sobre algunos de estos criterios se tienen en cuenta con un menor peso en el nivel de resonancia. Estas magnitudes se normalizan y reúnen por ejemplo de tal modo que forman un nivel de resonancia entre 0 y 1, designando 0 el estado de reposo de la embarcación y el valor 1 un crecimiento claro de una oscilación de balanceo. El nivel de resonancia se obtiene, por ejemplo, a partir de las magnitudes anteriormente indicadas mediante multiplicación, adición o la determinación de valores máximos de las diferentes magnitudes, preferentemente se ponderan o normalizan de forma adecuada las diferentes magnitudes en el cálculo del nivel de resonancia. Para la ponderación o normalización de las diferentes magnitudes se usan por ejemplo determinados factores o normas de normalización o ponderación determinados previamente en recorridos de prueba.

A continuación, la invención se explicará con ayuda de un ejemplo de realización representado en el dibujo. La Figura 1 muestra un diagrama de bloques para la realización de un procedimiento de acuerdo con la invención en un dibujo esquemático.

El procedimiento representado en la Figura 1 se usa para la detección del estado de movimiento de una embarcación, aquí por ejemplo de un submarino respecto a una resonancia del movimiento de balanceo de la embarcación. Como alternativa, el procedimiento puede usarse correspondientemente también para la detección del estado de movimiento de otras embarcaciones, por ejemplo de buques de carga, en particular buques portacontenedores.

En el procedimiento se determina de forma continua el vaivén vertical z de la embarcación respecto a su posición de equilibrio mediante mediciones repetidas, sucesivas en el tiempo en intervalos de tiempo de 20 milisegundos. Además, se detecta durante la navegación el movimiento de balanceo de la embarcación midiéndose el ángulo de balanceo Φ de la embarcación mediante mediciones repetidas, sucesivas en el tiempo, en intervalos de 20 milisegundos. Como alternativa, el ángulo de balanceo Φ y el vaivén vertical z también pueden detectarse de forma continua.

- El vaivén vertical z actualmente detectado y el ángulo de balanceo Φ actualmente detectado se alimentan a un primer dispositivo de evaluación A_1 , que pone en relación el vaivén vertical z y el ángulo de balanceo Φ uno al otro. En el dispositivo de evaluación A_1 se determina siempre respectivamente el ángulo de balanceo Φ al pasar por la posición de equilibrio de la embarcación, tanto en el movimiento de vaivén vertical de la embarcación hacia arriba (es decir, al emerger la embarcación del agua) como en el posterior movimiento de vaivén vertical de la embarcación hacia abajo (al sumergirse la embarcación). La diferencia entre estos dos ángulos de balanceo Φ se usa como medida directa para el crecimiento de la oscilación de balanceo y se emite siempre con su valor actual como criterio K_1 , que se usa para la detección del estado de movimiento de la embarcación respecto a una resonancia del movimiento de balanceo de la embarcación como se explicará más adelante.
- El vaivén vertical z actualmente detectado y el ángulo de balanceo Φ actualmente detectado se alimentan además a un dispositivo de evaluación A_{20} , que determina con ayuda del vaivén vertical z detectado y del ángulo de balanceo Φ detectado el momento de empuje ascensional $M\Phi$ actual de la embarcación. Para aumentar la precisión, se transmite al dispositivo de evaluación A_{20} . El dispositivo de evaluación A_{20} dispone para la determinación del momento de empuje ascensional $M\Phi$ de un campo característico de empuje ascensional, que registra el momento de empuje ascensional $M\Phi$ de la embarcación en función del vaivén vertical z , del ángulo de balanceo Φ y del ángulo de cabeceo θ . Este campo característico de empuje ascensional se ha determinado previamente mediante recorridos de prueba con la embarcación. El dispositivo de evaluación A_{20} transmite el momento de empuje ascensional $M\Phi$ actual determinado a un dispositivo de evaluación A_{21} .
- Además, se calcula en el procedimiento descrito la velocidad de balanceo actual $d\Phi/df$ de la embarcación mediante derivación en el tiempo del ángulo de balanceo Φ y se transmite al dispositivo de evaluación A_{21} . Mediante el dispositivo de evaluación A_{21} se multiplica el momento de empuje ascensional $M\Phi$ por la velocidad de balanceo $d\Phi/df$ obteniéndose por lo tanto la potencia de balanceo P_Φ actualmente aplicada al movimiento de balanceo. El dispositivo de evaluación A_{21} transmite la potencia de balanceo P_Φ actual a un dispositivo de evaluación A_2 , que emite el valor de la potencia de balanceo P_Φ como criterio K_2 , que es una medida para el valor de la potencia de balanceo y , por lo tanto, para el riesgo de un crecimiento de la oscilación de balanceo.
- El dispositivo de evaluación A_{21} transmite la potencia de balanceo P_Φ actual además a un dispositivo de evaluación A_3 , que integra la potencia de balanceo P_Φ respecto al tiempo y determina por lo tanto la energía de balanceo. Además, se transmite siempre el ángulo de balanceo Φ actual al dispositivo de evaluación A_3 . El dispositivo de evaluación A_3 guarda cada vez que la embarcación pasa en el movimiento de balanceo por su posición de equilibrio, es decir, cuando pasa por el ángulo de balanceo $\Phi = 0^\circ$, el valor actual de la energía de balanceo. Este valor de la energía de balanceo se compara con el valor respectivamente anterior de la energía de balanceo al pasar por la posición de equilibrio mediante sustracción de la energía de balanceo anteriormente detectada de la energía de balanceo actualmente detectada. La diferencia de energía así determinada representa una medida directa para el crecimiento de la oscilación de balanceo. El dispositivo de evaluación A_3 emite esta diferencia de energía como criterio K_3 .
- Además, el dispositivo de evaluación A_{21} transmite la potencia de balanceo P_Φ actual determinada a un dispositivo de evaluación A_4 . El dispositivo de evaluación A_4 determina mediante diferenciación de la potencia de balanceo actual P_Φ respecto al tiempo la variación actual en el tiempo de la potencia de balanceo P_Φ . Para no tener en cuenta las variaciones de corta duración, que se deben a efectos estocásticos, de la técnica de medición y/o numéricos, la diferenciación se realiza mediante una combinación de filtros de paso bajo y diferenciadores (no representados en el dibujo). La variación resultante de la potencia de balanceo representa una medida para la evolución futura de la potencia de balanceo P_Φ y , por lo tanto, también para el crecimiento de la oscilación de balanceo de la embarcación y sirve por consiguiente para la prealerta antes de la aparición de grandes ángulos de balanceo. Las constantes de filtro de los filtros de paso bajo se han elegido de tal modo que la prealerta se refiere al entorno cercano de la embarcación. De forma alternativa o adicional, las constantes de filtro también pueden elegirse de tal modo que la prealerta se refiere al rumbo general de la embarcación respecto a las olas o al oleaje generalmente predominante. El dispositivo de evaluación A_4 emite la variación de la potencia de balanceo P_Φ como criterio K_4 .
- El vaivén vertical z así como el ángulo de balanceo Φ se transmiten además a un dispositivo de evaluación A_5 , que compara el vaivén vertical z y el ángulo de balanceo Φ con límites de estado respectivamente dependientes unos de otros, que representan valores límite para el vaivén vertical z y el ángulo de balanceo Φ . Si el vaivén vertical z y el ángulo de balanceo Φ alcanzan estos valores límite, el crecimiento de la oscilación de balanceo ya ha alcanzado un grado máximo admisible determinado o la embarcación ya se encuentra en una cercanía máxima admisible a la resonancia del movimiento de balanceo. En función de la cercanía del vaivén vertical z y del ángulo de balanceo Φ a los valores límite correspondientes, el dispositivo de evaluación A_5 determina el criterio K_5 y emite este criterio K_5 .
- Además, en otros ejemplos de realización no representados por separado del procedimiento pueden compararse además de las magnitudes de estado vaivén vertical z y ángulo de balanceo Φ otras magnitudes relacionadas con el movimiento de vaivén vertical y/o el movimiento de balanceo con valores límite. Las magnitudes de este tipo pueden ser, por ejemplo, la primera y/o derivaciones en el tiempo más elevadas del vaivén vertical z y/o del ángulo de balanceo Φ . Estas magnitudes se detectan en este caso por ejemplo junto con el vaivén vertical z y el ángulo de balanceo Φ o se determinan mediante la derivación en el tiempo del vaivén vertical z determinado y del ángulo de balanceo Φ determinado.

5 Los criterios K_1 , K_2 , K_3 , K_4 y K_5 para la cercanía del estado de movimiento de la embarcación a la resonancia del movimiento de balanceo se calculan respectivamente nuevamente en intervalos de tiempo de 20 milisegundos. Los dispositivos de evaluación A_1 , A_2 , A_3 , A_4 y A_5 transmiten los criterios K_1 , K_2 , K_3 , K_4 y K_5 a un dispositivo de evaluación A_{RL} , que normaliza los criterios K_1 , K_2 , K_3 , K_4 y K_5 de una forma adecuada y determina mediante multiplicación de estos criterios normalizados un criterio escalar RL que emite posteriormente. Como alternativa, el criterio RL puede ser determinado en otros ejemplos de realización no representados por separado del procedimiento de acuerdo con la invención también mediante adición o determinación de valores máximos de los criterios K_1 , K_2 , K_3 , K_4 y K_5 . La magnitud escalar RL puede usarse ahora para realizar en caso de oscilaciones de balanceo excitadas paraméricamente críticas una intervención por regulación de corta duración en la velocidad de marcha de la embarcación y/o en el rumbo actual de la embarcación.

10 Los dispositivos de evaluación A_1 , A_{20} , A_{21} , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 y A_{RL} pueden estar contenidos en un solo módulo como se muestra en la Figura 1 (esbozado en la Figura 1 con línea de trazo interrumpido), que representa un observador de resonancia que se encuentra a bordo de una embarcación.

Lista de signos de referencia

- 15 z - Vaivén vertical
- ϕ - Ángulo de balanceo
- Θ - Ángulo de cabeceo
- $d\phi/df$ - Velocidad de balanceo
- $M\phi$ - Momento de empuje ascensional
- 20 P_ϕ - Potencia de balanceo
- A_1 - Dispositivo de evaluación
- A_{20} - Dispositivo de evaluación
- A_{21} - Dispositivo de evaluación
- A_2 - Dispositivo de evaluación
- 25 A_3 - Dispositivo de evaluación
- A_4 - Dispositivo de evaluación
- A_5 - Dispositivo de evaluación
- K_1 - Criterio
- K_2 - Criterio
- 30 K_3 - Criterio
- K_4 - Criterio
- K_5 - Criterio
- A_{RL} - Dispositivo de evaluación
- RL - Nivel de resonancia

35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para la detección temprana del riesgo de aparición de oscilaciones de balanceo en una embarcación respecto a una resonancia del movimiento de balanceo, en el que se detecta el estado de movimiento respecto a la resonancia del movimiento de balanceo, detectándose durante la navegación al menos el movimiento de vaivén vertical, así como el movimiento de balanceo y poniéndose en relación uno al otro, detectándose el ángulo de balanceo (Φ) o su evolución en el tiempo en una parte predeterminada del movimiento de vaivén vertical, **caracterizado porque** de este modo se determina la potencia de balanceo ($P\Phi$), la energía de balanceo o la evolución en el tiempo de la potencia de balanceo o de la energía de balanceo y se usa como medida para un riesgo de aparición de la oscilación de balanceo.
- 10 2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se detecta el ángulo de cabeceo (Θ) y se pone en relación con el movimiento de vaivén vertical y/o el movimiento de balanceo.
3. El procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que se usa un campo característico de empuje ascensional de la embarcación.
- 15 4. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que se determinan límites de estado para una o varias magnitudes (z , Φ) relacionadas con el movimiento de balanceo y/o de vaivén vertical, en particular límites de estado dependientes unos de otros para dos o más magnitudes (z , Φ) de este tipo.
5. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que se determina un nivel de resonancia (RL) como medida para la cercanía del estado de movimiento de la embarcación a una resonancia del movimiento de balanceo.
- 20 6. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que se realiza una ponderación determinada mediante recorridos de prueba para las magnitudes (K_1 , K_2 , K_3 , K_4 y K_5) que influyen en el nivel de resonancia (RL).

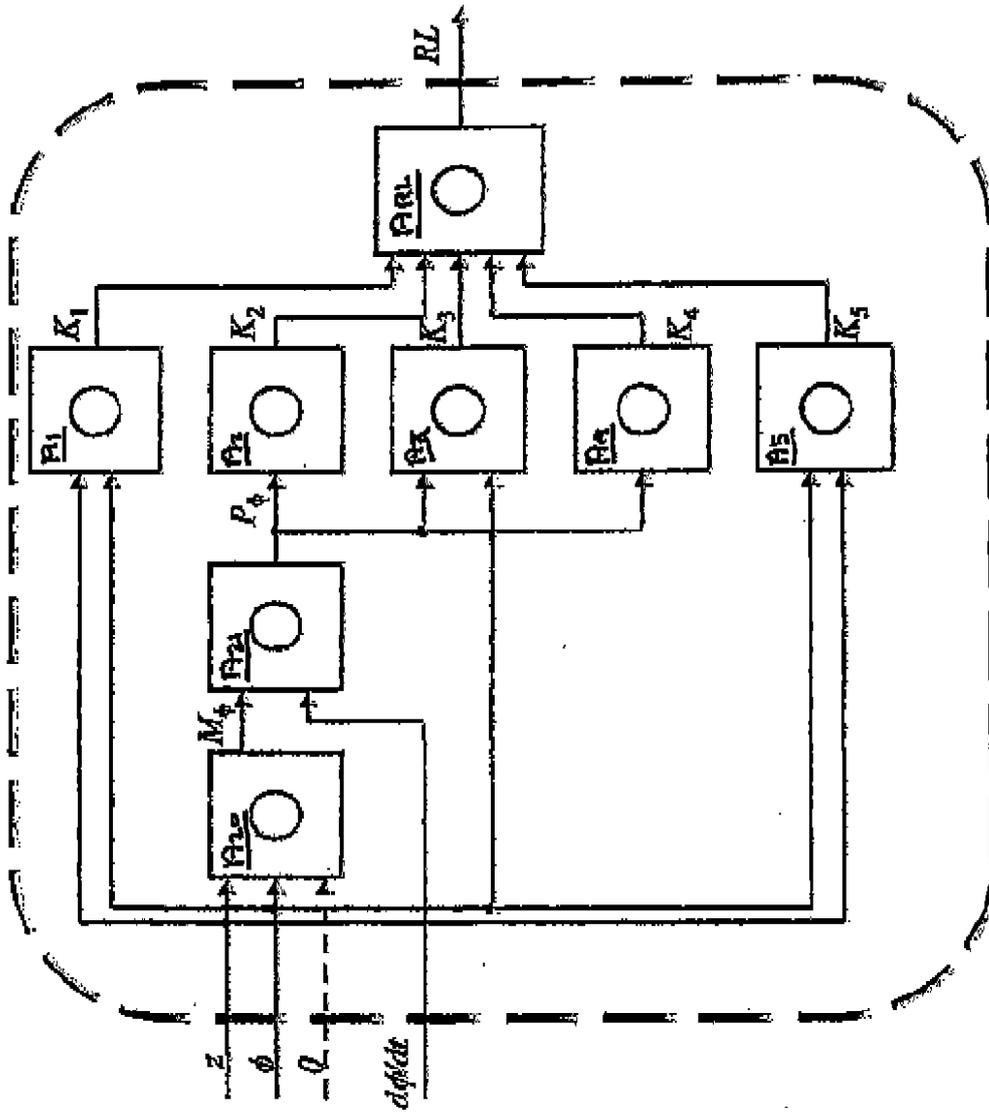


Fig. 1