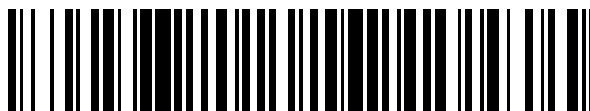


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 143**

51 Int. Cl.:

B63B 9/08 (2006.01)

G01C 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2012** **E 12172467 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014** **EP 2548796**

54 Título: **Análisis de la dirección de propagación de las olas por medio de correlación**

30 Prioridad:

16.07.2011 DE 102011107600

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.03.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 531 143 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

Análisis de la dirección de propagación de las olas por medio de correlación

La invención se refiere a un procedimiento para la determinación de variables de marejada.

Las variables de la marejada tienen una influencia decisiva sobre la estabilidad del comportamiento de flotación y de navegación. Por ejemplo, con determinadas frecuencias de encuentro de las olas de agua con la embarcación se pueden producir oscilaciones de balanceo excitadas por parámetros. Éstas conducen en el caso de resonancia a ángulos de balanceo muy elevados. Por ejemplo, en el caso de buques de contenedores grandes, se ha informado de más de 20°. Para poder prever con fiabilidad situaciones, que pueden perjudicar la estabilidad de una embarcación es necesario determinar variables de la marejada, como por ejemplo la dirección de las olas y el periodo de las olas.

A tal fin se conoce empelar boyas de olas que flotan libremente, por ejemplo el "Directional Waverider MKIII" del fabricante de los Países Bajos Datawell BV. También se emplean boyas amarradas para la medición de variables de la marejada, por ejemplo en Moored Buoy Programm del US-Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. Sin embargo, en el empleo de boyas es un inconveniente que éstas solamente registran las variables de la marejada en pocos lugares, de manera que solamente se pueden deducir con exactitud condicionada aquellas variables de la marejada que ponen en peligro la estabilidad de la embarcación.

Las mejoras utilizan actualmente instalaciones de radar de la embarcación, para registrar variables de la marejada en el lugar de la embarcación propiamente dicha. Sin embargo la calidad de la señal de tales instalaciones de radar depende de las condiciones meteorológicas. Especialmente en el caso de lluvia fuerte o de nevadas, se perjudica la señal del radar y con ello la determinación de variables de la marejada. Además, no existe ninguna relación directa entre la señal de radar redispersada y la variable de la marejada. Además, el montaje de una instalación de radar de este tipo es caro y laborioso.

El documento US 6.382.022 B1 publica un dispositivo y un procedimiento para la medición de variables de la marejada desde una embarcación, en los que están previstos medios, entre otras cosas, para la determinación de alturas de las olas y para la determinación de la posición de la embarcación. También en este sistema es un inconveniente que, por ejemplo, la medición de la altura de las olas depende de las condiciones meteorológicas. Así, por ejemplo, una lluvia fuerte puede incluir en la medición de la altura de las olas.

Por lo tanto, el cometido de la invención es preparar un procedimiento mejorado para la determinación de variables de la marejada. En particular, este procedimiento debe presentar una exactitud alta y debe ser fiable e independiente de las condiciones meteorológicas.

Este cometido se soluciona por medio de un procedimiento con las características indicadas en la reivindicación 1 así como por medio de un procedimiento con las características indicadas en la reivindicación 5. Los desarrollos ventajosos de la invención se deducen a partir de las reivindicaciones dependientes correspondientes de la descripción siguiente y del dibujo.

El procedimiento de acuerdo con la invención sirve para la determinación de variables de la marejada y se realiza en una embarcación. En el procedimiento se registran los ciclos de tiempo de al menos dos variables de la marejada. En este caso, a partir de al menos una pareja de ciclos de tiempo se determina al menos un valor de correlación y se utiliza para la determinación de una o varias variables de la marejada.

Con el valor de correlación determinado se puede determinar una relación temporal de los ciclos de tiempo de las al menos dos variables del movimiento. Esta relación de los ciclos de tiempo forma en el procedimiento una medida para la variable de la marejada a determinar o las variables de la marejada a determinar.

Si se produce, por ejemplo, un frente de olas de agua desde estribor sobre un casco de una embarcación, entonces el casco comienza en primer lugar a girar alrededor del eje de guiñada de la embarcación hacia babor. Si dicho frente alcanza a continuación la zona de la embarcación próxima al centro de gravedad, entonces se produce un movimiento de balanceo de la embarcación hacia babor. De esta manera, los ciclos de tiempo del ángulo de guiñada y del ángulo de balanceo están relacionados en el tiempo con una manera característica para la dirección de propagación de las olas de agua. Esta relación temporal representa, por lo tanto, una medida de la dirección de propagación de las olas con relación al rumbo de la embarcación. Si se determina a partir de los ciclos del ángulo de guiñada y del ángulo de balanceo un valor de correlación, se puede cuantificar con éste la relación temporal de los ciclos de tiempo del ángulo de guiñada y del ángulo de balanceo. De esta manera, se puede utilizar el valor de correlación para la determinación de la dirección de propagación de las olas con relación al rumbo de la embarcación como variable de la marejada.

En particular, en el procedimiento de acuerdo con la invención, la velocidad de subida de la embarcación y el ángulo de cabeceo de la embarcación forman dos variables del movimiento, cuyos ciclos de tiempo son registrados.

Además, con preferencia, las al menos dos variables del movimiento comprenden la velocidad de subida y la velocidad del ángulo de cabeceo de la embarcación y/o la velocidad del ángulo de guiñada y el ángulo de cabeceo.

Con el procedimiento de acuerdo con la invención se puede realizar la determinación de variables de la marejada en el lugar de la embarcación propiamente dicha. De esta manera, el procedimiento garantiza una determinación de las variables de la marejada que son relevantes para la estabilidad de la embarcación con una exactitud alta. De acuerdo con la invención, se realiza una determinación de variables de la marejada independientemente de las condiciones meteorológicas. Además, en el procedimiento de acuerdo con la invención se pueden determinar todas las variables de la marejada que son relevantes para la estabilidad de la embarcación. El procedimiento de acuerdo con la invención presenta de esta manera todas las ventajas de los procedimientos conocidos a partir del estado de la técnica, pero sin estar sometido a las limitaciones de estos procedimientos. Así, por ejemplo, la determinación de las variables de la marejada se realiza al mismo tiempo independientemente de las condiciones meteorológicas como en la observación de boyas de olas como también en el lugar de la embarcación como en el caso de utilización de instalaciones de radar a bordo de la embarcación.

Además, en la comparación para la determinación de variables de la marejada por medio de boyas de olas resulta la ventaja de que en la determinación de acuerdo con la invención sobre el movimiento de la embarcación se pueden registrar y utilizar también movimientos giratorios como especialmente el movimiento de guiñada. Así, por ejemplo, en el caso de una embarcación, son característicos regularmente el movimiento longitudinal y el movimiento transversal. En el caso de boyas de olas es difícil un registro de movimientos giratorios en virtud de su forma la mayoría de las veces redonda. Además, en virtud de esta forma redonda no aparecen la mayoría de las veces movimientos giratorios en las olas de olas.

De manera ventajosa, en el procedimiento de acuerdo con la invención se registran precisamente aquellas porciones de la marejada, que tienen una influencia esencial sobre la estabilidad de la embarcación. Así, por ejemplo, aquellas olas de agua, cuya longitud de las olas es claramente menos que la dimensión de la embarcación proyectada sobre la dirección de propagación de las olas de agua, tienen una influencia insignificante sobre las variables del movimiento. Estas olas de agua tienen al mismo tiempo sólo una influencia no esencial sobre la estabilidad de la embarcación. Las porciones de la marejada que no son esenciales para la estabilidad de la embarcación no son determinadas típicamente a través del procedimiento de acuerdo con la invención. Además, la realización del procedimiento de acuerdo con la invención no requiere forzosamente un gasto de aparatos grande, puesto que el registro de las variables del movimiento se puede realizar fácilmente por medio de sensores de movimiento, como por ejemplo sensores de aceleración.

Otra ventaja del procedimiento de acuerdo con la invención consiste en que durante la determinación del valor de correlación no sólo se determina la relación temporal de valores de tiempo individuales de las variables del movimiento. En su lugar se determina la relación de los ciclos de tiempo registrados, es decir, de los desarrollos temporales de las variables del movimiento registrados continuamente sobre el tiempo o en varios instantes. De esta manera, los valores de las variables del movimiento entran en una pluralidad de instantes (o dado el caso incluso el desarrollo registrado continuamente de las variables del movimiento sobre el tiempo) en la determinación de la relación temporal de los ciclos de tiempo de las variables del movimiento. La determinación de la variable de la marejada o de las variables de la marejada se puede realizar de esta manera con una alta fiabilidad y exactitud.

De manera conveniente, en el procedimiento de acuerdo con la invención, las variables del movimiento son registradas sobre un periodo de tiempo de 2 a 20 minutos, en particular durante una duración inferior a 10 minutos aproximadamente. Típicamente, para la determinación de variables de la marejada es suficiente ya un registro de las variables del movimiento durante una duración de 5 minutos. De esta manera, la duración necesaria para el registro de las variables del movimiento es claramente más corta que los periodos de tiempo de registro típicos en la utilización de boyas de olas, que son regularmente 30 minutos o más.

El registro de los ciclos de tiempo de las al menos dos variables del movimiento se realiza en el procedimiento de manera más adecuada continuamente o por medio de una pluralidad de mediciones individuales. Las mediciones individuales se suceder en este caso a intervalos de tiempo más cortos que los periodos de movimiento que aparecen típicamente para la embarcación, por ejemplo a intervalos de tiempo de 0,1 segundo.

De manera más ventajosa, en el procedimiento se calcula la influencia del cambio de rumbo de la embarcación sobre las variables del movimiento registradas. Con preferencia, el registro de los ciclos de tiempo de las variables del movimiento se realiza, respectivamente, en intervalos de tiempo con rumbo aproximadamente constante de la embarcación. Las variables del movimiento registradas de los intervalos respectivos se transforman tal vez en un sistema de coordenadas terrestre fijo, en el que la rumbo de la embarcación no posee ninguna influencia. Los datos de medición son filtrados con preferencia, además, en un filtro de paso alto, para poder analizar exclusivamente el movimiento condicionado por la marejada de la embarcación. La frecuencia límite del filtro de paso alto se selecciona en este caso de tal forma que los movimientos condicionados por las olas de agua no son influenciados o casi no son influenciados por la filtración de paso alto, filtrándose, sin embargo, las modificaciones de la dirección

y/o las modificaciones de la velocidad de la embarcación, en particular la frecuencia límite de 40 mHz.

En el procedimiento se registran con preferencia los ciclos de tiempo de al menos tres variables del movimiento de la embarcación y a partir de una de varias parejas de ciclos de tiempo se determina al menos un valor de correlación. De esta manera, se pueden determinar al mismo tiempo, por una parte, varias variables de la marejada. De manera alternativa o adicional se determina la misma variable de la marejada varias veces por medio de varios valores de correlación determinados. Así, por ejemplo, se elevan adicionalmente la fiabilidad y la exactitud del procedimiento.

Con preferencia, en el procedimiento se determina al menos un valor de correlación de este tipo, que corresponde al valor de la función de correlación cruzada de la al menos una pareja de los ciclos de tiempo en el caso de un desplazamiento de tiempo desvaneciente de los ciclos entre sí. Tal valor de correlación corresponde entonces a la sección axial-y de una función de correlación cruzada en función del desplazamiento de tiempo entre los ciclos de tiempo de la pareja.

En un desarrollo especialmente ventajoso del procedimiento de acuerdo con la invención, a partir de al menos una pareja de ciclos de tiempo se utilizan varios valores de correlación en forma de una función de correlación cruzada. Es decir, que se determinan varios valores de correlación con diferente desplazamiento de tiempo de los ciclos de tiempo de las variables del movimiento entre sí, que forman en función de este desplazamiento de tiempo la función de correlación cruzada. A partir de esta función de correlación cruzada se determinan de manera conveniente otros parámetros, que se utilizan para la determinación de una o varias variables de la marejada.

Con preferencia, en el procedimiento en función de la curva funcional de la función de correlación cruzada se determina un desplazamiento de tiempo de los ciclos temporales de la pareja entre sí y se utiliza para la determinación de una o varias variables de la marejada. En particular, en este caso se determina aquel desplazamiento de tiempo de los ciclos de tiempo de la pareja entre sí, en el que la función de correlación cruzada alcanza su valor máximo. Este desplazamiento de tiempo forma de manera ventajosa una medida directa para la relación temporal de los ciclos de tiempo.

De manera alternativa o adicional al primer procedimiento de acuerdo con la invención descrito anteriormente se registra en otro segundo procedimiento de acuerdo con la invención el ciclo de tiempo de al menos una variable del movimiento de la embarcación y a partir de la curva de tiempo de esta variable del movimiento se determina una función de correlación cruzada. La curva funcional de la función de auto correlación se utiliza en este procedimiento para la determinación de una o varias variables de la marejada. Para este segundo procedimiento de acuerdo con la invención se deducen de manera correspondiente las ventajas del primer procedimiento de acuerdo con la invención.

Con preferencia, en este procedimiento, en función de la curva funcional de la función de auto correlación se determina y se utiliza un desplazamiento de tiempo de la curva de tiempo de la al menos una variable del movimiento en sí misma. En particular, se determina tal desplazamiento de tiempo, en el que el valor de auto correlación presenta el segundo valor máximo y/o el valor máximo local de un máximo local próximo al máximo global. De manera ventajosa, en el caso de variables periódicas del movimiento se determina su duración de los periodos.

Con preferencia en la al menos una variable del movimiento se trata de una variable del movimiento tal, en la que no se produce ningún movimiento propio (por ejemplo, una oscilación propia) de la embarcación en el agua. Tales variables del movimiento forman aproximadamente la posición transversal y/o la posición longitudinal del centro de gravedad de la embarcación, es decir, la posición del centro de gravedad transversalmente o longitudinalmente al rumbo actual de la embarcación y/o del ángulo de guiñada de la embarcación. De manera alternativa o adicional, tales variables del movimiento son una primera derivada o derivada de tiempo más elevada de una o varias de las variables del movimiento mencionadas anteriormente. En las variables del movimiento mencionadas faltan fuerzas/momentos de retroceso, que conducen a un movimiento propio. Estas variables del movimiento están determinadas, por lo tanto, en una porción especialmente grande por variables de la marejada. Por consiguiente, entonces se puede realizar la determinación de estas variables de la marejada de una manera muy fiable.

Con preferencia, en los procedimientos de acuerdo con la invención, la al menos una variable de la marejada es la dirección de propagación de las olas de agua.

En un desarrollo ventajoso de los procedimientos de acuerdo con la invención, la o varias variables de la marejada es/son la frecuencia de encuentro de las olas de agua con la embarcación y/o una o varias frecuencias propias de la embarcación en la marejada. De manera alternativa, en la o en las variables de la marejada se trata el periodo de encuentro de las olas de agua con la embarcación y/o una o varias duraciones del periodo de movimientos propios de la embarcación en la marejada.

Para determinar la dirección de propagación de las olas de agua, se combinan entre sí a tal fin los dos procedimientos de acuerdo con la invención mencionados anteriormente. En este caso, se pone especialmente el desplazamiento temporal, determinado según el primer procedimiento de acuerdo con la invención, de los ciclos de

tiempo de una pareja de variables del movimiento en relación con el periodo de encuentro de las olas de agua con la embarcación determinado según el segundo procedimiento de acuerdo con la invención.

Esta relación corresponde entonces, salvo un factor de proporcionalidad, a un desplazamiento de fases de los dos ciclos de tiempo entre sí. El desplazamiento de fases está de nuevo, si las variables del movimiento están influenciadas por la dirección de propagación de las olas de agua, en relación directa con la dirección de propagación de las olas de agua. De esta manera, en este desarrollo del procedimiento se determina la dirección de propagación de las olas como la o una de las variables de la marejada. Por ejemplo, se determina el desplazamiento de las fases de los ciclos de tiempo de la posición de carrera de la embarcación y del ángulo de cabeceo de la embarcación, de manera que la dirección de propagación de las olas de agua está orientada desde delante y paralelamente al eje longitudinal de la embarcación. El desplazamiento de las fases corresponde en este caso aproximadamente a la mitad de la medida de la longitud de la embarcación dividida por la longitud de las olas de agua multiplicada por el número de círculos dobles. En el caso de una dirección de propagación de las olas perpendicularmente al eje longitudinal de la embarcación, en cambio, el desplazamiento de las fases es cero. De esta manera, se puede determinar la componente de la dirección de propagación de las olas paralelamente al eje longitudinal de la embarcación. De manera correspondiente se puede determinar la componente de la dirección de propagación de las olas paralelamente al eje transversal de la embarcación. De manera más adecuada, en los procedimientos, las dos componentes determinadas de esta manera se ponen en relación entre sí, tal vez a través de la formación de cocientes y de este modo se determina totalmente la dirección de propagación de las olas.

Con preferencia, en los procedimientos de acuerdo con la invención se determina un desplazamiento de tiempo de los ciclos de tiempo de una pareja en función de la o bien de las frecuencias propias de la embarcación en la marejada y/o de la frecuencia de encuentro de las olas de agua con la embarcación, especialmente en función de la o las relaciones de la frecuencia propia y de las o de las frecuencias de encuentro y se utiliza para la determinación del al menos un valor de correlación. De manera similar, el desplazamiento de tiempo se puede determinar en función de las duraciones de los periodos que están en conexión recíproca con las frecuencias mencionadas anteriormente.

Por ejemplo, en los procedimientos de acuerdo con la invención se lleva a cabo una comparación de las duraciones de los periodos del movimiento forzado impuesto por las variables de la marejada con el movimiento propio de la embarcación en el agua. Estas duraciones de los periodos del movimiento propio de la embarcación se determinan o bien previamente a través de cálculo y/o medición y/o se determinan, como se ha descrito anteriormente, con los procedimientos de acuerdo con la invención. Si, por ejemplo, el movimiento forzado de la embarcación impuesto por las variables de la marejada es más rápido que el movimiento propio relevante de la embarcación, entonces se cambia el signo de la sección del eje-y y se desplaza el desplazamiento de las fases en la medida del número de círculos (o en cambio en correspondencia con el desplazamiento de tiempo). Tales movimientos propios de la embarcación son en este caso en determinadas circunstancias movimientos propios en ambas variables del movimiento sometidas, respectivamente, a una correlación cruzada. En función del resultado de las comparaciones de las duraciones de los periodos se realiza, por lo tanto, dado el caso, un doble cambio de signo de la sección del eje-y y un desplazamiento de fases en la medida de un número doble de círculos.

De manera conveniente, en los procedimientos de acuerdo con la invención, una o varias de las variables del movimiento es/son la posición del centro de gravedad de la embarcación a lo largo de un eje de inercia principal de la embarcación y/o la primera derivada o una derivada de tiempo más elevada de la posición del centro de gravedad y/o la orientación de la embarcación alrededor de un eje de inercia principal de la embarcación y/o la primera derivada o una derivada de tiempo más elevada de esta orientación y/o el o bien los signos de una o varias de las variables mencionadas anteriormente evaluadas por un valor cero de referencia.

En particular, en los procedimientos la variable de la marejada es la dirección de propagación de las olas, de manera que la dirección de propagación de las olas se determina por cuadrantes. Por una determinación por cuadrantes de la dirección de propagación de las olas se entiende en este caso una determinación con una exactitud tal que al menos se distingue si las olas de agua inciden de forma predominante desde delante, en popa, a babor o a estribor sobre la embarcación. De manera ventajosa, para una determinación por cuadrantes de la dirección de propagación de las olas es suficiente la determinación de valores de correlación en la medida en que se puede deducir cuál de las variables del movimiento de la pareja realiza en primer lugar un movimiento en la dirección positiva de las coordenadas. Para una determinación por cuadrantes de la dirección de propagación de las olas se procede de acuerdo con la invención de tal manera que se determinan el punto de intersección con el eje-y de la función de correlación cruzada y/o el desplazamiento de fases. Éstas se comparan a continuación con valores límites fijos. A partir de esta comparación se deduce la dirección de propagación de las olas. Esta determinación es ventajosamente muy robusta y se puede realizar también en el caso de variables del movimiento, en las que los movimientos propios o bien las oscilaciones propias de la embarcación en el agua dominan el desarrollo temporal de las variables del movimiento. Además, el procedimiento en este desarrollo de la invención se puede realizar también en variables del movimiento, que solamente se pueden registrar, dado el caso condicionadas por la situación, con calidad reducida. En este desarrollo de la invención, el procedimiento es en gran medida independiente de la calidad

del registro de las variables del movimiento de la embarcación.

En los procedimientos de acuerdo con la invención se registra de manera ventajosa el sentido periférico de la periferia temporal del estado del movimiento de la embarcación a lo largo de una trayectoria que resulta a partir de una dependencia mutua de al menos dos variables del movimiento y se utiliza para la determinación del valor de la correlación y/o para la determinación de la variable de la marejada. De esta manera se mejora la fiabilidad del procedimiento de acuerdo con la invención.

En este caso, el estado del movimiento de una embarcación se describe a través de un vector de estado, cuyas componentes están formadas, respectivamente, por una de las al menos dos variables del movimiento en función del tiempo. El punto de estado descrito a través de tal vector de estado describe con la modificación temporal de las variables del movimiento que forman el vector de estado una trayectoria, en particular tal trayectoria presenta la forma de un elipsoide, si las frecuencias dominantes de las magnitudes del movimiento del vector de estado coinciden. En el caso de un vector de dos componentes resulta, por ejemplo, una elipse.

La trayectoria se compone típicamente por puntos discretos de acuerdo con los instantes discretos de los registros del desarrollo de temporal de los ciclos de tiempo. En el caso de un registro continuo de las variables del movimiento se pone en formato discreto la trayectoria de una manera más adecuada en una pluralidad de puntos discretos. A continuación se consideran ahora aquellos puntos, de los que se compone la trayectoria.

Para la determinación del sentido periférico se determina en cuántos puntos de la trayectoria, por una parte, de un eje de referencia que divide la trayectoria aparece un movimiento del punto de estado en la dirección del eje de referencia y en cuántos puntos de la trayectoria, por otra parte, de este eje de referencia aparece un movimiento en la dirección negativa del eje de referencia. La suma de los puntos de la trayectoria determinados de esta manera se pone en relación con el número total de todos los puntos presentes de la trayectoria. Según que la relación sea mayor o menor que 50 %, se distingue si las olas inciden, por ejemplo, desde delante o desde proa sobre la embarcación.

De manera más adecuada, en el caso de una trayectoria en forma de elipse se selecciona un eje principal, en particular el eje principal más largo de la elipse como eje de referencia.

En estos procedimientos se pueden seleccionar también los ciclos de tiempo de tres grados de libertad como datos de entrada, resultando una trayectoria tridimensional. En este caso se selecciona entonces adicionalmente al eje de referencia un plano de referencia para la subdivisión de los puntos, siendo el eje de referencia parte de este plano. De manera correspondiente se puede ampliar el procedimiento también a dimensiones todavía más elevadas.

De manera alternativa, se calcula el sentido periférico a partir de la suma de sentidos periféricos locales. En este caso, se determina una dirección normal n , que está perpendicularmente a la trayectoria, por ejemplo un tercer eje principal de un elipsoide que contiene la trayectoria, cuando se detectan más de dos variables de movimiento. Entonces se calcula el sentido periférico local U_i en un punto de estado i de manera especialmente sencilla según la ecuación

$$U_i = \text{sign}(\mathbf{r}_i \times (d\mathbf{r}_i/dt) \cdot \mathbf{n}) \quad (1)$$

En este caso $\mathbf{r}_i$ es el vector de estado en el punto de estado i de la trayectoria y $d\mathbf{r}_i/dt$ es la derivada temporal del vector de estado $\mathbf{r}_i$. Para la multiplicación $\mathbf{r}_i \times (d\mathbf{r}_i/dt)$ se utiliza el producto vector y para la multiplicación por $\mathbf{n}$ se utiliza el producto escalar.

Después del cálculo de U_i para los puntos de estado i de la trayectoria resulta el sentido periférico a partir de la suma de todos los sentidos periféricos locales U_i .

Con preferencia se determina al menos una de las variables de marejada de acuerdo con al menos dos procedimientos diferentes entre sí, al menos uno de los cuales es un procedimiento de acuerdo con la invención, como se ha descrito anteriormente. En este caso se someten los valores determinados, respectivamente, para la variable de la marejada a una comparación entre sí y en función de esta comparación se determina la calidad de la determinación de la variable de la marejada.

De manera más conveniente, en este caso, uno de los procedimientos es un procedimiento como se ha descrito en la solicitud de patente alemana 10 2009 041 055, a cuyo contenido se hace referencia expresamente en este contexto.

De manera ventajosa, en este caso, se emplea especialmente la determinación descrita anteriormente del sentido periférico en combinación con el procedimiento a partir del documento incluido en esta descripción. En este caso, para la determinación del sentido periférico se seleccionan de manera conveniente las mismas componentes espaciales del movimiento del centro de gravedad de traslación de la embarcación como de describen en este

documento como variables de movimiento, es decir, la carrera, la posición longitudinal y/o la posición transversal de la embarcación y/o una primera derivada temporal o derivada temporal más elevada de una o varias de las variables mencionadas anteriormente.

De manera conveniente, los procedimientos de acuerdo con la invención se emplean en un submarino durante la navegación sobre la superficie del agua. Además, los procedimientos de acuerdo con la invención se emplean con preferencia en buques de contenedores y yates.

A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de un ejemplo de realización representado en las figuras del dibujo. En este caso:

La figura 1 muestra un plan de flujo de las señales de los procedimientos de acuerdo con la invención para la determinación de la dirección de propagación de las olas.

La figura 2 muestra una función de correlación cruzada ejemplar y

La figura 3 muestra una trayectoria del estado del movimiento de la embarcación.

Los procedimientos de acuerdo con la invención se realizan en un buque de contenedores para la determinación de la dirección de propagación de las olas de agua. Pero los procedimientos (no representados aparte) se pueden realizar también en un submarino durante la navegación sobre la superficie del agua, en un yate o en otra embarcación discrecional.

Como variables del movimiento de la embarcación se registran en los procedimientos los seis grados de libertad del buque de contenedores y sus primeras derivadas de tiempo en una pluralidad de instantes $t_0, \dots, t_i$ en el periodo de tiempo entre los primeros tiempos t_0 y t_i . Los seis grados de libertad son la posición longitudinal, la posición transversal, la carrera, el ángulo de balanceo, el ángulo de cabeceo y el ángulo de guiñada del buque de contenedores. Los instantes de la detección de las variables de movimiento se realizan en este caso a intervalos de 0,1 segundo. Los seis grados de libertad del buque de contenedores y sus seis derivadas de tiempo están agrupados en el vector $x(t)$ en función del tiempo. Estas variables del movimiento son filtradas en una instalación de acondicionamiento de la señal en primer lugar por medio de un filtro pasabanda, de manera que se eliminan las porciones de interferencia. Al mismo tiempo se limita la evaluación siguiente a la gama de frecuencia relevante.

Además, se registran en memoria temporal 1 las variables del movimiento detectadas en los instantes $t_0, \dots, t_i$. De esta manera están disponibles los ciclos de tiempo de todos los seis grados de libertad y sus primeras derivadas de tiempo, a saber, los ciclos de tiempo de la posición longitudinal $x(t_0, \dots, t_i)$, de la posición transversal $y(t_0, \dots, t_i)$, de la carrera $z(t_0, \dots, t_i)$, del ángulo de balanceo $\Phi(t_0, \dots, t_i)$, del ángulo de cabeceo $\Theta(t_0, \dots, t_i)$ y del ángulo de guiñada $\Psi(t_0, \dots, t_i)$ así como los ciclos de tiempo $dx(t_0, \dots, t_i)/dt$, $dy(t_0, \dots, t_i)/dt$, $dz(t_0, \dots, t_i)/dt$, $d\Phi(t_0, \dots, t_i)/dt$, $d\Theta(t_0, \dots, t_i)/dt$ y $d\Psi(t_0, \dots, t_i)/dt$ de sus derivadas de tiempo para todos los instantes $t_0, \dots, t_i$ entre t_0 y t_i y están agrupados en una matriz $x(t_0, \dots, t_i)$.

Estos ciclos de tiempo son sometidos, por una parte, respectivamente, a un cálculo de auto correlación 2. En este caso, se determinan consigo mismos aquellos desplazamientos de tiempo de los ciclos de tiempo de las variables del movimiento en los que la auto correlación alcanza el segundo valor más alto. Los desplazamientos de tiempo determinados de esta manera (no se representan propiamente en la figura 1) forman una medida para las duraciones de los periodos de los ciclos de tiempo de las variables del movimiento. Para los ciclos de tiempo $z(t_0, \dots, t_i)$, $\Phi(t_0, \dots, t_i)$ de la carrera y del ángulo de balanceo resultan a partir de ello las duraciones de los periodos T_z, T_Φ del movimiento de la carrera y del movimiento de balanceo, es decir, las duraciones de los periodos del movimiento propio del buque de contenedores en la marejada como variables de la marejada. Además, a partir de los ciclos de tiempo $x(t_0, \dots, t_i)$, $y(t_0, \dots, t_i)$, $dz(t_0, \dots, t_i)/dt$, $d\Phi(t_0, \dots, t_i)/dt$, $d\Theta(t_0, \dots, t_i)/dt$ y $d\Psi(t_0, \dots, t_i)/dt$ resultan de manera correspondiente las duraciones de los periodos $T_x, T_y, T_z, T_\Phi, T_\Theta, T_\Psi$ del movimiento forzado, condicionado por las olas de agua, del buque de contenedores como variables de la marejada.

Además, se someten parejas seleccionadas de ciclos de tiempo (se representan explícitamente en la figura 1 la pareja de los ciclos de tiempo de la velocidad del ángulo de cabeceo $d\Theta(t_0, \dots, t_i)/dt$ y la velocidad del ángulo de guiñada $d\Psi(t_0, \dots, t_i)/dt$ así como la pareja de los ciclos de tiempo de la velocidad de carrera $dz(t_0, \dots, t_i)/dt$ y de la velocidad del ángulo de balanceo $d\Phi(t_0, \dots, t_i)/dt$ a un cálculo de correlación cruzada 3. En este caso, a partir de las parejas seleccionadas de los ciclos de tiempo se calculan una pluralidad de valores de correlación para diferentes desplazamientos de tiempo τ de los ciclos de tiempo entre sí. Esta pluralidad de valores de correlación forma en función de los desplazamientos de tiempo τ la función de correlación cruzada KKF (ver la figura 2). La función de correlación cruzada KKF calculada de esta manera se utiliza para la determinación posterior de variables de marejada, de tal manera que, por una parte, se determina el valor de correlación de la pareja de ciclos de tiempo para el desplazamiento temporal desvaneciente $\tau=0$ entre sí. Este valor de correlación corresponde, como se representa en la figura 2, a la sección axial-y y₀ de la función de correlación cruzada KKF. Por otra parte, respectivamente, se utilizan los valores de correlación de la función de correlación cruzada KKF para la

determinación de aquel desplazamiento de tiempo δt , para el que el valor de la función de correlación cruzada KKF es máximo. El desplazamiento de tiempo δt y la sección axial- y y_0 se utilizan a continuación para la determinación de la dirección de propagación de las olas Ψ_{WL} .

- 5 Además, a través de un cálculo de compensación 4 a partir de los valores calculados para las duraciones de los periodos del movimiento forzado T_x , T_y se determina la duración de los periodos de encuentro T_{Beg} para el encuentro de las olas de agua con el buque de contenedores como variable de la marejada. Sobre esta duración de los periodos de encuentro T_{Beg} se normaliza el desplazamiento de tiempo δt determinado, respectivamente, a partir de la correlación cruzada según la figura 2. A través de la adición de un factor de proporcionalidad se obtiene 5, a partir
- 10 del desplazamiento de tiempo δt , respectivamente, el desplazamiento de fases a de las parejas de ciclos de tiempo. Este desplazamiento de las fases a se desplaza 6, respectivamente, dado el caso y, en concreto, en función de las relaciones de las duraciones de los periodos del movimiento propio y del movimiento forzado, dado el caso, en torno a Π , cambiando al mismo tiempo el signo del punto de intersección con el eje- y y_0 .
- 15 Los puntos de intersección modificados de manera correspondiente con eje- y y_0 y los desplazamientos de fases a modificados son sometidos en común a un cálculo de compensación 7 y se determinan las porciones de la dirección de propagación de las olas en dirección longitudinal y en dirección transversal del buque de contenedores. A partir de estas porciones se determina por medio de la formación de cocientes la dirección de propagación de las olas Ψ_{WL} . Además, se comparan entre sí las porciones calculadas, respectivamente, de la dirección de propagación de
- 20 las olas Ψ_{WL} a partir de diferentes parejas de variables del movimiento y se determina una señal de calidad Q para la determinación de la dirección de propagación de las olas Ψ_{WL} .

- Es opcional, y no se representa propiamente en el diagrama de flujo de señales según la figura 1, una inclusión
- 25 adicional de una determinación alternativa de la dirección de la propagación de las olas Ψ_{WL} . Esta determinación alternativa se realiza, como se describe en el ejemplo de realización del documento incluido en la descripción. La determinación alternativa se lleva a cabo en este caso paralelamente a la determinación de la dirección de propagación de las olas Ψ_{WL} de acuerdo con el ejemplo de realización descrito anteriormente. De esta manera, se obtienen dos valores para la dirección de propagación de las olas Ψ_{WL} . A través de un cálculo de compensación se determina, a partir de los dos valores calculados de esta manera para la dirección de propagación de las olas Ψ_{WL} ,
 - 30 un valor definitivo para la dirección de propagación de las olas Ψ_{WL} . Los dos valores para dirección de propagación de las olas Ψ_{WL} se comparan entre sí y a partir de esta comparación se determina otra señal de calidad para la determinación de la dirección de propagación de las olas Ψ_{WL} .

- Además, opcionalmente, en otro ejemplo de realización, adicionalmente a las etapas del procedimiento descritas
- 35 anteriormente, se utiliza el sentido periférico de la periferia temporal del estado de movimiento del buque de contenedores para la determinación de la dirección de la propagación de las olas. El estado del movimiento resulta en este caso a partir de la dependencia temporal mutua de la velocidad del ángulo de guiñada y del ángulo de cabeceo. En otros ejemplos de realización no mostrados propiamente, el estado del movimiento resulta a partir de la dependencia temporal mutua de la velocidad de la carrera y del ángulo de cabeceo o de la dependencia temporal
 - 40 mutua de la velocidad de la carrera y de la velocidad de cabeceo.

- El estado del movimiento del buque de contenedores se describe a tal fin a través de un vector de estado de dos
- 45 componentes. Los componentes de este vector de estado están formados por la velocidad del ángulo de guiñada y el ángulo de cabeceo. Estos componentes del vector de estado están registrados, respectivamente, a lo largo de los ejes de coordenadas KO1 y KO2 (ver la figura 3). El punto de estado descrito a través del vector de estado recorre con la modificación temporal de la velocidad de guiñada y del ángulo de cabeceo una trayectoria TRA. Esta trayectoria TRA posee (aparte de las inexactitudes de medición y de otras influencias estocásticas) la forma de un
 - 50 elipse. La trayectoria TRA está compuesta por puntos discretos, que resultan a partir de los registros temporalmente discretos de la velocidad del ángulo de guiñada y del ángulo de cabeceo. La trayectoria TRA presenta dos ejes principales HA1 y HA2. El eje principal más largo HA1 de la trayectoria TRA se utiliza como eje de referencia para la evaluación del sentido periférico. El eje de referencia HA1 divide la trayectoria TRA en dos partes. Una primera parte de la trayectoria TRA está colocada en direcciones positivas de las coordenadas de los ejes de coordenadas KO1 y KO2 del eje de referencia HA1, una segunda parte está colocada en direcciones negativas de las coordenadas. Se determina en cuántos puntos de la primera parte de la trayectoria TRA aparece un movimiento del punto de estado
 - 55 en la dirección negativa de las coordenadas del eje de coordenadas KO1 y en cuántos puntos de la segunda parte de la trayectoria TRA aparece un movimiento en la dirección positiva de las coordenadas KO1. Las cantidades determinadas de tales puntos se suman y se ponen en relación con el número total de todos los puntos de la trayectoria TRA. En función de si la relación es mayor o menor que 50 %, se determina la dirección periférica del estado del movimiento a lo largo de la trayectoria TRA.
 - 60

Alternativamente, en este ejemplo de realización, se registra una tercera variable del movimiento de buque de contenedores y se describe el estado del movimiento del buque de contenedores a través de un vector de estado de tres componentes. Entonces se contempla una trayectoria TRA tridimensional (no representada aparte),

seleccionando en lugar de un eje de referencia un plano de referencia para la subdivisión de los puntos.

Para la elevación de la fiabilidad de la determinación del sentido periférico se calcula éste adicionalmente a partir de una suma de sentidos periféricos locales (las flechas rodean la trayectoria TRA en la figura 3) según la ecuación (1) de la descripción y se compara con el sentido periférico, como se ha descrito anteriormente.

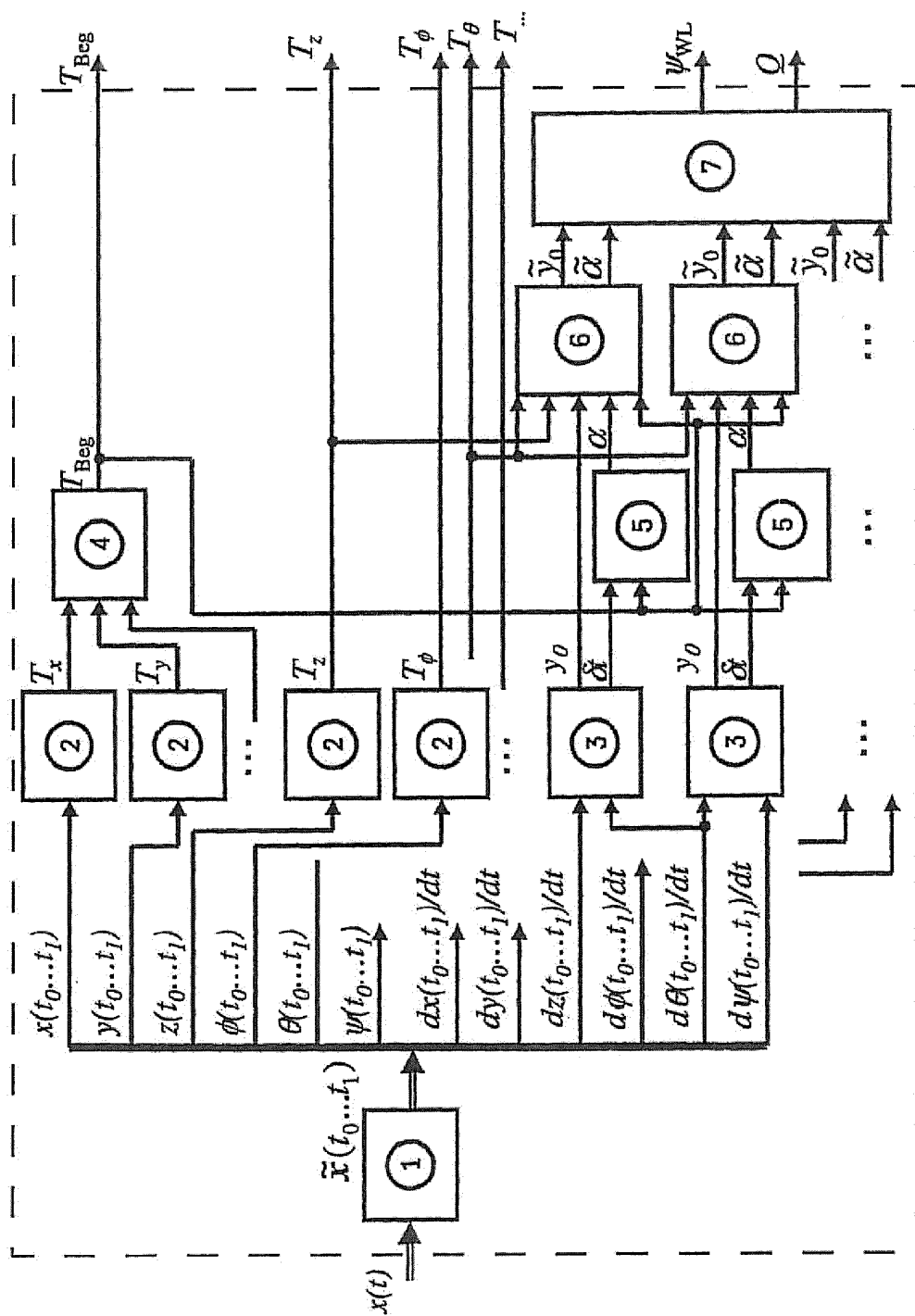
En función del sentido periférico determinado de esta manera se deduce el signo de la dirección de propagación de las olas con respecto a una dirección determinada. Este signo se compara con las determinaciones de la dirección de propagación de las olas, como se ha descrito al principio. Dado el caso, se realiza una corrección de una o varias de las direcciones de propagación de las olas determinadas anteriormente.

Signos de referencia

	$t_0, \dots, t_i$	Instantes
15	$x(t)$	Vector que comprende los 6 grados de libertad de la embarcación y sus primeras derivadas de tiempo
	1	Registro en memoria temporal
	$x(t_0, \dots, t_i)$	Matriz de los ciclos de tiempo
	$x((t_0, \dots, t_i))$	Ciclo de tiempo de la posición longitudinal
	$y((t_0, \dots, t_i))$	Ciclo de tiempo de la posición transversal
20	$z((t_0, \dots, t_i))$	Ciclo de tiempo de la posición de carrera
	$\Phi((t_0, \dots, t_i))$	Ciclo de tiempo del ángulo de balanceo
	$\Theta((t_0, \dots, t_i))$	Ciclo de tiempo del ángulo de cabeceo
	$\Psi((t_0, \dots, t_i))$	Ciclo de tiempo del ángulo de guiñada
25	$dx((t_0, \dots, t_i))/dt$	Ciclo de tiempo de la velocidad longitudinal
	$dy((t_0, \dots, t_i))/dt$	Ciclo de tiempo de la velocidad transversal
	$dz((t_0, \dots, t_i))/dt$	Ciclo de tiempo de la velocidad de carrera
	$d\Phi((t_0, \dots, t_i))/dt$	Ciclo de tiempo de la velocidad del ángulo de balanceo
	$d\Theta((t_0, \dots, t_i))/dt$	Ciclo de tiempo de la velocidad del ángulo de cabeceo
	$d\Psi((t_0, \dots, t_i))/dt$	Ciclo de tiempo de la velocidad del ángulo de guiñada
30	T_x	Duración de los periodos de la posición longitudinal
	T_y	Duración de los periodos de la posición transversal
	T_z	Duración de los periodos de la carrera
	T_Φ	Duración de los periodos del ángulo de cabeceo
	y_0	Punto de intersección con el eje-Y
35	δt	Desplazamiento de tiempo
	a	Desplazamientos de fases
	y_0	Puntos de intersección modificados con el eje-Y
	a	Desplazamientos de fases modificados
40	2	Cálculo de auto correlación
	3	Cálculo de correlación cruzada
	4	Cálculo de compensación
	5	Cálculo del desplazamiento de fases
	6	Desplazamiento casual de fases en torno a Π
	7	Cálculo de compensación
45	T_{beg}	Duración de los periodos del encuentro de las olas de agua con la embarcación
	$T_{\dots}$	Otras duraciones de periodos
	Ψ_{WL}	Dirección de propagación de las olas
	Q	Señal de calidad
	KKF	Función de correlación cruzada
50	KO1	Eje de coordenadas
	KO2	Eje de coordenadas
	TRA	Trayectoria
	U_i	Sentido periférico local
	HA1	Primer eje principal
55	HA2	Segundo eje principal

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la determinación de variables de marejada sobre una embarcación, en el que se registran los ciclos de tiempo ($\mathbf{x}(t_0, \dots, t_i)$) de al menos dos variables del movimiento ($\mathbf{x}(t)$) de la embarcación y en el que a partir de al menos una pareja de ciclos de tiempo ($\mathbf{x}(t_0, \dots, t_i)$) se determina (3) al menos un valor de correlación (y_o) por medio de correlación cruzada y se utiliza para la determinación (7) de una o varias variables de marejada (Ψ_{WL}, T_x, T_y), en el que se realiza una determinación de variables de marejada independientemente de las condiciones meteorológicas.
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se registran los ciclos de tiempo ($\mathbf{x}(t_0, \dots, t_i)$) de al menos tres variables del movimiento ($\mathbf{x}(t)$) de la embarcación y en el que, respectivamente, a partir de una de varias parejas de ciclos de tiempo ($\mathbf{x}(t_0, \dots, t_i)$) se determina (3) al menos un valor de correlación (y_o).
- 3.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que a partir de al menos una pareja de ciclos de tiempo ($\mathbf{x}(t_0, \dots, t_i)$) se utilizan varios valores de correlación en forma de una función de correlación cruzada.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que en función de la curva de la función de correlación cruzada se determina un desplazamiento temporal (δt) de los ciclos de tiempo ($\mathbf{x}(t_0, \dots, t_i)$) de la pareja entre sí y se utiliza para la determinación (7) de un o varias variables de la marejada (Ψ_{WL}, T_x, T_y).
- 5.- Procedimiento para la determinación de variables de marejada sobre una embarcación, en particular de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que se registra el ciclo de tiempo de al menos una variable del movimiento ($\mathbf{x}(t_0, \dots, t_i)$) y en el que a partir del ciclo de tiempo de esta variable del movimiento ($\mathbf{x}(t_0, \dots, t_i)$) se determina (2) una función de auto correlación, cuya curva de la función se utiliza para la determinación (4) de una o varias variables de la marejada (Ψ_{WL}, T_x, T_y).
- 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que en función de la curva de la función de auto correlación se determina un desplazamiento de tiempo del ciclo de tiempo de al menos una variable del movimiento con respecto a sí mismo, y se utiliza.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la al menos una variable de la marejada es la dirección de propagación de las olas (Ψ_{WL}).
- 8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la o varias variables de la marejada son la frecuencia de encuentro o la duración de los periodos (T_{beg}) del encuentro de la solas de agua con la embarcación y/o una o varias frecuencias propias o duraciones de periodos ($T_x, T_y, T_\Phi, T_\Theta$) del movimiento propio de la embarcación en la marejada.
- 9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que se determina un desplazamiento temporal (δt) de los ciclos de tiempo ($\mathbf{x}(t_0, \dots, t_i)$) de una pareja en función de la o bien de las frecuencias propias de la embarcación en la marejada y/o de la frecuencia de encuentro de las olas de agua con la embarcación, en particular en función de la o de las relaciones de la frecuencia propia o bien de las frecuencias de encuentro y se utiliza para la determinación del al menos un valor de correlación (y_o).
- 10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que una o varias de las variables del movimiento son la posición del centro de gravedad de la embarcación a lo largo de un eje de inercia principal de la embarcación y/o la primera derivada de tiempo y/o una derivada de tiempo más elevada de la posición del centro de gravedad y/o la orientación de la embarcación alrededor de un eje de inercia principal de la embarcación y/o la primera derivada de tiempo y/o una derivada de tiempo más elevada de la orientación y/o el o bien los signos de una o varias de las variables mencionadas anteriormente, evaluadas por un valor cero de referencia.
- 11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que se registra el sentido periférico de la periferia temporal del estado del movimiento de la embarcación a lo largo de una trayectoria (TRA) que resulta a partir de una dependencia mutua de al menos dos variables del movimiento y se utiliza para la determinación del valor de correlación (y_o) y/o para la determinación de la variable de la marejada (Ψ_{WL}).
- 12.- Procedimiento para la determinación de variables de la marejada en una embarcación, en el que se determina al menos una de las variables de la marejada (Ψ_{WL}) de acuerdo con al menos dos procedimientos diferentes entre sí, al menos uno de los cuales es un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que los valores determinados en cada caso para la variable de la marejada (Ψ_{WL}) son sometidos a una comparación entre sí y en función de esta comparación se determina la calidad de la determinación de la variable de la marejada.



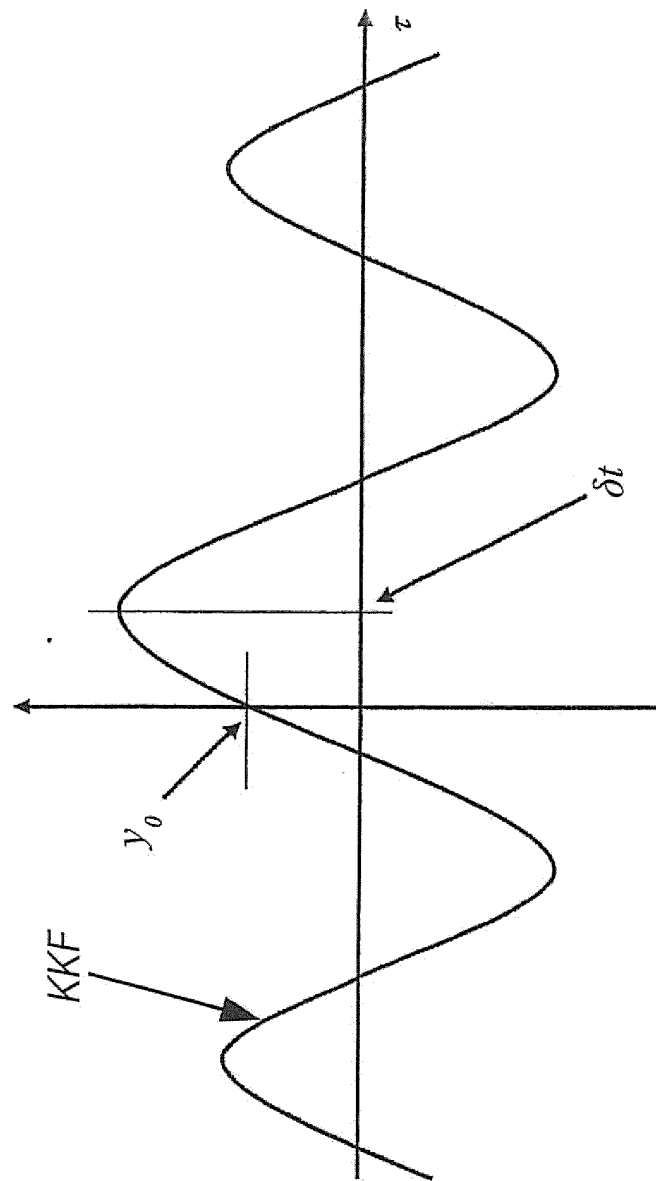


Fig. 2

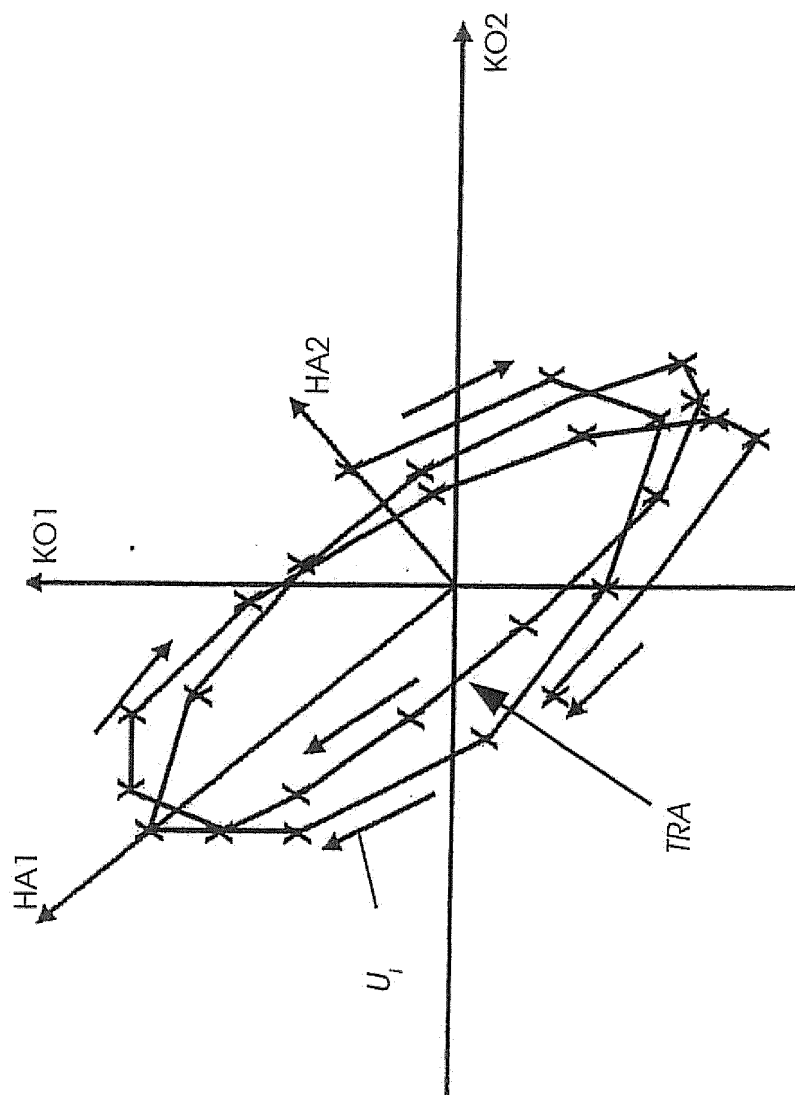


Fig. 3