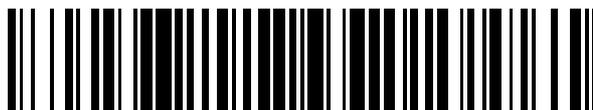


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 448 959**

51 Int. Cl.:

**E02F 3/90** (2006.01)

**E02F 3/88** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2012 E 12171429 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2013 EP 2535466**

54 Título: **Medida de posición para un tubo de succión de una embarcación de dragado**

30 Prioridad:

**16.06.2011 NL 2006951**

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

**17.03.2014**

73 Titular/es:

**IHC SYSTEMS B.V. (100.0%)  
Industrieweg 30  
3361 HJ Sliedrecht, NL**

72 Inventor/es:

**DE KEIZER, CORNELIS**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

**ES 2 448 959 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**

Medida de posición para un tubo de succión de una embarcación de dragado

## 5 CAMPO TÉCNICO

[0001] La invención se refiere a un método para determinar parámetros cinemáticos Q de un cable que conecta un tubo de succión a una embarcación de dragado, donde el tubo de succión está en un punto de suspensión de tubo conectado por el cable a un punto de suspensión de cables E en el barco de dragado.

10 [0002] También, la invención se refiere a un producto de programa informático configurado para proporcionar instrucciones para llevar a cabo un método para determinar parámetros cinemáticos Q de un tubo de succión.

15 [0003] Además, la invención se refiere a una embarcación de dragado, que comprende un tubo de succión que está en un punto de suspensión de tubo conectado por un cable a un punto de suspensión de cables E en la embarcación de dragado.

## ANTECEDENTES

20 [0004] En las operaciones de dragado con una embarcación de dragado, un conocimiento preciso de la posición de la cabeza de arrastre de succión en el extremo externo del tubo de succión de la embarcación de dragado es deseado. Tal conocimiento se puede utilizar para aumentar la exactitud de dragado y prevenir daños al tubo de succión y cabeza de arrastre por colisiones inesperadas. Como ejemplo de esto, el tubo de succión se puede flexionar en la dirección de eje transversal hacia el casco de la embarcación de dragado bajo la influencia de una resaca inesperada o agitación de la superficie del agua. La deformación del tubo de succión contra el casco del barco debe ser evitada a toda costa.

30 [0005] Según un método conocido de determinar la posición del tubo de succión y cabeza de succión, la embarcación de dragado comprende un tubo de succión que está en un punto de suspensión de tubo conectado por un cable de longitud L a un punto de suspensión de cables E en la embarcación de dragado. Este punto de suspensión de cables E se localiza en una grúa pórtico que lleva el cable, mediante la cual el tubo de succión es desplazable entre una posición de reposo sustancialmente horizontal y una posición de tubo inclinado. El cable pasa al punto de suspensión de cables E a través de una cabeza de cardan, que es libre para moverse en un plano expandido por una dirección de eje transversal X y una dirección vertical Z. El ángulo de la cabeza de cardan en este plano se mide por potenciómetros y es enviado a un ordenador, produciendo una indicación de la orientación del cable. La longitud del cable L se mide por un contador fuera de línea y también es enviada al ordenador. Se aplica una tensión constante en el cable, que lo mantiene tenso.

40 [0006] El problema de este tipo de medición de ángulo mecánico para el cable es que la cabeza de cardan y potenciómetros son propensos al desgaste mecánico y mal funcionamiento, reduciendo la exactitud y fiabilidad del método.

45 [0007] EP0009516A1 describe un método para determinar los parámetros cinéticos de un cable que conecta un tubo de succión a una embarcación de dragado, donde el tubo de succión está, en un punto de suspensión de tubo, conectado por el cable a un punto de suspensión de cables en la embarcación de dragado.

## RESUMEN

50 [0008] Es un objetivo proporcionar un método por el que los parámetros cinemáticos Q para un cable que lleva un tubo de succión de la embarcación de dragado se puedan determinar de manera más robusta, y proporcionar una embarcación de dragado capaz de realizar tal método.

55 [0009] Este objetivo se consigue proporcionando, en un primer aspecto, un método según el preámbulo de la reivindicación 1, que se caracteriza por el hecho de que - provee una fuente de radar y un detector de radar a la embarcación de dragado, la fuente de radar con un campo de emisión de radar dirigido sustancialmente al cable; - irradia el cable con el campo de emisión de radar; - recibe un campo de reflexión de radar reflejado por el cable, utilizando el detector de radar, y - determina los parámetros cinemáticos Q del campo de reflexión de radar.

60 [0010] Al proveer una fuente de radar y detector de radar, la orientación del cable se puede derivar de la señal de radar medida. La ubicación de la conexión de pivote en el casco y la longitud del tubo de succión se asume que son parámetros conocidos, que, en combinación con otros parámetros para el cable y/o el tubo de succión, pueden producir un conocimiento preciso de la ubicación de la cabeza de succión. Ventajosamente, las mediciones de radar se realizan a bordo de la embarcación es decir sobre la superficie del agua. Más generalmente, varios parámetros cinemáticos Q (p. ej. posición y/o componentes de velocidad, velocidad radial, y/o componentes de aceleración) del cable se pueden derivar por la fuente de radar y detector localizadas sobre la línea de flotación, produciendo un sistema de medición de la orientación de cable que es menos susceptible al desgaste inducido por el agua.

65

Dependiendo de la configuración de la fuente de radar y detector (es decir, la disposición y características operativas del conjunto de radar), la medición de radar puede implicar sólo mediciones de puntos de distancia cercana, mediciones de línea, o incluso formación de imágenes tridimensionales de posición de cable.

5 [0011] En otras formas de realización del método, otros parámetros son medidos que constituyen restricciones o condiciones límite a los parámetros cinemáticos Q del cable. Combinando los parámetros cinemáticos del cable derivados de la medición de radar con otras medidas (independientes lineales), la posición del tubo de succión y cabeza puede en última instancia ser determinada. Métodos de cálculo tridimensional iterativos se pueden utilizar en los cálculos requeridos, opcionalmente suplementados haciendo el promedio o filtrando para compensar errores de medición.

10 [0012] En particular, según otra forma de realización del método, la embarcación de dragado dispone de medios para determinar la longitud del cable L entre el punto de suspensión de tubo y el punto de suspensión de cables E, donde determinar los parámetros cinemáticos Q comprende: - determinar la longitud de cable L del cable.

15 [0013] Ventajosamente, la longitud del cable L entre el punto de suspensión de cables y el punto de suspensión de tubo proporciona información adicional en la determinación de los parámetros cinemáticos Q del cable. Los parámetros cinemáticos Q para el cable y la longitud de cable L pueden constituir un conjunto de parámetros suficiente para calcular la información posicional del tubo y cabeza de succión. Transformaciones goniométricas conocidas se pueden utilizar en la combinación de las mediciones de radar con mediciones de longitud de cable L para determinar los parámetros cinemáticos Q.

20 [0014] También, según otra forma de realización del método, el tubo de succión dispone de al menos un goniómetro de tubo, donde determinar los parámetros cinemáticos Q comprende: - determinar al menos un ángulo de inclinación  $\chi$  entre un eje de tubo longitudinal S 1 del tubo de succión y un eje de embarcación longitudinal S2 del casco de draga, para el tubo de succión en la posición de tubo inclinado.

25 [0015] Ventajosamente, el ángulo de inclinación  $\chi$  proporciona información adicional para mejorar la exactitud de determinación de los parámetros cinemáticos Q. La medición del ángulo de inclinación  $\chi$  puede reemplazar o complementar la medición de la longitud de cable L en la determinación de los parámetros cinemáticos Q. Los parámetros cinemáticos Q para el cable y al menos el ángulo de inclinación  $\chi$  del tubo de succión pueden constituir un conjunto de parámetros suficiente para calcular la información posicional del tubo y cabeza de succión. Transformaciones goniométricas conocidas se pueden utilizar en la combinación de las mediciones de radar con mediciones del ángulo de inclinación  $\chi$  para determinar los parámetros cinemáticos Q.

30 [0016] Según todavía otra forma de realización del método, el tubo de succión dispone de un sensor de presión donde determinar los parámetros cinemáticos Q comprende: - medir una presión P mediante el sensor de presión, y - calcular la profundidad de una cabeza de succión en el segundo extremo de tubo del tubo de succión.

35 [0017] Ventajosamente, la profundidad de la cabeza de succión durante el dragado a partir de mediciones de sensor de presión proporciona información adicional para mejorar la exactitud de determinación de los parámetros cinemáticos Q. La medición de la profundidad de la cabeza de succión puede reemplazar o complementar la medición de la longitud de cable L y/o medición del ángulo de inclinación  $\chi$  en la determinación de los parámetros cinemáticos Q. Los parámetros cinemáticos Q para el cable y al menos la profundidad de la cabeza de succión pueden constituir un conjunto de parámetros suficiente para calcular la información posicional del tubo y cabeza de succión.

40 [0018] Según una forma de realización del método, el cable está esencialmente recto durante el uso, donde determinar los parámetros cinemáticos Q comprende: - determinar a partir del campo de reflexión de radar una indicación de una distancia de cable AD entre un punto de referencia de detector A en el detector de radar, y una región de cable D en el cable.

45 [0019] Con la suposición de que el cable está esencialmente recto, la indicación de la distancia de cable AD para una región de cable particular es un parámetro representativo de la orientación del cable. La determinación de la indicación de la distancia de cable desde el campo de reflexión de radar medido simplifica inmensamente la determinación de los parámetros cinemáticos Q del tubo de succión. Se pretende aquí una región genérica de cable, que puede ser cualquier región preferida, por ejemplo una región de cable más cercana o una región de cable diferente que puede ser de identificable de cualquier otra forma.

50 [0020] Según aún otra forma de realización del método, irradiar el cable con el campo de emisión de radar comprende emitir un lóbulo principal de campo de emisión del campo de emisión de radar sustancialmente perpendicular a un casco de draga de la embarcación de dragado, hacia el cable, y a lo largo de un eje de detector principal del detector de radar, donde la región de cable D es la región de cable más cercana F, y donde la distancia de cable AD es una distancia corta AF entre el punto de referencia de detector A y la región de cable más cercana F.

65

5 [0021] Emitiendo un lóbulo de campo principal de la fuente de radar en una dirección que es sustancialmente perpendicular al casco de embarcación de dragado y dirigida hacia el cable, la deflexión del cable en la dirección de eje transversal perpendicular a la superficie del casco puede ser eficazmente determinada. La distancia más corta entre el punto de referencia de detector de radar y la región de cable más cercana es un parámetro preferido, ya que es relativamente fácilmente identificable incluso en las mediciones posicionales de radar de una dimensión.

10 [0022] Según otra forma de realización del método, el cable tiene un componente vertical en una dirección vertical Z perpendicular tanto a una dirección de eje transversal X como a una dirección de eje longitudinal Y, el método comprende: - determinar el ángulo de oscilación  $\beta$  de un cable vertical de eje transversal, a partir de la distancia de radar más corta AF, una distancia horizontal proyectada AB entre punto de referencia de detector A y el punto de suspensión de cables E, y una distancia vertical proyectada BE entre el punto de referencia de detector A y el punto de suspensión de cables E.

15 [0023] El ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal es un parámetro no ambiguo para describir la deflexión de eje transversal del cable y el tubo de succión (es decir, la deflexión horizontal en la dirección de eje transversal X con respecto al eje inicial a lo largo de la dirección vertical Z).

20 [0024] Según otra forma de realización del método, determinar el ángulo de oscilación  $\beta$  del cable vertical de eje transversal comprende resolver una ecuación:

$$\beta = \arcsen\left(\frac{AF}{\sqrt{AB^2 + BE^2}}\right) - \arcsen\left(\frac{AB}{\sqrt{AB^2 + BE^2}}\right)$$

25 [0025] El ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal puede en cualquier caso ser eficazmente calculado con esta ecuación goniométrica.

30 [0026] Según una forma de realización del método, el lóbulo principal de campo de detección tiene un ángulo de anchura a mitad del haz característico  $\alpha$ , donde la determinación del ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal  $\beta$  comprende resolver una ecuación alternativa:

$$\beta = \arctan\left(-\frac{AB - AF \cdot \cos(\alpha)}{BE - AF \cdot \sin(\alpha)}\right)$$

35 si el ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal  $\beta$  es mayor que el ángulo de anchura de mitad del haz característico  $\alpha$ .

40 [0027] En el caso de que el ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal sea mayor que el ángulo de anchura de mitad del haz característico (p. ej. la anchura del haz de radar característica para que la intensidad de campo local sea la mitad de la intensidad de campo máxima es decir anchura -3dB), luego la distancia de radar más corta se define en la ecuación anterior por sustitución de la región de cable más cerca real con la región de cable que se localiza en un borde vertical del lóbulo principal de campo de emisión correspondiente al ángulo de anchura de mitad del haz vertical característico. Esta aproximación simplifica inmensamente el cálculo, eluyendo la necesidad de correcciones complicadas de medición de lóbulo lateral de radar.

45 [0028] Según otra forma de realización del método, la embarcación de dragado comprende una grúa pórtico mediante la cual el tubo de succión es desplazable entre una posición de reposo sustancialmente horizontal y una posición de tubo inclinado durante dragado, donde el método comprende: - dirigir el lóbulo principal de campo de emisión al cable, y - dirigir un eje de detector principal del detector de radar al cable, cuando el tubo de succión está en la posición de tubo inclinado.

50 [0029] Dirigiendo tanto el lóbulo principal de campo de emisión de la fuente de radar como el eje de detector principal del detector de radar al cable mientras este retiene el tubo de succión en la posición inclinada, el cable inclinado generará un campo de reflexión de radar significativo retornando al detector de radar. La posición de tubo inclinado del tubo de succión durante el dragado corresponde a la situación operativa en la que el conocimiento de los parámetros cinemáticos Q del cable (y del tubo de succión) es altamente deseado.

55 [0030] Según otra forma de realización del método, el detector de radar está provisto en una ubicación de embarcación en la embarcación de dragado, y donde el método comprende: - proporcionar otro detector de radar en otra ubicación de embarcación, diferente de la ubicación de embarcación; recibir un campo de reflexión de radar reflejado por el cable, usando el detector de radar, y - recibir otro campo de reflexión de radar reflejado por el cable, usando el otro detector de radar; - determinar los parámetros cinemáticos Q del campo de reflexión de radar y el otro campo de reflexión de radar.

[0031] La exactitud de la determinación de la posición del cable es inmensamente mejorada empleando mediciones de radar de soporte cruzado, usando la información combinada de medición del detector de radar y el otro detector de radar. La correlación basada en las ubicaciones de embarcación conocidas en las que los detectores de radar están colocados producirán una posición precisa para la región de cable, aunque el detector de radar y otro detector de radar sean sólo capaces de detectar distancias radiales.

[0032] Según otra forma de realización del método, el tubo de succión comprende una pluralidad de segmentos de tubo de succión, donde cada segmento de tubo de succión está rotativamente interconectado con un segmento de tubo de succión adyacente, y está en un punto de suspensión de segmento de tubo respectivo conectado por un cable respectivo a un punto de suspensión de cables respectivo, donde las acciones de: a) proporcionar una fuente de radar respectiva y un detector de radar respectivo a la embarcación de dragado, la fuente de radar respectiva con un campo de emisión de radar respectivo dirigido sustancialmente al cable respectivo; b) irradiar el cable respectivo con el campo de emisión de radar respectivo; c) recibir un campo de reflexión de radar respectivo reflejado por el cable respectivo, usando el detector de radar respectivo, y d) determinar los parámetros cinemáticos respectivos Q' del campo de reflexión de radar respectivo, se ejecutan para cada segmento de tubo de succión posterior, empezando a partir de un primer segmento de tubo de succión que está en un primer extremo de tubo conectado a un casco de draga de la embarcación de dragado.

[0033] El conjunto entero de parámetros cinemáticos del tubo de succión que consiste en segmentos de tubo pivotables consecutivos (que se asume que son rígidos) se pueden determinar calculando consecutivamente los parámetros cinemáticos Q' de los cables respectivos de cada segmento de tubo de succión. Dado que los segmentos de tubo de succión adyacentes están conectados rotativamente, el cálculo se puede iniciar en un punto de conexión conocido (p. ej. la conexión de pivote) entre el primer segmento de tubo de succión y el casco de draga. La aplicación del método en el cable del primer segmento de tubo de succión producirá el conocimiento requerido para el cálculo de los parámetros cinemáticos Q' del cable del segundo segmento del tubo de succión, etcétera, permitiendo que el método sea aplicado a tubos de succión rígidos pero segmentados.

[0034] Según otro aspecto y conforme a los efectos y ventajas anteriormente descritos, un producto de programa informático configurado para realizar cualquiera de las formas de realización del método está provisto.

[0035] En otro aspecto y con los efectos y ventajas anteriormente descritos, se prevé una embarcación de dragado según el preámbulo de la reivindicación 15, caracterizada por el hecho de que la embarcación de dragado comprende una fuente de radar y un detector de radar, donde la fuente de radar está dispuesta para generar un campo de emisión de radar dirigido sustancialmente al cable, y donde el detector de radar está dispuesto para recibir un campo de reflexión de radar reflejado por el cable, y donde la embarcación de dragado comprende una disposición informática configurada para determinar parámetros cinemáticos Q del cable a partir del campo de reflexión de radar.

[0036] En particular, según otra forma de realización, la embarcación de dragado dispone de medios para determinar una longitud de cable L entre el punto de suspensión de tubo y el punto de suspensión de cables E, y donde la disposición informática está configurada para determinar los parámetros cinemáticos Q a partir de la longitud de cable L además del campo de reflexión de radar.

[0037] Ventajosamente, la longitud del cable L entre el punto de suspensión de cables E y el punto de suspensión de tubo proporciona información adicional en la determinación de los parámetros cinemáticos Q del cable. Los parámetros cinemáticos Q para el cable y la longitud de cable L pueden constituir un conjunto de parámetros suficiente para calcular información posicional del tubo y cabeza de succión.

[0038] Según otra forma de realización de la embarcación de dragado, el tubo de succión comprende al menos un goniómetro de tubo para determinar un ángulo de inclinación  $\chi$  entre un eje de tubo longitudinal S 1 del tubo de succión y un eje de embarcación longitudinal S2 del casco de draga, para el tubo de succión en la posición de tubo inclinado, y donde la disposición informática está configurada para determinar los parámetros cinemáticos Q a partir del ángulo de inclinación  $\chi$  además del campo de reflexión de radar.

[0039] Ventajosamente, el ángulo de inclinación  $\chi$  proporciona información adicional para mejorar la exactitud de determinación de los parámetros cinemáticos Q. La medición del ángulo de inclinación  $\chi$  puede reemplazar o complementar la medición de la longitud de cable L en la determinación de los parámetros cinemáticos Q del cable. Los parámetros cinemáticos Q para el cable y al menos el ángulo de inclinación  $\chi$  del tubo de succión pueden constituir un conjunto de parámetros suficiente para calcular información posicional del tubo y cabeza de succión.

[0040] Según otra otra forma de realización de la embarcación de dragado, el tubo de succión comprende un sensor de presión para medir una presión P cerca de una cabeza de succión en un segundo extremo de tubo del tubo de succión, y donde la disposición informática está configurada para el cálculo de una profundidad de la cabeza de succión y para determinar los parámetros cinemáticos Q de la profundidad calculada además del campo de reflexión de radar.

[0041] La utilización de la presión P proporciona una indicación de la profundidad de la ubicación conocida del sensor de presión en el tubo de succión. Este parámetro de profundidad puede complementar o reemplazar la medición de la longitud de cable L y/o el ángulo de inclinación  $\chi$  en la información posicional de cálculo del tubo y cabeza de succión.

5 [0042] Según otra forma de realización de la embarcación de dragado, el detector de radar está provisto en una ubicación de embarcación en la embarcación de dragado, y donde la embarcación de dragado comprende otro detector de radar en otra ubicación de embarcación diferente de la ubicación de embarcación, donde el otro detector de radar está dispuesto para recibir otro campo de reflexión de radar reflejado por el cable, y donde la disposición informática está configurada para determinar parámetros cinemáticos Q tanto del campo de reflexión de radar y como del otro campo de reflexión de radar.

10 [0043] Según aún otra forma de realización de la embarcación de dragado, el tubo de succión comprende una pluralidad de segmentos de tubo de succión, donde cada segmento de tubo de succión está interconectado rotativamente con un segmento de tubo de succión adyacente, y está en un punto de suspensión de segmento de tubo respectivo conectado por un cable respectivo a un punto de suspensión de cables respectivo, la embarcación de dragado que comprende fuentes de radar respectivas y detectores de radar respectivos, donde cada fuente de radar respectiva está dispuesta para generar un campo de emisión de radar dirigido sustancialmente al cable respectivo, y donde el detector de radar respectivo está dispuesto para recibir un campo de reflexión de radar reflejado por el cable respectivo, y donde la disposición informática está configurada para determinar parámetros cinemáticos Q' de cada segmento de tubo de succión posterior, empezando a partir de un primer segmento de tubo de succión que está en un primer extremo de tubo conectado a un casco de draga de la embarcación de dragado.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25 [0044] Formas de realización serán ahora descritas, a modo de ejemplo sólo, con referencia a los dibujos esquemáticos de acompañamiento en el que símbolos de referencia correspondientes indican partes correspondientes, y en el cual:

30 FIG. 1 muestra esquemáticamente una vista lateral de una embarcación de dragado;

FIG. 2 presenta una sección transversal de eje transversal de una embarcación de draga de succión;

35 FIG.3A y 3B ilustran varias cantidades usadas en formas de realización de un método de determinar parámetros cinemáticos de un tubo de succión;

FIG.4 muestra una configuración de radar de marcación cruzada en una forma de realización de una embarcación de dragado, para determinar parámetros cinemáticos del tubo de succión.

40 [0045] Las figuras están sólo destinadas a uso ilustrativo, y no sirven como restricción del alcance o la protección como se establece por las reivindicaciones.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

45 [0046] El método y embarcación de dragado aquí descritos están basados en la comprensión de que la medición de radar se puede utilizar para determinar parámetros cinemáticos Q de un cable que lleva un tubo de succión de la embarcación de dragado. En general, el radar se puede utilizar para determinar varios parámetros cinemáticos Q de objetos que interactúan con fuentes electromagnéticas y las reflejan desde una fuente de radar de nuevo a un detector de radar. Los parámetros cinemáticos ejemplares Q se dan por posición, orientación, distancias proyectadas, velocidad, velocidad radial, etc. Aquí, al menos un cable que conecta una parte móvil de un tubo de succión a un punto de suspensión en la embarcación de dragado se observa por mediciones de radar, produciendo una indicación de la posición del tubo de succión. La orientación del cable es un parámetro cinemático preferido Q, pero conocimiento de otros parámetros como velocidad o componentes de aceleración también puede ser útil en circunstancias determinadas. De los parámetros cinemáticos Q del cable, la posición del tubo de succión puede ser derivada. El término "tubo de succión" en el alcance de la determinación de sus parámetros cinemáticos debería ser interpretado como referente tanto al tubo de succión como tal, como a la combinación del tubo con la cabeza de rastra de succión. La determinación de los parámetros cinemáticos del tubo así concierne a la obtención de conocimiento de cualquier punto deseado en el tubo de succión y/o la cabeza de rastra de succión.

60 [0047] El sistema de referencia en esta descripción se define con respecto al casco de la embarcación, por la dirección del eje transversal (transversal) X, la dirección del eje longitudinal (línea central) Y, y la dirección vertical (perpendicular ascendente) Z. Esta descripción utiliza el sistema de coordenadas XYZ, pero no debería ser interpretado como limitación de la invención a este sistema de coordenadas XYZ. En su lugar, cualquier sistema de referencia conveniente puede ser utilizado. Si la posición de la embarcación y la orientación en coordenadas centradas en la Tierra es conocida, entonces las expresiones para los parámetros cinemáticos Q del cable (o tubo de succión o cabeza de rastra) en el sistema de referencia de embarcación se pueden transformar al marco de

referencia mundial. Las coordenadas centradas en la Tierra se pueden obtener por ejemplo a partir de datos de GPS de la ubicación de la embarcación, combinados con conocimiento preciso del rumbo de la embarcación, separación, y balanceo.

5 [0048] FIG. 1 muestra esquemáticamente una vista lateral de una embarcación de dragado de succión 120 que está parcialmente sumergida en una columna de agua 102 y así parcialmente por debajo de la superficie del agua 104. En el límite inferior de la columna de agua 102 está una superficie inferior 106 que comprende material 108. La embarcación de dragado 120 comprende un casco de draga 122 al que un tubo de succión 126 se conecta mediante una conexión de pivote 128. Un primer extremo de tubo 130 del tubo de succión 126 está en conexión fluida con una  
10 tolva 124 que está al menos parcialmente contenida por el casco de draga 122. Un segundo extremo de tubo 132 del tubo de succión 126 está mecánicamente conectado y en comunicación fluida con una cabeza de succión 134, que se puede situar en un estado de contacto con la superficie inferior 106. En esta configuración, la embarcación de dragado 120 está dispuesta para eliminar el material 108 de la superficie inferior 106, y transferir el material 108 a través de la cabeza de succión 134, a lo largo del tubo de succión 126 en la tolva 124 mediante una bomba que  
15 puede situarse en el tubo de succión 126 o entre el primer extremo de tubo 130 y la tolva 124. La embarcación de dragado 120 comprende un dispositivo de suspensión o grúa de pórtico 140 con un cable 144 que conecta la grúa de pórtico 140 en un punto de suspensión de cables E al tubo de succión 126 en un punto de suspensión de tubo 136. La longitud del cable L 144 puede ser variada, resultando en una inclinación del tubo de succión 126 desde una posición de reposo horizontal a lo largo de un eje de embarcación longitudinal S2 correspondiente a una dirección de  
20 eje longitudinal Y, hasta una posición de tubo inclinado correspondiente a un eje de tubo longitudinal inclinado S 1. La inclinación del tubo de succión 126 del eje longitudinal de la embarcación S2 al eje de tubo longitudinal inclinado S1 puede ser descrita por un ángulo de inclinación de tubo de eje longitudinal  $\chi$ . Cerca de la grúa pórtico 140, se prevé un sistema 150 de radar para observar el cable 144. El sistema de radar 150 comprende una fuente de radar 152 y un detector de radar 154, que es posteriormente explicado en relación con FIG.2.

25 [0049] La embarcación de dragado de succión 120 se puede proporcionar con una disposición informática 156 para el control de la fuente de radar 152 y detector de radar 154. Además, la disposición informática 156 se puede configurar para recibir y procesar las señales de medición del detector de radar 154. Para este propósito, un producto de programa informático configurado para proporcionar instrucciones para llevar a cabo el método descrito se pueden cargar en la disposición informática 156.  
30

[0050] FIG.2 muestra una vista en corte transversal en una dirección de eje transversal X de la embarcación de dragado 120 que dispone del sistema de radar 150. La grúa de pórtico 140 se localiza en o cerca de un borde de puente del casco de draga 122, y lleva el cable 144 que está suspendido del punto de suspensión de cables E, que se muestra en una posición por la borda. En un extremo de cable, el cable 144 se conecta al punto de suspensión de tubo 136. La longitud del cable L144 que se extiende entre el punto de suspensión de cables E y el punto de suspensión de tubo 136 se puede determinar por métodos que son generalmente conocidos, por ejemplo por control de las revoluciones de un cabrestante que distribuye el cable 144. Para este propósito, la embarcación de dragado 120 dispone de medios para determinar la longitud de cable L entre el punto de suspensión de tubo 136 y el punto de suspensión de cables E, y la disposición informática 156 se configura para determinar los parámetros cinemáticos Q a partir de la longitud de cable L además del campo de reflexión de radar 204.  
35  
40

[0051] Como se muestra en FIG.2, el sistema de radar 150 está localizado cerca de la grúa pórtico 140, y comprende la fuente de radar 152 y el detector de radar 154. Con la fuente de radar 152, un campo de emisión de radar 202 se puede generar y dirigir al cable 144. El cable 144 puede estar hecho de hilos retorcidos de un metal fuerte. La irradiación del cable 144 por el campo de emisión de radar 202 luego inducirá un campo de reflexión de radar 204 reflejado por el cable 144. Al menos una parte del campo de reflexión de radar 204 se puede recibir mediante el detector de radar 154. Por tratamiento del campo de reflexión de radar recibido 204, la posición y/o orientación del cable 144 puede ser determinada, que se puede usar en combinación con la longitud de cable L para derivar la posición del tubo de succión 126.  
45  
50

[0052] Por consiguiente, un método para determinar parámetros cinemáticos Q del cable que lleva el tubo de succión 126 de la embarcación de dragado 120 comprende las acciones de:

55 - proporcionar la fuente de radar 152 y el detector de radar 154 a la embarcación de dragado 120, la fuente de radar 152 con el campo de emisión de radar 202 dirigido sustancialmente al cable 144;

- irradiar el cable 144 con el campo de emisión de radar 202;

60 - recibir el campo de reflexión de radar 204 reflejado por el cable 144, usando del detector de radar 154, y

- determinar los parámetros cinemáticos Q del campo de reflexión de radar 204.

[0053] En este caso, la longitud de cable L se usa en combinación con los parámetros cinemáticos Q del cable 144 para derivar otros parámetros cinemáticos q del tubo de succión 126. Así, un método correspondiente para determinar otros parámetros cinemáticos q del tubo de succión 126 de la embarcación de dragado 120 pueden ser  
65

## ES 2 448 959 T3

definidos. Según este método correspondiente, el tubo de succión 126 está en el punto de suspensión de tubo 136 conectado por el cable 144 al punto de suspensión de cables E en la embarcación de dragado 120, el método comprende las acciones de:

- 5 - proporcionar una fuente de radar 152 y un detector de radar 154 a la embarcación de dragado 120, la fuente de radar 152 con un campo de emisión de radar 202 dirigido sustancialmente al cable 144;
- irradiar el cable 144 con el campo de emisión de radar 202;
- 10 - recibir un campo de reflexión de radar 204 reflejado por el cable 144, utilizando el detector de radar 154;
- medición de la longitud de cable L del cable 144, y
- 15 - determinar los demás parámetros cinemáticos  $q$  del campo de reflexión de radar 204 y la longitud de cable L.

[0054] Alternativamente o además, otras mediciones se pueden utilizar para refinar los resultados del método de determinar los parámetros cinemáticos Q del cable, o como condiciones límites para el método correspondiente de determinar los demás parámetros cinemáticos  $q$  del tubo de succión 126.

- 20 [0055] Por ejemplo, el tubo de succión 126 se puede proporcionar con al menos un goniómetro de tubo 138. El método de determinar los parámetros cinemáticos Q o los demás parámetros cinemáticos  $q$  puede luego ser aumentado por complementación de las mediciones de radar con mediciones angulares de al menos un goniómetro de tubo 138. El método de determinar los parámetros cinemáticos Q puede así comprender determinar al menos un ángulo de inclinación  $\chi$  entre un eje de tubo longitudinal S1 del tubo de succión 126 y un eje de embarcación longitudinal S2 del casco de draga 122, para el tubo de succión 126 en la posición de tubo inclinado.
- 25 Alternativamente o además de medios para medir la longitud de cable L y/o el ángulo de inclinación  $\chi$ , el tubo de succión 126 se puede proporcionar con un sensor de presión 148 como suplemento a la medición de radar. Determinar los parámetros cinemáticos Q o los demás parámetros cinemáticos  $q$  puede luego extenderse por medición de la presión P, cálculo de la profundidad correspondiente del tubo de succión 126 al sitio de sensor, y relación de esta presión P a la profundidad de la cabeza de succión 134.
- 30

- 35 [0056] Así, el método de determinar los parámetros cinemáticos Q del cable, y el método correspondiente de determinar los demás parámetros cinemáticos  $q$  pueden comprender cualquiera o todas las mediciones de la longitud de cable L, el ángulo de inclinación  $\chi$ , y la presión P (profundidad del tubo de succión relacionada). El método reiterativo descrito y/o filtros de seguimiento basados en transformaciones goniométricas se pueden utilizar para la combinación de las mediciones de radar con mediciones de la longitud de cable L, el ángulo de inclinación  $\chi$ , o la presión P.

- 40 [0057] En general, distintos componentes del sistema de radar 150 pueden estar en una única ubicación o estar distribuidos sobre ubicaciones múltiples de la embarcación de dragado 120, sobre la superficie del agua 104, y preferiblemente cerca del cable 144. La fuente de radar 152 y detector de radar 154 son menos susceptibles al desgaste inducido por el agua si están localizados sobre la superficie del agua 104. El sistema de radar 150 puede tener una configuración monoestática o biestática (es decir, fuente de radar 152 y detector de radar 154 que coinciden o están en ubicaciones diferentes respectivamente), y/o puede consistir en una o múltiples fuentes de radar 152 y/o detectores de radar 154 (p. ej. un único radar de haz de cono, o un radar de antenas en fase).
- 45 Dependiendo de la disposición elegida y características operativas del sistema de radar 150, las mediciones de radar pueden implicar mediciones de punto de distancia sólo más cercanas, mediciones de línea, o incluso formación de imágenes tridimensionales de cable. El sistema de radar ejemplar 150 mostrado en FIG.1 y 2 representa un radar de haz de cono monoestático.
- 50

- 55 [0058] La pulsación temporal del campo de emisión de radar 202 habilita la medición posicional para el cable 144. Una frecuencia de repetición de diferentes pulsos de campos de emisión de radar 202 pueden ser del orden de 20 Hz. La frecuencia de repetición debería ser al menos 0,2 Hz para detectar el efecto de balanceo de la embarcación de dragado 120 causado por las olas en la columna de agua 102, con un tiempo característico del orden de 10 seg. La frecuencia de las ondas de portador electromagnético en el campo de emisión de radar 202 pueden ser del orden de 25 GHz.

- 60 [0059] Durante la operación de dragado, el peso del tubo de succión 126 causa tensión en el cable 144, forzando el cable 144 a estar tenso (es decir, esencialmente recto). Determinar los parámetros cinemáticos Q del cable 144 puede luego comprender determinar a partir del campo de reflexión del radar 204 una indicación de una distancia de cable AD entre un punto de referencia de detector A en el detector de radar 154, y una región de cable D en el cable 144. Con el cable 144 esencialmente recto y el punto de suspensión de cables E conocido, la distancia de cable AD para una región de cable particular solo constituye un parámetro que describe sin ambigüedad la orientación del cable 144. La distancia de cable AD puede por ejemplo ser obtenida utilizando un sistema de radar 150 con una configuración de sistema en fase (no mostrado) que permite la formación de imágenes de una región plana perpendicular al casco de draga 122, y paralela a la superficie del agua 104 cuando la draga no tiene inclinación
- 65

(denominado balanceo para embarcaciones).

[0060] La acción de irradiar el cable 144 con el campo de emisión de radar 202 puede comprender además emitir un lóbulo principal de campo de emisión 206 del campo de emisión de radar 202 sustancialmente perpendicular a un casco de draga 122 de la embarcación de dragado 120, hacia el cable 144, y a lo largo de un eje de detector principal 210 del detector de radar 154. De esta manera, la región de cable D constituye la región de cable más cercana F con respecto al punto de referencia de detector A en el detector de radar 154. Consecuentemente, la distancia de cable AD es una distancia de radar más corta AF entre el punto de referencia de detector A y la región de cable más cercana F. Por emisión del lóbulo principal de campo de emisión 206 de la fuente de radar 152 en una dirección que es sustancialmente perpendicular al casco de draga 122 y hacia el cable 144, la deflexión del cable 144 en la dirección de eje transversal X perpendicular al casco de draga 122 puede ser eficazmente determinada. La distancia de radar más corta AF entre el punto de referencia de detector de radar A y la región de cable más cercana F es fácilmente obtenida, incluso a partir de una medición de radar unidimensional, por conversión del retraso de tiempo medido de la señal de reflexión más temprana utilizando la velocidad de la luz.

[0061] Como se muestra en FIG.3A, el método puede aprovechar además que el cable esencialmente recto 144 tiene un componente a lo largo de una dirección vertical Z (que es perpendicular a la dirección de eje transversal X y la dirección de eje longitudinal Y), de modo que el método puede ser además simplificado por: - determinación de un ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal  $\beta$ , de la distancia de radar más corta AF, una distancia horizontal proyectada AB entre punto de referencia de detector A y el punto de suspensión de cables E, y una distancia vertical proyectada BE entre el punto de referencia de detector A y el punto de suspensión de cables E. La proyección del punto de suspensión de cables vertical B es la proyección del punto de suspensión de cables E a lo largo de la dirección vertical Z sobre el eje de detector principal 210. La distancia horizontal proyectada AB es entonces la distancia entre el punto de referencia de detector A y la proyección de punto de suspensión de cables vertical B. El ángulo de oscilación del cable vertical de eje transversal  $\beta$  es un parámetro no ambiguo para la descripción de la deflexión del cable esencialmente recto 144 (y así también del tubo de succión 126) en la dirección de eje transversal X con respecto a la dirección vertical Z. De la suposición de que el cable 144 está esencialmente recto, se deduce que la primera señal reflectante recibida por el detector de radar 154 se origina de la región de cable más cercana F. Asumiendo que la deflexión del cable 144 de la dirección vertical Z está en su totalidad en la dirección del eje transversal X, la determinación del ángulo de oscilación del cable vertical de eje transversal  $\beta$  está inmensamente simplificada por la identidad goniométrica ilustrada por FIG.3A. La acción de determinar el ángulo de oscilación del cable vertical de eje transversal  $\beta$  puede luego comprender resolver la siguiente ecuación:

$$\beta = \arcsen\left(\frac{AF}{\sqrt{AB^2 + BE^2}}\right) - \arcsen\left(\frac{AB}{\sqrt{AB^2 + BE^2}}\right)$$

[0062] De esta manera, la orientación del cable 144 se puede medir y combinar con la longitud conocida del cable L 144. La ubicación conocida de la conexión de pivote 128 en el casco de draga 122 y la longitud conocida del tubo de succión 126, pueden así ser combinados con el ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal determinado  $\beta$  y la longitud de cable L, que se fija al tubo de succión 126 al punto de suspensión de tubo conocido 136. Esto producirá conocimiento preciso de los parámetros cinemáticos Q (en este caso la posición, de la cual la velocidad y componentes de aceleración pueden ser derivados) para el tubo de succión 126 en general, y la ubicación de la cabeza de succión 134 en particular.

[0063] Anchos de haz de la fuente de radar 152 y el detector de radar 154 están normalmente espacialmente limitados. Para un sistema de radar de haz de cono monoestático comúnmente conocido 150, la anchura del haz de un lóbulo de campo principal de tanto la fuente de radar como el detector 152, 154 puede ser descrita con un ángulo de anchura de mitad del haz característico  $\alpha$  (es decir, el ángulo de mitad del haz de radar característico en el que la intensidad de campo local es la mitad de la intensidad de campo máxima a lo largo del eje central; también denominada la anchura -3dB). Diferentes detectores de radar disponibles 154 tienen características de detección espacial grandemente definidas, con los bordes de detección del lóbulo principal de campo de detección 208 que se separan rápidamente. El ángulo de anchura de mitad del haz característico  $\alpha$  puede luego grandemente definir el borde del lóbulo principal de campo de detección 208. Para este tipo de detector de radar 154, se puede asumir que una reflexión recibida más temprano del cable 144 se origina de la región de cable más cercana F que sigue estando en el lóbulo principal de campo de detección 208 definido por un sector enlazado por el ángulo de anchura de mitad del haz característico  $\alpha$ . Si el ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal  $\beta$  es mayor que el ángulo de anchura de mitad del haz característico  $\alpha$ , entonces la reflexión fuerte más temprana se origina del borde del lóbulo principal de campo de detección 208, que se ilustra por FIG.3B. Aquí, se supone que las reflexiones de cable registradas a través de cualquiera de los lóbulos laterales de campo de detección son considerablemente más débiles y pueden ser suprimidas. En cualquier caso, reflexiones de radar de objetos estáticos en el campo de visión del radar se pueden ignorar o quitar por sustracción de imagen o enmascarado. En este caso particular que  $\beta > \alpha$ , la acción de determinar el ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal  $\beta$  puede comprender resolver una

ecuación alternativa:

$$\beta = \arctan\left(-\frac{AB - AF \cdot \cos(\alpha)}{BE - AF \cdot \sin(\alpha)}\right)$$

5 [0064] Según la ecuación alternativa, la distancia de radar más corta AF está en cambio definida por la línea entre el punto de referencia de detector A y la región de cable más cercana F localizada en un borde vertical del lóbulo principal de campo de detección 208.

10 [0065] Otras formas de realización del método pueden incorporar cualquiera de las características descritas abajo o combinación de estas.

15 [0066] La determinación posicional del cable 144 se puede obtener por mediciones de soporte de cruce, tal y como se ilustra en FIG.4. Para este propósito, el detector de radar 154 está provisto en una ubicación de embarcación 402 en la embarcación de dragado 120, y otro detector de radar 406 se puede proporcionar en otra ubicación de embarcación 404, diferente de la ubicación de embarcación 402. El método puede luego comprender: - recibir un campo de reflexión de radar 204 reflejado por el cable 144, usando el detector de radar 154 - recibir otro campo de reflexión de radar 406 reflejado por el cable 144, usando el otro detector de radar 406, y - determinar los parámetros cinemáticos Q del campo de reflexión de radar 204, el otro campo de reflexión de radar 406.

20 [0067] Durante la operación de dragado, el eje de tubo longitudinal S1 del tubo de succión 126 estará inclinado sobre el ángulo de inclinación de tubo  $\chi$ . Como resultado, el cable 144 estará inclinado hacia adelante en la dirección del eje longitudinal Y de la embarcación de dragado 120, como se muestra en FIG.1. La posición de tubo inclinado del tubo de succión 126 corresponde a la configuración operativa para la que el conocimiento de los parámetros cinemáticos Q del tubo de succión 126 es más deseado. Para maximizar la reflexión del cable 144 hacia el detector de radar 154, la fuente de radar 152 y el detector de radar 154 se pueden dirigir en recto al cable inclinado 144, mientras que ambos permanecen sustancialmente señalando en la dirección de eje transversal X. Esta orientación se puede conseguir por colocación del sistema de radar 150 como conjunto en una posición en la dirección del eje longitudinal hacia adelante Y que encaja con el desplazamiento previsto hacia adelante del cable 144 cuando el tubo de succión 126 está en la posición de tubo inclinado. Así, el método puede comprender: - dirigir el lóbulo principal de campo de emisión 206 al cable 144, y - dirigir un eje de detector principal 210 del detector de radar 154 al cable 144, cuando el tubo de succión 126 está en la posición de tubo inclinado. Apuntando tanto el lóbulo principal de campo de emisión 206 de la fuente de radar 152 como el eje de detector principal 210 del detector de radar 154 al cable inclinado 144, el cable inclinado 144 reflejará un campo de reflexión de radar significativo 204 de vuelta hacia el detector de radar 154.

25 [0068] Alternativamente o además, una expresión tridimensional para la deflexión del cable 144 en la dirección de eje transversal X y la dirección de eje longitudinal Y pueden ser empleadas, para mejorar la exactitud del método correspondiente de determinación de los demás parámetros cinemáticos q del tubo de succión 126. El siguiente método de iteración tridimensional se puede usar para calcular directamente la posición del punto de suspensión de tubo 136 a partir de la medición del campo de reflexión de radar 204, sin tener que calcular el ángulo de elevación vertical de eje transversal  $\beta$ . De la posición de tubo, la posición de la cabeza de succión 134 puede ser fácilmente derivada. Las coordenadas de referencia son la dirección diagonal X (paralela al eje de detector principal 210), la dirección de eje longitudinal Y, y la dirección vertical Z. El método de iteración tridimensional comprende las acciones de

30 i) seleccionar una posición inicial  $K(x_k, y_k, z_k)$  para el punto de suspensión de tubo 136 cerca de la cabeza de succión 134. Esta posición inicial puede ser el resultado de una posición previamente calculada;

35 ii) calcular una distancia  $L'$  entre el punto de suspensión de cables E  $(x_e, y_e, z_e)$  y el punto de suspensión de tubo  $K(x_k, y_k, z_k)$ ;

iii) determinar una diferencia de longitud  $\Delta L = L' - L$  entre la distancia  $L'$  y una longitud de cable medida  $L$  ;

40 iv) cambiar iterativamente el ángulo de inclinación de tubo  $\chi$  con respecto a la conexión de pivote 128 y en el plano expandido por la dirección de eje longitudinal Y y la dirección vertical Z, hasta que la diferencia de longitud  $\Delta L$  se haga menor que un valor seleccionado (un valor pequeño por ejemplo 1 cm);

45 v) calcular una distancia perpendicular  $AR'$  entre el punto de referencia de detector A  $(x_a, y_a, z_a)$  y un segmento de línea EK a lo largo del cable 144 por expresiones matemáticas conocidas, donde el segmento de línea EK se extiende desde el punto de suspensión de cables E  $(x_e, y_e, z_e)$  a la posición inicial  $K(x_k, y_k, z_k)$  del punto de suspensión de tubo 136;

50 vi) calcular una distancia AE entre el punto de referencia de detector A  $(x_a, y_a, z_a)$  y el punto de suspensión de cables E  $(x_e, y_e, z_e)$ , por  $AE = ((x_e - x_a)^2 + (y_e - y_a)^2 + (z_e - z_a)^2)^{0.5}$ ;

vii) calcular una distancia  $ER'$  entre el punto de suspensión de cables  $E(x_e, y_e, z_e)$  y un punto estimado  $R'(x_r, y_r, z_r)$ , por  $ER' = (AE^2 - AR'^2)^{0,5}$ ;

viii) calcular el punto estimado  $R'$  en el cable 144, por  $x_r = x_e + (x_k - x_e) * ER' / L'$  y expresiones análogas para  $y_r$  y  $z_r$ ;

ix) calcular el ángulo de desviación  $\alpha'$  entre la línea perpendicular  $AR'$  (entre el punto de referencia de detector  $A(x_a, y_a, z_a)$  y el punto estimado  $R'$ ) y el eje de detector principal 210, por  $\alpha' = \arcsin(x_r / AR')$ ;

x) proceder con acciones xii) - xiii) si el ángulo de desviación  $\alpha'$  es menor o igual al ángulo de anchura de mitad del haz característico  $\alpha$ , e igualar el punto estimado  $R'$  a un punto irradiado  $R$ . De otra manera, proceder con acción xi);

xi) mover el punto estimado  $R'$  en el cable 144 hacia un plano horizontal pasando a través del punto de referencia de detector  $A$  y expandido en la dirección de eje transversal  $X$  y la dirección de eje longitudinal  $Y$ , aumentando iterativamente  $ER'$  una pequeña cantidad (p. ej. 1 cm) si el punto estimado  $R'$  se localiza sobre el plano horizontal, o disminuyendo iterativamente  $ER'$  una pequeña cantidad (p. ej. 1 cm) si el punto estimado  $R'$  se localiza por debajo del plano horizontal, y reiterando desde la acción viii);

xii) calcular una distancia  $AR'$  entre el punto de referencia de detector  $A(x_a, y_a, z_a)$  y el punto irradiado  $R$ , por  $AR' = ((x_r - x_a)^2 + (y_r - y_a)^2 + (z_r - z_a)^2)^{0,5}$ ;

xiii) cambiar iterativamente un ángulo de inclinación de tubo de eje transversal acerca de la conexión de pivote 128 y en el plano expandido en la dirección de eje transversal  $X$  y la dirección vertical  $Z$ , y reiterando desde acción viii) hasta que la distancia calculada  $AR'$  iguale la distancia de radar más corta medida  $AF$ ;

[0069] Estas acciones se pueden ejecutar reiteradamente después de cada medición de la longitud  $L$  de cable y/o de la distancia de radar más corta  $AF$ . Los resultados para la posición del punto de suspensión de tubo 136 - que son un ejemplo de los demás parámetros cinemáticos  $q$  del tubo de succión 126 - que resultan de una iteración precedente se pueden utilizar como posición inicial  $K(x_k, y_k, z_k)$  del punto de suspensión de tubo 136 para una iteración nueva.

[0070] En general, el(los) método(s) se puede(n) extender usando un algoritmo de tratamiento de medición para hacer el promedio de las mediciones precedentes, incorporar mediciones de otras fuentes de medidas, y predecir medidas futuras. Por consiguiente, en el método, al menos las siguientes acciones pueden ser reiteradamente ejecutadas en cada uno de un conjunto discreto de valores temporales  $\{0, 1, \dots, t, t+1\}$ : - irradiar el cable 144 con el campo de emisión de radar 202 - recibir un campo de reflexión de radar 204 reflejado por el cable (144), usando el detector de radar 154, y - determinar los parámetros cinemáticos  $Q$  del campo de reflexión de radar 204. De esta manera, el método se puede aumentar por - determinación de un promedio de parámetro cinemático móvil  $\langle Q_t \rangle$  del conjunto de parámetros cinemáticos determinados  $\{Q_0, Q_1, \dots, Q_t\}$  determinado hasta un tiempo  $t$ ; - cálculo de una predicción de promedio de parámetro cinemático móvil  $\langle Q_{t+1} \rangle$  a otro tiempo  $t+1$ , y - adición de los demás parámetros cinemáticos  $Q_{t+1}$  determinados al otro tiempo  $t+1$  a otro promedio de parámetro cinemático móvil  $\langle Q_{t+1} \rangle$ . El cálculo de un promedio de parámetro cinemático móvil de cada medición posterior, que puede por ejemplo ser implementado por un filtro Gaussiano o Kalman, mejorará la exactitud de determinación de los parámetros cinemáticos  $Q$ . Usando tal promedio móvil, el efecto de los errores de medición se pueden reducir conforme evoluciona el tiempo.

[0071] Las descripciones anteriores se destinan a ser ilustrativas, no limitantes. Por ejemplo, un embarcación de dragado 120 puede tener un tubo de succión 126 que consiste en segmentos de tubo de succión múltiples que se soportan por tantos cables 144 y grúas pórtico 140. Se puede proporcionar un sistema 150 de radar para cada segmento de tubo de succión, y los parámetros cinemáticos  $Q$  para cada segmento de tubo de succión se pueden determinar por consiguiente, por ejemplo para determinar la posición de la cabeza de succión 134. Será aparente al experto en la técnica que formas de realización alternativas y equivalentes de la invención pueden ser concebidas y reducidas a la práctica, sin apartarse del alcance de las reivindicaciones dispuestas debajo.

LISTA DE ELEMENTOS DE LAS FIGURAS

[0072]

- 102 columna de agua
- 104 superficie del agua
- 106 superficie inferior
- 108 material
- 120 embarcación de dragado
- 122 casco de draga
- 124 tolva
- 126 tubo de succión
- 128 conexión de pivote

|    |          |                                                                                                     |
|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 130      | primer extremo de tubo                                                                              |
|    | 132      | segundo extremo de tubo                                                                             |
|    | 134      | cabeza de succión                                                                                   |
|    | 136      | punto de suspensión de tubo                                                                         |
| 5  | 138      | goniómetro de tubo                                                                                  |
|    | 140      | dispositivo de suspensión (grúa pórtico)                                                            |
|    | 144      | cable                                                                                               |
|    | 146      | región de cable                                                                                     |
|    | 148      | sensor de presión                                                                                   |
| 10 | 150      | sistema de radar                                                                                    |
|    | 152      | fuentes de radar                                                                                    |
|    | 154      | detector de radar                                                                                   |
|    | 156      | disposición informática                                                                             |
| 15 | A        | punto de referencia de detector                                                                     |
|    | B        | proyección de punto de suspensión de cables vertical                                                |
|    | D        | región de cable                                                                                     |
|    | E        | punto de suspensión de cables                                                                       |
|    | F        | región de cable más cercana                                                                         |
| 20 | L        | longitud de cable                                                                                   |
|    | L'       | estimación de longitud de cable temporal usada para calcular los parámetros cinemáticos iterativos. |
|    | P        | presión                                                                                             |
|    | Q        | parámetros cinemáticos (para el cable)                                                              |
|    | q        | otros parámetros cinemáticos (para el tubo de succión)                                              |
| 25 | AB       | distancia horizontal proyectada                                                                     |
|    | BE       | distancia vertical proyectada                                                                       |
|    | AD       | distancia de cable                                                                                  |
|    | AF       | distancia de radar más corta                                                                        |
|    | R        | punto irradiado                                                                                     |
| 30 | R'       | punto estimado                                                                                      |
|    | S1       | eje de tubo longitudinal                                                                            |
|    | S2       | eje de embarcación longitudinal                                                                     |
|    | X        | dirección de eje transversal                                                                        |
|    | Y        | dirección de eje longitudinal                                                                       |
| 35 | Z        | dirección vertical                                                                                  |
|    | $\alpha$ | ángulo de anchura de mitad del haz característico                                                   |
|    | $\beta$  | ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal                                           |
|    | $\chi$   | ángulo de inclinación de tubo                                                                       |
| 40 | 202      | campo de emisión de radar                                                                           |
|    | 204      | campo de reflexión de radar                                                                         |
|    | 206      | lóbulo principal de campo de emisión                                                                |
|    | 208      | lóbulo principal de campo de detección                                                              |
|    | 210      | eje de detector principal                                                                           |
| 45 | 402      | ubicación de embarcación                                                                            |
|    | 404      | otra ubicación de embarcación                                                                       |
|    | 406      | otro detector de radar                                                                              |
|    | 408      | otro campo de reflexión de radar                                                                    |
| 50 |          |                                                                                                     |

**REIVINDICACIONES**

1. Método para determinar parámetros cinemáticos Q de un cable (144) que conecta un tubo de succión (126) a una embarcación de dragado (120), donde el tubo de succión (126) está en un punto de suspensión de tubo (136) conectado por el cable (144) a un punto de suspensión de cables E en la embarcación de dragado (120), **caracterizado por el hecho de que**

a) proporciona una fuente de radar (152) y un detector de radar (154) a la embarcación de dragado (120), la fuente de radar (152) con un campo de emisión de radar (202) dirigido sustancialmente al cable (144);

b) irradia el cable (144) con el campo de emisión de radar (202);

c) recibe un campo de reflexión de radar (204) reflejado por el cable (144), usando el detector de radar (154), y

d) determina los parámetros cinemáticos Q a partir del campo de reflexión de radar (204).

2. Método según la reivindicación 1, donde el cable (144) está esencialmente recto durante el uso, donde la determinación de los parámetros cinemáticos Q comprende:

- la determinación a partir del campo de reflexión de radar (204), de una indicación de una distancia de cable AD entre un punto de referencia de detector A en el detector de radar (154), y una región de cable D en el cable (144).

3. Método según la reivindicación 2, donde irradiar el cable (144) con el campo de emisión de radar (202) comprende la emisión de un lóbulo principal de campo de emisión (206) del campo de emisión de radar (202) sustancialmente perpendicular a un casco de draga (122) de la embarcación de dragado (120), hacia el cable (144), y a lo largo de un eje de detector principal (210) del detector de radar (154), donde la región de cable D es la región de cable más cercana F, y donde la distancia de cable AD está a una distancia de radar más corta AF entre el punto de referencia de detector A y la región de cable más cercana F.

4. Método según la reivindicación 3, donde el cable (144) tiene un componente vertical en una dirección vertical perpendicular tanto a una dirección de eje transversal X como a una dirección de eje longitudinal Y, el método comprende:

- determinar un ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal  $\beta$ , desde la distancia de radar más corta AF, una distancia horizontal proyectada AB entre el punto de referencia de detector A y el punto de suspensión de cables E, y una distancia vertical proyectada BE entre el punto de referencia de detector A y el punto de suspensión de cables E, y opcionalmente

donde la determinación del ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal  $\beta$  comprende resolver una ecuación:

$$\beta = \arcsen\left(\frac{AF}{\sqrt{AB^2 + BE^2}}\right) - \arcsen\left(\frac{AB}{\sqrt{AB^2 + BE^2}}\right)$$

5. Método según la reivindicación 4, donde el lóbulo principal de campo de detección (208) tiene un ángulo de anchura de mitad del haz característico  $\alpha$ , donde la determinación del ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal  $\beta$  comprende resolver una ecuación alternativa:

$$\beta = \arctan\left(\frac{AB - AF \cdot \cos(\alpha)}{BE - AF \cdot \sin(\alpha)}\right)$$

si el ángulo de oscilación de cable vertical de eje transversal  $\beta$  es mayor que el ángulo de anchura de mitad del haz característico  $\alpha$ .

6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 3 - 5, donde la embarcación de dragado (120) comprende una grúa pórtico (140) mediante la cual el tubo de succión (126) es desplazable entre una posición de reposo sustancialmente horizontal y una posición de tubo inclinado, donde el método comprende:

- dirigir el lóbulo principal de campo de emisión (206) al cable (144), y

- dirigir un eje de detector principal (210) del detector de radar (154) al cable (144), cuando el tubo de succión (126) está en la posición de tubo inclinado.

7. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el detector de radar (154) está provisto en

una ubicación de embarcación (402) en la embarcación de dragado (120), y donde el método comprende:

- proporcionar otro detector de radar (406) en otra ubicación de embarcación (404), diferente de la ubicación de embarcación (402);

- 5 - recibir un campo de reflexión de radar (204) reflejado por el cable (144), usando el detector de radar (154);
- recibir otro campo de reflexión de radar (408) reflejado por el cable (144), usando el otro detector de radar (406), y
- 10 - determinar los parámetros cinemáticos Q del campo de reflexión de radar (204) y el otro campo de reflexión de radar (408).

8. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el tubo de succión (126) comprende una pluralidad de segmentos de tubo de succión, donde cada segmento de tubo de succión está interconectado rotativamente con un segmento de tubo de succión adyacente, y está en un punto de suspensión de segmento de tubo respectivo conectado por un cable respectivo a un punto de suspensión de cables respectivo, donde las acciones de:

a) proporcionar una fuente de radar respectiva y un detector de radar respectivo a la embarcación de dragado (120), la fuente de radar respectiva con un campo de emisión de radar respectivo dirigido sustancialmente al cable respectivo;

b) irradiar el cable respectivo con el campo de emisión de radar respectivo;

c) recibir un campo de reflexión de radar respectivo reflejado por el cable respectivo, usando el detector de radar respectivo, y

d) determinar los parámetros cinemáticos respectivos Q' a partir del campo de reflexión de radar respectivo,

se ejecutan para cada segmento de tubo de succión posterior, empezando a partir de un primer segmento de tubo de succión que está en un primer extremo de tubo (130) conectado a un casco de draga (122) de la embarcación de dragado (120).

9. Producto de programa informático configurado para proporcionar instrucciones para llevar a cabo un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8, cuando se carga en una disposición informática (156).

10. Medio legible por ordenador, que comprende un producto de programa informático según la reivindicación 9.

11. Embarcación de dragado (120), que comprende un tubo de succión (126) que en un punto de suspensión de tubo (136) está conectado por un cable (144) a un punto de suspensión de cables E en la embarcación de dragado (120),

**caracterizado por el hecho de que**

la embarcación de dragado (120) comprende una fuente de radar (152) y un detector de radar (154), donde la fuente de radar (152) está dispuesta para generar un campo de emisión de radar (202) dirigido sustancialmente al cable (144), y donde el detector de radar (154) está dispuesto para recibir un campo de reflexión de radar (204) reflejado por el cable (144), y donde la embarcación de dragado (120) comprende una disposición informática (156) configurada para determinar los parámetros cinemáticos Q del cable (144) del campo de reflexión de radar (204).

12. Embarcación de dragado (120) según la reivindicación 11, donde la embarcación de dragado (120) dispone de medios para determinar una longitud de cable L entre el punto de suspensión de tubo (136) y el punto de suspensión de cables E, y donde la disposición informática (156) está configurada para determinar los parámetros cinemáticos Q a partir de la longitud de cable L además del campo de reflexión de radar (204), y opcionalmente donde el tubo de succión (126) comprende al menos un goniómetro de tubo (138) para determinar un ángulo de inclinación  $\chi$  entre un eje de tubo longitudinal S1 del tubo de succión (126) y un eje de embarcación longitudinal S2 del casco de draga (122), para el tubo de succión (126) en la posición de tubo inclinado, y donde la disposición informática (156) está configurada para determinar los parámetros cinemáticos Q a partir del ángulo de inclinación  $\chi$  además del campo de reflexión de radar (204).

13. Embarcación de dragado (120) según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 12, donde el tubo de succión (126) comprende un sensor de presión (148) para medir una presión P cerca de una cabeza de succión (134) en un segundo extremo de tubo (132) del tubo de succión (126), y donde la disposición informática (156) está configurada para calcular una profundidad de la cabeza de succión (134) y para determinar los parámetros cinemáticos Q a partir de la profundidad a partir del cálculo además del campo de reflexión de radar (204).

14. Embarcación de dragado (120) según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 13, donde el detector de radar (154) está provisto en una ubicación de embarcación (402) en la embarcación de dragado (120), y donde la

5 embarcación de dragado (120) comprende otro detector de radar (406) en otra ubicación de embarcación (404) diferente de la ubicación de embarcación (402), donde el otro detector de radar (406) está dispuesto para recibir otro campo de reflexión de radar (408) reflejado por el cable (144), y donde la disposición informática (156) está configurada para determinar los parámetros cinemáticos Q del campo de reflexión de radar (204) y el otro campo de reflexión de radar (408).

10 15. Embarcación de dragado (120) según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 14, donde el tubo de succión (126) comprende una pluralidad de segmentos de tubo de succión, donde cada segmento de tubo de succión está interconectado rotativamente con un segmento de tubo de succión adyacente, y está en un punto de suspensión de  
10 segmento de tubo respectivo conectado por un cable respectivo a un punto de suspensión de cables respectivo, la embarcación de dragado (120) que comprende fuentes de radar respectivo y detectores de radar respectivo, donde cada fuente de radar respectivo está dispuesta para generar un campo de emisión de radar dirigido sustancialmente al cable respectivo, y donde el detector de radar respectivo está dispuesto para recibir un campo de reflexión de radar reflejado por el cable respectivo, y donde la disposición informática (156) está configurada para determinar los  
15 parámetros cinemáticos Q' de un cable respectivo de cada segmento de tubo de succión posterior, empezando a partir de un primer segmento de tubo de succión que está en un primer extremo de tubo (130) conectado a un casco de draga (122) de la embarcación de dragado (120).



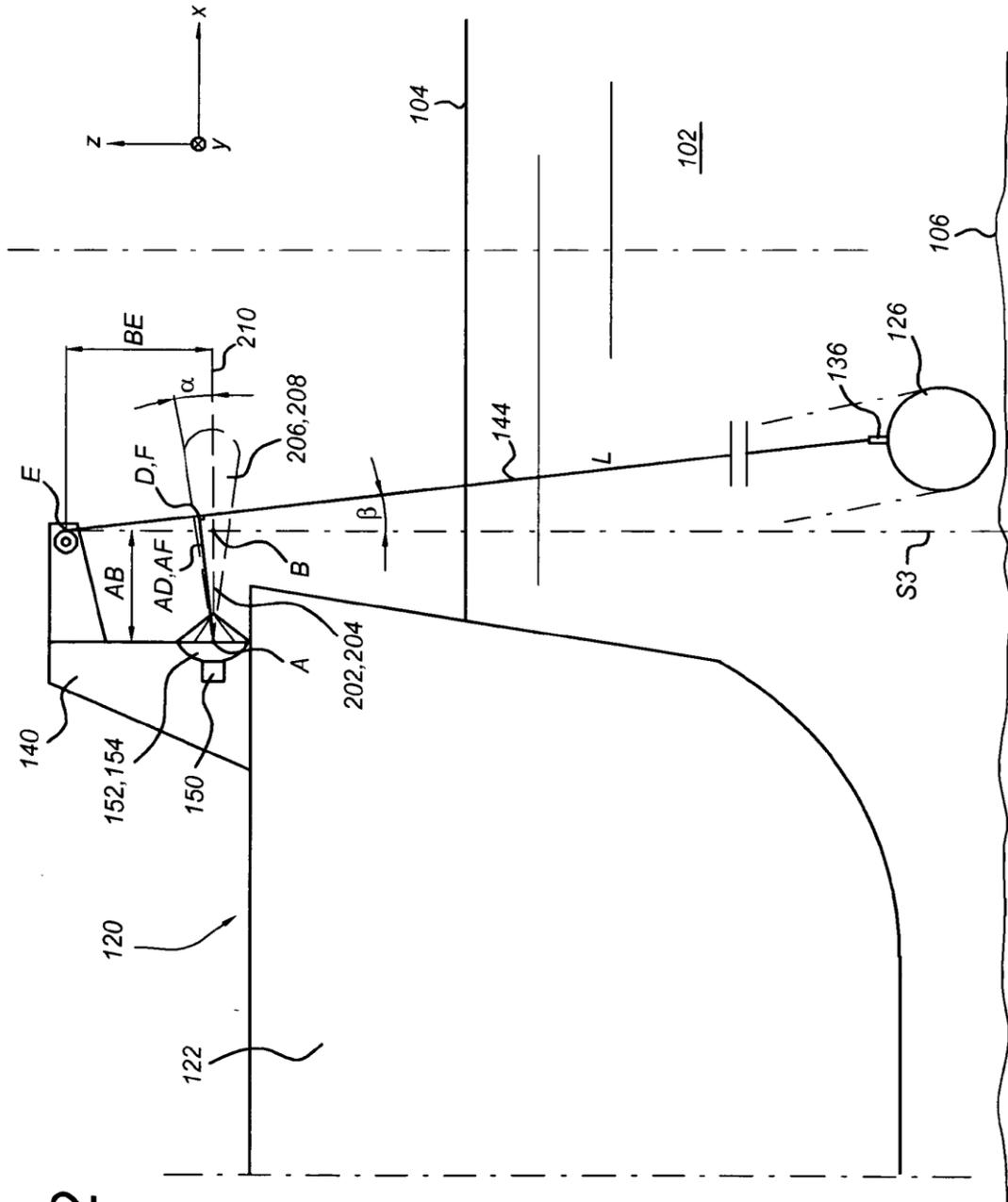


Fig 2

Fig 3a

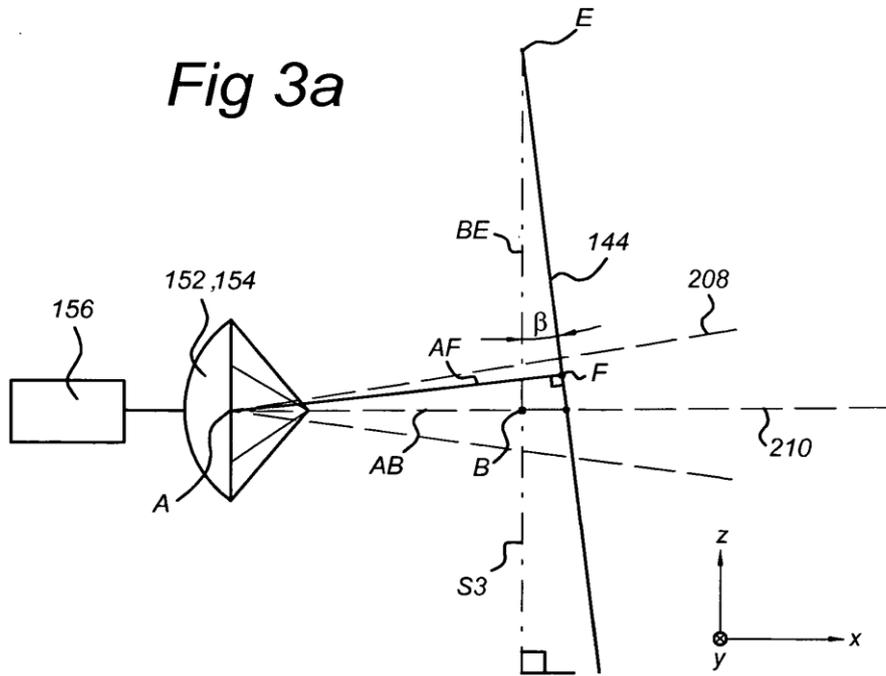


Fig 3b

