

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 828 646**

51 Int. Cl.:

**G01V 3/10**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.06.2018 PCT/EP2018/065902**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2018 WO18234164**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2018 E 18734474 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.08.2020 EP 3607361**

54 Título: **Método y dispositivo para medir la profundidad de entierro de una línea**

30 Prioridad:

**23.06.2017 DE 102017210672**

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

**27.05.2021**

73 Titular/es:

**HEINRICH HIRDES GMBH (100.0%)  
Am Festungsgraben 10  
21079 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**KÖLBEL, JAN**

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO BLANCO, María Alicia**

**ES 2 828 646 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

Método y dispositivo para medir la profundidad de entierro de una línea

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un método y un dispositivo para medir la profundidad de enterramiento de una línea del tipo que se está poniendo cada vez más bajo una superficie del suelo en la tierra y en el agua en forma de conductos y tuberías y la energía de alimentación y/o cables de datos.
- 10 **[0002]** Con el fin de proteger dichas líneas de influencias mecánicas externas, sino también a partir de una influencia intensamente fluctuante de temperaturas y por lo tanto, para lograr el posible mantenimiento más constante de una temperatura intrínseca, líneas del tipo mencionado anteriormente se ponen en la tierra debajo de una superficie del suelo. A este respecto, se especifica una cierta profundidad debajo de la superficie del suelo, lo cual es el caso de una línea que, por regla general, se coloca en una zanja en forma de ranura, también se denomina profundidad de enterramiento.
- 15 **[0003]** En tierra, una identificación suficiente de dichas rutas de línea y una posible colocación de las estructuras de protección adicionales se requiere sobre la línea respectiva con el fin de proporcionar la mayor prevención posible de daño o excavación de la profundidad de enterramiento, por ejemplo como parte de las operaciones de movimiento de tierra. El documento DE 196 14 707 A1 también ha propuesto aplicar señales de advertencia correspondientes en forma de ondas electromagnéticas a estos cables de modo que cuando un receptor se acerque a ellos, se pueda recibir una advertencia correspondiente.
- 20 **[0004]** Cuando se utilizan líneas subterráneas enterradas del tipo mencionado anteriormente en masas de agua y, en particular, bajo el lecho marino, surgen problemas adicionales. Para su identificación, las rutas de línea pueden incluirse en las cartas náuticas. Además, se puede proporcionar protección adicional para secciones en rutas en línea que están particularmente amenazadas por el transporte marítimo o los icebergs. Las líneas, por ejemplo en forma de cables submarinos, para protegerlos de daños mecánicos del tipo que pueden ser causados, por ejemplo, por anclajes, se colocan a una profundidad mínima particular por debajo del lecho marino. Sin embargo, las mareas y las corrientes pueden reducir esta profundidad hasta el punto en que la línea queda desnuda. Por tanto, este tipo de revestimiento como protección podría resultar insuficiente, especialmente contra grandes anclajes.
- 25 **[0005]** Una cubierta de las líneas que, como regla general, está compuesta de arena y/o grava, sin embargo, se moverá y cambiará por el movimiento de las olas, así como por las mareas y/o corrientes en la capa de agua adyacente. En consecuencia, un lecho marino es cualquier cosa menos estático. Debido a las mareas y las corrientes marinas, el fondo marino está en continuo movimiento, particularmente en las proximidades de los estuarios. Como resultado, incluso una profundidad de entierro mínima especificada de una línea puede caer por debajo en un corto período de tiempo. Las líneas también se pueden barrer completamente y/o alterar su posición por los efectos mencionados anteriormente a modo de ejemplo.
- 30 **[0006]** En consecuencia, una capa de cubierta que se extiende, por ejemplo, como una cubierta para un denominado cable de exportación o transporte de un parque eólico marino a un punto de recogida en la costa y por lo general está protegido con un espesor o capa de espesor de aproximadamente 3 m, se puede barrer completamente el revestimiento en el transcurso de unos meses debido a los efectos de las corrientes. Entonces, al menos parte de esta línea se expone directamente a las fuerzas mecánicas del agua. Pero las diferencias de temperatura en el agua a lo largo de tramos más largos y la disipación diferente de un autocalentamiento producen alargamientos y compresiones regionales diferentes de la línea, lo que puede hacer que la línea se desplace o incluso se doble en cualquier dirección en el espacio. Una temperatura lo más uniforme posible debido a una profundidad de enterramiento suficiente es muy importante en muchas líneas, particularmente en el caso de cables de alta tensión porque son muy sensibles a la sobrecarga térmica. Las cargas térmicas excesivamente altas que se producen en algunas regiones pueden provocar efectos de envejecimiento no deseados, especialmente en el aislamiento, pero también en los manguitos de conexión, etc. y, por lo tanto, pueden reducir la vida útil, lo que da como resultado fallas prematuras y, por lo tanto, puede reducir la disponibilidad de una red. Del mismo modo, estos fenómenos de calentamiento, además de las condiciones ambientales cambiantes, también establecen límites de capacidad individual en las líneas afectadas.
- 35 **[0007]** Como parte de una colección, en particular de los sistemas marinos, es necesario poder demostrar la existencia de una cubierta correspondientemente suficiente de todas las líneas. Además, es necesario realizar una inspección anual de las profundidades de enterramiento de las respectivas líneas. Para ello, existen planteamientos conocidos, entre otros el de la DE 25 30 589 A1, en el que por un lado se debe localizar primero una distancia entre un punto de medida y un conducto de material magnético y luego, con la ayuda de un método de corriente alterna electromagnética, se mide una señal de campo secundario inyectada en un conducto en una celda detectora para determinar una distancia y, por otro lado, se utiliza una medición de sonar como base para determinar una distancia entre la celda detectora y una superficie respectiva del lecho marino como la superficie de la cubierta. Basándose en una simple medición de la diferencia, esto permite determinar un espesor de la capa de cobertura.
- 40 **[0008]** Además, el documento GB 2 419 956 B ha descrito un método para la detección de cables submarinos y otros cuerpos eléctricamente conductores por debajo de un lecho marino o fondo del océano usando campos
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

electromagnéticos pulsados.

**[0009]** Además, el documento WO 2012/178158 A1 da a conocer un objeto de metal o aparato de detección de función y el método de uso de un número de las llamadas bobinas de cuadrante para la excitación de los campos magnéticos y una pluralidad de bobinas receptoras distribuidas igualmente dentro de matrices construidas por las bobinas de cuadrante. El aparato conocido puede funcionar en tres modos. Uno de estos modos se caracteriza porque dichas bobinas de cuadrante se activan secuencialmente y todas las bobinas receptoras se utilizan para medir una magnitud de perturbación del campo magnético.

**[0010]** El objeto de la presente invención es modificar un método y el dispositivo correspondiente aumentando la precisión de la medición.

**[0011]** Según la invención, esto se consigue mediante las características de las reivindicaciones independientes en que un método para la medición de una profundidad de enterramiento de una línea en la que celda detectora transmite un pulso electromagnético como señal primaria y se recibe una señal secundaria y al mismo tiempo, se mide la altura de la celda detectora por encima del fondo, caracterizada porque se utiliza más de una bobina de excitación que se extiende en un plano xy, las bobinas de excitación se colocan una al lado de la otra en una orientación esencialmente perpendicular a un eje central de la línea y se mueven esencialmente sobre la línea, a lo largo de este eje central es paralelo al eje y de un sistema de coordenadas cartesianas. Las bobinas de excitación transmiten pulsos electromagnéticos de forma retardada como señal primaria. Esto produce una especie de barra de transmisión, que se mueve en una dirección alineada esencialmente perpendicularmente sobre la línea a investigar. Además, bobinas receptoras que están igualmente distribuidas en el plano xy en todo el conjunto de bobinas de transmisión y que realizan medidas en al menos dos ejes, ejes x y z de dicho sistema de coordenadas cartesianas, orientadas ortogonalmente entre sí y al alargamiento de la línea, así como la dirección de propagación. Todas estas bobinas de transmisión miden las señales secundarias en reacción a la transmisión de un pulso primario por las bobinas de transmisión. En consecuencia, a lo largo de la disposición de las bobinas de transmisión, se utiliza una especie de matriz de bobinas receptoras para captar señales secundarias de diferentes posiciones respectivas. Debido a la disposición espacial de los campos magnéticos, las bobinas receptoras que se encuentran distribuidas en el plano xy detectan una señal secundaria, posiblemente siempre con componentes espaciales que difieren en su magnitud. Por lo tanto, es posible sacar mejores inferencias en cuanto a la posición de profundidad de la línea a investigar. Dado que las determinaciones de distancia de una altura sobre el lecho marino realizadas, por ejemplo, basadas en mediciones de sonar son hoy muy precisas, es posible, basándose en la diferencia entre la distancia entre la línea y la celda detectora por un lado y una altura de la celda detectora por encima del lecho marino por la otra, es posible determinar de forma muy fiable el grosor de una cobertura de la línea.

**[0012]** Este objeto también se consigue por medio de un dispositivo que incluye una serie de más de una excitación de la bobina que se extiende en un plano xy; las bobinas de excitación que se extienden esencialmente perpendiculares a un eje central de la línea están dispuestas para moverse esencialmente a lo largo de este eje central de la línea; las bobinas están configuradas para transmitir pulsos electromagnéticos retardados en el tiempo; y distribuidos equitativamente a través de toda la matriz de bobinas transmisoras en pares de al menos dos bobinas receptoras realizar mediciones en al menos dos ejes orientados ortogonalmente entre sí respectivamente, todos los cuales están incorporados para ejecutar mediciones de una señal secundaria en reacción a la transmisión de pulsos primarios por las bobinas de transmisión. Siempre que haya dos bobinas receptoras utilizadas como un par, los dos ejes respectivos se orientan ortogonalmente al eje central de la línea y la dirección de propagación.

**[0013]** Modificaciones ventajosas son objeto de las respectivas reivindicaciones independientes. Según ellas, las bobinas receptoras miden señales secundarias como reacción al pulso primario durante un cierto lapso de tiempo solo después de un desfase de tiempo fijo con respecto a una transmisión de un pulso electromagnético o pulso primario por las bobinas de transmisión, por ejemplo, en términos de evaluación. Este lapso de tiempo entre la transmisión de un pulso primario y una medición de señales secundarias está, por ejemplo, en un intervalo de 400 a 550  $\mu$ s, y preferiblemente aproximadamente 498  $\mu$ s para uso en agua marina o salada. Este intervalo de tiempo durante el intervalo de medición varía en función de diferentes variables como, por ejemplo, el diámetro de la línea, la profundidad de la línea y la conductividad del agua, respectivamente.

**[0014]** En una realización de la presente invención se prefiere que la medición de las señales secundarias se llevó a cabo durante un período de tiempo de hasta aproximadamente 10 ms. En una realización de la invención, las señales se han desvanecido después de 10 ms y es por eso que la medición se ha detenido dando como resultado dicho lapso de tiempo como regla general. Sin embargo, hay casos imaginables, por ejemplo, cuando el cable es más pesado y grueso o el cable está enterrado a una profundidad menor, donde la señal se desvanece después de más de 10 ms, por ejemplo, después de 15 ms. En tal caso, es deseable seguir midiendo hasta que todas las señales relevantes se hayan desvanecido mejorando dicho intervalo de tiempo hasta aproximadamente 15 ms.

**[0015]** Un lapso de tiempo al principio no es objeto de evaluación para excluir la influencia de un número de secundarios efectos como, por ejemplo, reflexiones causadas por el agua marina o agua salada y similares. En un método alternativo, se lleva a cabo una corrección con respecto a la influencia del agua salada midiendo primero las señales secundarias obtenidas únicamente del agua salada y subsiguientemente restándolas de las señales

secundarias recibidas durante el análisis de la profundidad de enterramiento de la línea. Al hacerlo, el resultado es solo la señal secundaria que se origina en la línea.

[0016] En una realización, se prefiere que dichos arreglos o pares de bobinas de recepción se proporcionan como unidades de recepción, que se incorporan como cubos pequeños dentro de la matriz compuesta de las bobinas de transmisión o un plano paralelo a dicha matriz. Sin embargo, en una realización alternativa, las unidades receptoras están ubicadas en un plano xy paralelo al conjunto compuesto por las bobinas de transmisión. Sin embargo, teniendo en cuenta el tamaño efectivo de las unidades receptoras en la vida real, el experto en la técnica ciertamente comprende que incluso un posicionamiento algo escalonado de las unidades receptoras se considera una ubicación de las unidades receptoras en un plano xy.

[0017] Preferiblemente, las bobinas de transmisión y receptores o unidades de recepción se fijan a un soporte en forma de ala compuesta de un material eléctricamente no conductor. Un diseño de este tipo se puede realizar de una manera optimizada para el flujo para que también sea estable posicionalmente a una velocidad nominal de un aparato como se describió anteriormente bajo el agua con una resistencia al flujo razonable. Con medios y métodos conocidos, la celda de detección así configurada también puede cambiarse de posición, en particular con respecto a una línea, mediante un control. Además de los timones controlables, se pueden utilizar pequeños tornillos accionados por motores eléctricos o motores de aire comprimido como los que se conocen de los minisubmarinos o vehículos submarinos operados a distancia (ROV).

[0018] Otras características y ventajas de realizaciones de acuerdo con la invención se describirán en mayor detalle más adelante en conjunción con las realizaciones ejemplares en base a los dibujos. En los dibujos:

Figura 1: es una vista superior esquemática de un dispositivo que se mueve a una velocidad  $v$  centralmente sobre una línea que se extiende debajo de la superficie del lecho marino para medir el espesor de una cubierta;

Figuras 2a y 2b: muestran representaciones esquemáticas de una sección que se extiende en un plano II-II de la Fig. 1 durante el impacto de pulsos electromagnéticos y durante la emisión de una señal secundaria.

[0019] A lo largo de las diferentes figuras de los dibujos, los mismos números de referencia se usan constantemente por los mismos elementos. Además, se utiliza un sistema de coordenadas cartesianas en todas las figuras que modelan una situación ideal de aplicación, donde el eje central de una línea, así como la dirección de movimiento de un dispositivo según la presente invención, son paralelos al eje y de dicho sistema de coordenadas cartesianas.

[0020] Debido a la creciente importancia de los llamados parques eólicos en alta mar para la producción de energía renovable, es muy importante proteger, supervisar e/o inspeccionar una red de línea que se va a construir y mantener para estos parques eólicos. Sin restringir un campo de uso de la presente invención, solo se discutirá a continuación una inspección de tales líneas. Básicamente, los campos de uso alternativos y relacionados en el ámbito de la arqueología, la prospección de recursos naturales o la localización de tuberías y similares no están excluidos del uso del método y los dispositivos de acuerdo con la invención.

[0021] La ilustración en la Fig. 1 muestra una vista superior de un dispositivo 1, que se mueve como una celda detectora a una velocidad  $v$  centralmente sobre una línea 2 que se extiende bajo una superficie de lecho de mar BO con el fin de medir un espesor  $\Delta$  de una cubierta. El dispositivo 1 en este caso incluye tres bobinas de excitación o transmisión 3, 3', 3" que se extienden en el plano xy, que se colocan una al lado de la otra en un tramo esencialmente perpendicular a un eje central M de la línea 2. Siendo perpendicular a un eje central M de la línea 2 es el mejor caso en teoría, pero difícil de llevar a cabo exactamente en la realidad. Sin embargo, el método descrito ha mostrado resultados robustos incluso en caso de desviaciones con respecto a dicho posicionamiento. Por eso el término "esencialmente" se utiliza en esta conexión.

[0022] Como se muestra en más detalle en las figuras 2a y 2b, las bobinas de transmisión 3, 3', 3" transmiten pulsos electromagnéticos B, B', B" que son de tiempo retardado uno respecto al otro como señal primaria. Estos pulsos B, B', B" también penetran en la superficie del lecho marino BO del lecho marino indicado y excitan el flujo de corrientes inducidas en el material eléctricamente conductor de la línea que se extiende 2. Estas corrientes decaen y a su vez generan señales electromagnéticas secundarias B<sub>r</sub>.

[0023] Distribuida en el plano xy a través del conjunto de bobinas de transmisión 3, 3', 3" se encuentra una disposición de bobinas de recepción 4 para recibir las señales secundarias electromagnéticas B<sub>r</sub>. De una manera no mostrada en el dibujo, dos bobinas receptoras respectivas 4 se combinan con dos ejes o ejes centrales que se extienden en x y z del sistema de coordenadas cartesianas respectivamente. Por lo tanto, dos bobinas receptoras 4 se combinan como un par que se extienden ortogonalmente entre sí para formar una unidad receptora 5 en forma de cubo. Como resultado del hecho de que la línea 2 bajo una superficie de lecho de mar BO como diana se ha quedado en paralelo al eje y de dichas coordenadas cartesianas, cambios en el sistema en este sentido pueden ser omitidos en esta realización de la invención.

**[0024]** En esta realización, se utilizan cinco unidades receptoras en forma de cubo 5 distribuidas de manera más o menos equidistantes dentro de cada una de las bobinas de transmisión 3, 3', 3" y más allá. Las unidades receptoras 5 que se muestran en líneas discontinuas son unidades receptoras en forma de cubos en una configuración algo escalonada, que todavía se considera una configuración de plano xy dentro del alcance de la presente invención, se reduce a desviaciones en la vida real que muestran muy poco efecto en el método descrito en aquí. Por tanto, todas las unidades receptoras 5 en forma de cubo se consideran iguales incluso en el caso de una desviación de su posición respectiva. Dichas unidades receptoras 5 están hechas para medir solo las señales secundarias  $B_r$  en las bobinas receptoras 4 de las unidades receptoras 5 para su evaluación después de un retardo de tiempo especificado  $\Delta t$  de la transmisión de pulsos primarios por las bobinas de transmisión 3, 3', 3". Esto se puede lograr por medios de conmutación que no se describen adicionalmente aquí. Aproximadamente 498  $\mu s$  se utiliza como el tiempo de retardo  $\Delta t$ .

**[0025]** La ilustración en la Fig. 2a muestra el principio de medición como una representación de una sección en un plano II-II de la Fig. 1. De acuerdo con él, la celda detectora 1 se mueve a una profundidad básicamente arbitraria debajo de la superficie de un cuerpo de agua WO a una distancia  $d$  sobre la superficie del fondo marino BO del fondo marino indicado a la velocidad  $v$ ; en este caso, exactamente en la dirección del eje  $y$  y sobre la línea 2. La distancia  $d$  se puede determinar exactamente mediante una medición de sonda o dispositivos conocidos similares que también se proporcionan en la celda detectora 1 sin más información. Las bobinas de transmisión 3, 3', 3" y los receptores 5 están conectados a un soporte en forma de ala compuesto de un material eléctricamente no conductor y por lo tanto puede moverse como una unidad  $y$ , utilizando medios conocidos o unidades de accionamiento, puede corregirse en su posición con respecto a la línea 2 por razones que se explicarán con mayor detalle abajo. Sin embargo, esta realización muestra una forma en que las unidades receptoras 5 están ubicadas dentro de la matriz compuesta por las bobinas de transmisión 3, 3', 3" en aproximadamente el mismo plano xy, si se tiene en cuenta la cierta altura de los componentes y especialmente las unidades receptoras 5. Sin embargo, una disposición en planos paralelos serviría tan bien desde el punto de vista del electromagnetismo, donde el movimiento y el posicionamiento bajo el agua podría resultar más difícil, por ejemplo, debido a una mayor resistencia al flujo.

**[0026]** Las bobinas de excitación 3, 3', 3" se encuentran todas en un plano xy y transmiten pulsos electromagnéticos que son de tiempo retardado uno con respecto al otro como una señal primaria, como se indica por las diferentes líneas de campo  $B$ ,  $B'$ , y  $B''$  en la Fig. 2a.

**[0027]** La ilustración en la Fig. 2b muestra la sección que se extiende en el plano II-II de la Fig. 1 durante la emisión de una señal secundaria  $B_r$  en respuesta a las corrientes inducidas en un cuerpo eléctricamente conductor de la línea 2 enterrada bajo la superficie o fondo marino BO. Debido a la característica tridimensional general de un campo magnético esta respuesta de la señal  $B_r$  se ha registrado en diferente magnitud, así como análisis vectorial significativamente diferente dependiendo de la posición de las respectivas unidades receptoras 5 dentro de la celda detectora 1.

**[0028]** A través del conjunto de bobinas de transmisión 3, 3', 3", distribuidas en el plano xy, se proporcionan unidades receptoras 5, que miden todas las señales secundarias  $B_r$ , no mostradas aquí en detalle, que se generan en respuesta a la transmisión de cada pulso primario por una de las bobinas de transmisión 3, 3', 3". Dado que las unidades receptoras 5 tienen cada una bobinas receptoras 4 que miden en dos ejes  $x$  y  $z$  que se extienden ortogonales entre sí, las señales de recepción se captan simultáneamente en diferentes puntos de la celda detectora 1 que están ligeramente desplazadas entre sí. Por simples razones de geometría, las unidades receptoras 5 según las Figuras 2a y 2b están posicionadas cada una en diferentes ángulos y distancias de la línea 2. Como resultado, las señales de recepción detectadas respectivamente también difieren entre sí fundamentalmente. En base a estas diferencias en los al menos dos ejes espaciales, se puede determinar una distancia  $D$  de la celda detectora 1 a la línea 2, permitiendo que el gran número de valores de medición compensen las inexactitudes de medición. Un espesor  $\Delta$  de una capa de cubierta sobre la línea 2 por lo tanto se puede determinar de forma continua a lo largo de la línea 2 como una simple diferencia entre las distancias  $d$  y  $D$ . Las simetrías dentro de la disposición descrita ayudan a comprobar la plausibilidad de los valores medidos. Por ejemplo, la excitación por las bobinas 3 y 3" da como resultado un campo simétrico especular, de modo que también se puede esperar una simetría comparable en las señales de respuesta. Este efecto puede usarse para reducir la influencia de, por ejemplo, el ruido. Debido a la extensión longitudinal de la línea 2 y una forma resultante de los campos, la evaluación de señales de respuesta  $B_r$  en este eje de extensión y es apenas informativo. Esto significa que los esfuerzos de medición y cálculo pueden ser guardados aquí.

**[0029]** En una realización ejemplar, cada bobina de transmisión 3, 3', 3" está incorporada como un rectángulo con longitudes de borde de aproximadamente 1,5 m \* aproximadamente 1,41 m con un devanado a una corriente nominal de aproximadamente 170 A y un voltaje entre aproximadamente 10 V y menos de aproximadamente 25 V. Se puede demostrar, que en caso de desviación con respecto a un desplazamiento axial, así como un espesor de cobertura  $\Delta$ , las amplitudes disminuyen claramente a partir de una situación con una baja cobertura de espesor  $\Delta$  y una posición de medición exactamente sobre el eje central M de la línea. Básicamente, sin embargo, la curva de un componente  $x$  es siempre esencialmente simétrica en un punto al origen 0, 0, el componente  $y$  permanece en aproximadamente 0 debido a la simetría de la línea 2 y la celda detectora 1 se rasga al menos en paralelo al eje  $y$ , mientras que el componente  $z$  tiene una curva que es axialmente simétrica al punto cero.

5 [0030] Finalmente, un tiempo de decaimiento a la máxima amplitud para tres diámetros diferentes de cables se ha medido dentro del mismo campo. Ciertamente, la mejor y más fuerte respuesta proviene del cable que tiene el diámetro más grande. Sin embargo, a lo largo de las mediciones se encontró que se puede utilizar una señal de respuesta hasta 10 ms después de la conmutación de la señal primaria. Un retardo de tiempo  $\Delta t$  en un intervalo de 400 a 550  $\mu s$  cortando con medios de conmutación apropiados el análisis de los datos derivados de una medición respectiva aún brinda la oportunidad de recibir un resultado fuerte y confiable para medir un espesor  $\Delta$  de un recubrimiento sobre la línea 2 bajo examen.

10 **Lista de números de referencia**

[0031]

- 15 1 dispositivo/celda detectora
- 2 línea
- 3, 3', 3'' bobina de excitación/transmisión
- 4 bobina receptora
- 5 unidad receptora en forma de cubo
- 5' unidad receptora en forma de cubo en una configuración escalonada que todavía se considera una
- 20 configuración de plano xy
- B, B', B'' pulso de excitación electromagnética, pulso primario
- B<sub>r</sub> señal secundaria en respuesta a corrientes inducidas en un cuerpo eléctricamente conductor por un pulso primario B, B', B''
- 25 BO superficie del lecho marino
- d altura de la de la celda 1 del detector sobre la superficie del lecho marino BO
- D distancia de la celda detectora 1 desde la línea 2
- M eje central de la línea 2
- v velocidad
- 30 WO superficie del agua
- x, y, z ejes de un sistema de coordenadas cartesianas
- $\Delta$  espesor de una cubierta sobre la línea 2

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Un método para medir una profundidad de enterramiento ( $\Delta$ ) de una línea (2) enterrada, en donde una celda detectora (1) transmite un pulso electromagnético ( $B$ ,  $B'$ ,  $B''$ ) como señal primaria y se recibe una señal secundaria ( $B_r$ ) y en base a ella, una distancia ( $D$ ) de la celda detectora (1) a partir de la línea (2) se calcula, y al mismo tiempo, se mide la altura ( $d$ ) de la celda detectora (1) sobre la superficie del suelo (BO), y con el fin de determinar el espesor ( $\Delta$ ) del recubrimiento, la diferencia se calcula entre la distancia ( $D$ ) y la altura ( $d$ ), **caracterizada porque** se utiliza más de una bobina de excitación o transmisión (3, 3', 3'') que se extiende en un plano xy de un sistema de coordenadas cartesianas, las bobinas de transmisión (3, 3', 3'') se colocan una al lado de la otra en un tramo que se extiende perpendicular a un eje central (M) de la línea (2) y se mueven sobre la línea (2) a lo largo de este eje central (M) siendo p en paralelo al eje y de dicho sistema de coordenadas cartesianas; las bobinas de transmisión (3, 3', 3'') transmiten impulsos electromagnéticos retardados en el tiempo ( $B$ ,  $B'$ ,  $B''$ ) como una señal primaria respectiva, y se utilizan bobinas receptoras (4), que están dispuestas de manera igualmente distribuida en el plano xy a través del conjunto de bobinas de transmisión (3, 3', 3''), donde dos bobinas receptoras (4) se combinan con dos ejes o ejes centrales que se extienden en los ejes x y z del sistema de coordenadas cartesianas respectivamente y dichas dos bobinas receptoras (4) se combinan como un par que se extienden ortogonalmente entre sí para formar una unidad receptora en forma de cubo (5); y todas las bobinas receptoras (4) miden señales secundarias ( $B_r$ ) en reacción a la transmisión de un pulso primario respectivo ( $B$ ,  $B'$ ,  $B''$ ) por las bobinas de transmisión (3, 3', 3'').
2. El método según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** las bobinas receptoras (4) miden las señales secundarias ( $B_r$ ) durante un cierto lapso de tiempo solo después de un lapso de tiempo fijo ( $\Delta t$ ) en relación con la transmisión de un pulso electromagnético ( $B$ ,  $B'$ ,  $B''$ ) por las bobinas de transmisión (3, 3', 3'').
3. El método de acuerdo con la reivindicación anterior, **caracterizado porque** se usa un retardo de tiempo ( $\Delta t$ ) en un intervalo de 400 hasta 550  $\mu s$  y preferiblemente de aproximadamente 498  $\mu s$ .
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la medición de las señales secundarias ( $B_r$ ) se realiza durante un período de tiempo de hasta aproximadamente 10 ms.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se utilizan bobinas receptoras (4) situadas uniformemente distribuidas, todas ellas situadas dentro del conjunto compuesto por las bobinas de transmisión (3, 3', 3'') o un plano paralelo a dicha matriz.
6. Un dispositivo para medir un espesor ( $\Delta$ ) de un recubrimiento de una línea (2), que incluye una celda detectora (1), que está incorporada para transmitir un pulso electromagnético como señal primaria y para recibir una señal secundaria ( $B_r$ ), y medios de evaluación para determinar una distancia ( $D$ ) de la celda detectora (1) de la línea (2); medios para determinar una altura ( $D$ ) de la celda detectora (1) por encima de la superficie del suelo (BO) y medios para determinar un espesor ( $\Delta$ ) del recubrimiento calculando la diferencia de la distancia ( $D$ ) de la celda detectora (1) desde la línea (2) y la altura ( $d$ ) de la celda detectora (1) sobre la superficie del suelo (BO), **caracterizada porque** el dispositivo comprende medios para transmitir la señal primaria y medios para medir la señal secundaria, en donde más de una bobina de excitación o transmisión (3, 3', 3'') que se extiende en un plano xy de un sistema de coordenadas cartesianas se proporciona como medio para transmitir la señal primaria, las bobinas de transmisión (3, 3', 3'') están dispuestas una al lado de la otra en un tramo que se extiende perpendicular a un eje central (M) de la línea (2) y son móviles a lo largo de este eje central (M) sobre la línea (2) que es paralela al eje y de dicho sistema de coordenadas cartesianas; las bobinas de transmisión (3, 3', 3'') están configuradas para transmitir pulsos electromagnéticos de forma retardada como una señal primaria ( $B$ ,  $B'$ ,  $B''$ ), y las bobinas receptoras (4) se proporcionan como medios para medir la señal secundaria y están dispuestas de manera igualmente distribuida en el plano xy a través del conjunto de bobinas de transmisión (3) donde las bobinas del receptor (4) se combinan como un par que se extienden ortogonalmente entre sí para formar una unidad receptora en forma de cubo (5) respectivamente que cada uno mide en el eje x y el eje z dentro de dicho sistema de coordenadas cartesianas; y todas las bobinas receptoras (4) están configuradas para medir señales secundarias respectivas ( $B_r$ ) en reacción a la transmisión de un pulso primario respectivo ( $B$ ,  $B'$ ,  $B''$ ) por las bobinas de transmisión (3, 3', 3'').
7. Dispositivo según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** un par de bobinas receptoras (4) de los diferentes ejes (x, z) se combinan como una unidad receptora (5), donde las unidades receptoras (5) están incorporadas en el interior de la matriz compuesta por las bobinas de transmisión (3, 3', 3'') o un plano paralelo a dicha matriz.
8. Dispositivo según una de las dos reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque las** unidades receptoras (5) están situadas en un plano xy paralelo al conjunto en un plano xy compuesto por las bobinas de transmisión (3, 3', 3'').

9. El dispositivo de acuerdo con una de las tres reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las bobinas de transmisión (3, 3', 3'') y unidades de recepción (5) están fijadas a un soporte en forma de ala compuesto de un material eléctricamente no conductor.

5 **10.** Dispositivo según una de las cuatro reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** cada bobina de transmisión (3, 3', 3'') está configurada como un rectángulo con longitudes de borde de aproximadamente 1,5 m \* aproximadamente 1,41 m con un devanado en un valor nominal de aproximadamente 170 A.

10 **11.** Dispositivo según una de las cinco reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las bobinas de transmisión (3, 3', 3'') están dispuestas en línea formando una barra.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

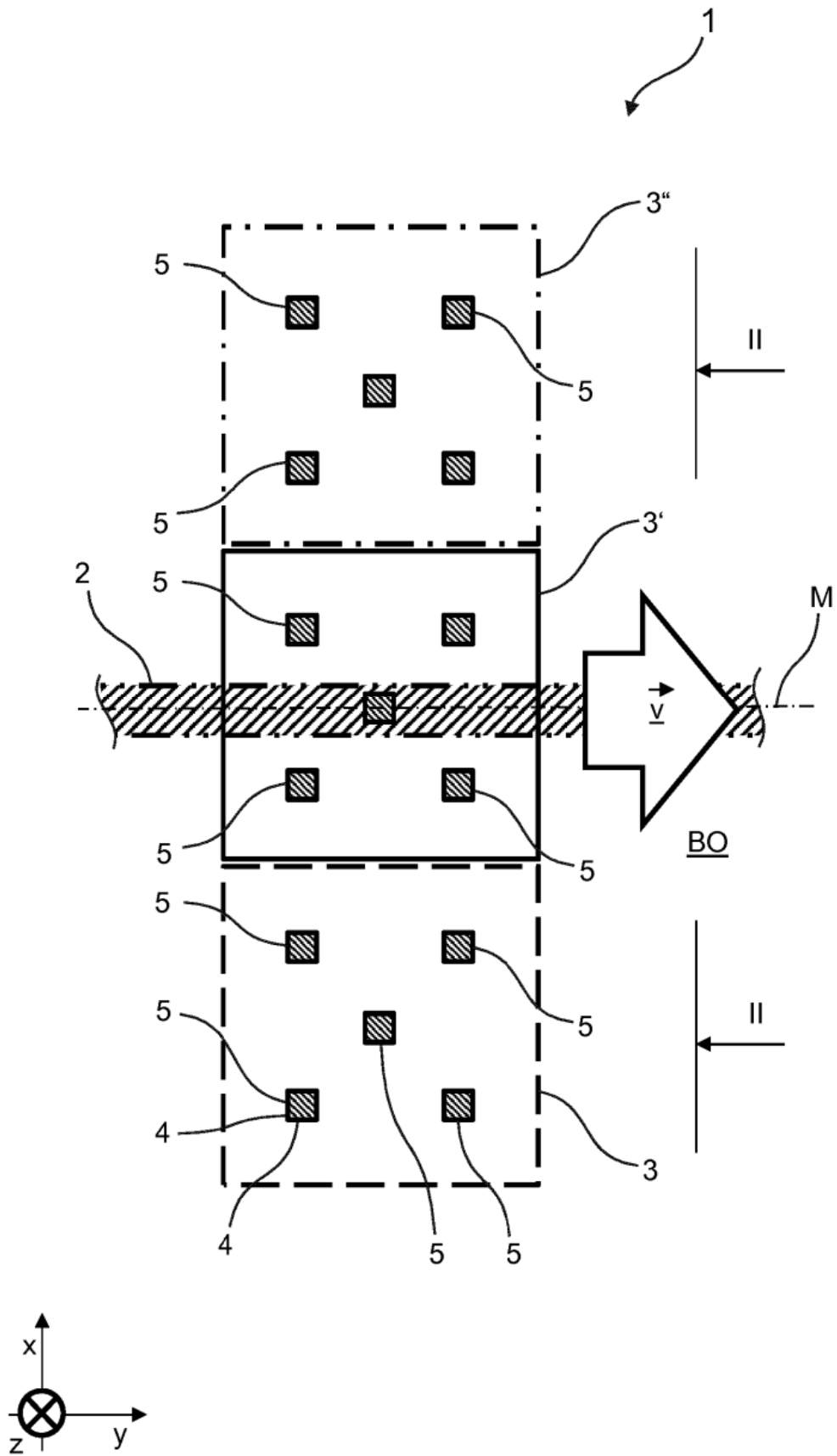


Fig. 2a

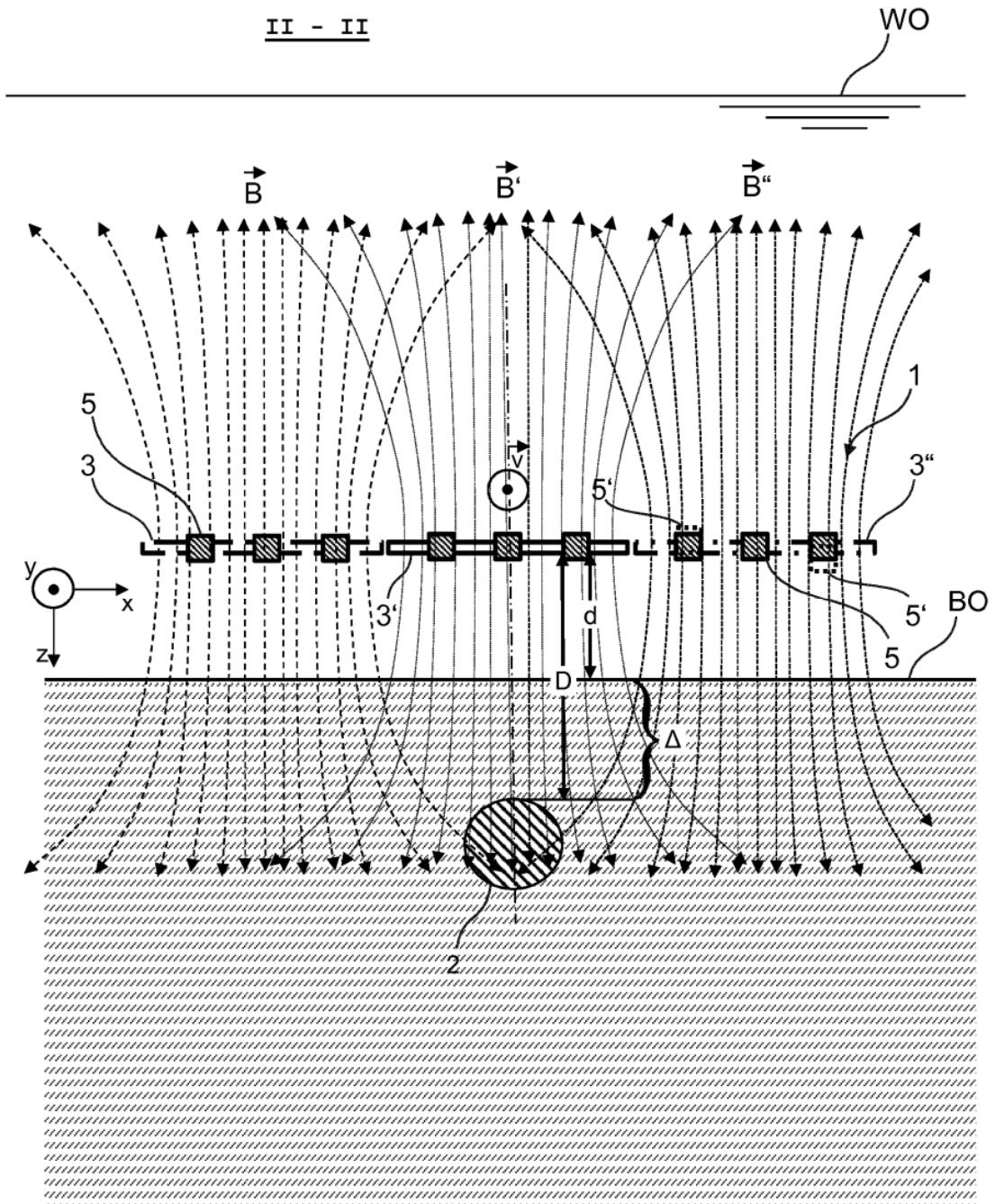


Fig. 2b

