

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 844**

51 Int. Cl.:

G01R 33/022 (2006.01)

G01R 33/04 (2006.01)

G01V 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2009** **E 09013425 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2012** **EP 2315044**

54 Título: **Sonda de magnetómetro diferencial**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.02.2013

73 Titular/es:

EBINGER, KLAUS (100.0%)
Hansestraße 13
51149 Köln

72 Inventor/es:

EBINGER, KLAUS

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 395 844 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

Sonda de magnetómetro diferencial

- La invención se refiere a una sonda de magnetómetro diferencial con un primero y un segundo sensor de campo magnético, que están previstos uno a distancia del otro. Los sensores de campo magnético presentan respectivamente una banda de inductor y un inductor. Aquí, la banda de inductor del primer sensor de campo magnético y la banda de inductor del segundo sensor de campo magnético están dispuestas y fijadas en una banda de sujeción. Por la disposición en la banda de sujeción, las bandas de inductor están orientadas de forma coaxial. Además, la sonda de magnetómetro diferencial presenta un dispositivo para la evaluación de simetría para las señales del primero y del segundo sensor de campo magnético.
- Además, la invención se refiere a un procedimiento para la calibración de una sonda de magnetómetro diferencial, en el que una banda de sujeción queda sujeta en un dispositivo de sujeción amagnético sometándose las señales de un primer sensor de campo magnético y de un segundo sensor de campo magnético a una evaluación de simetría.
- Para resolver tareas de detección típicas en la tierra o en aguas, se han impuesto sondas de magnetómetro diferencial, que se denominan también magnetómetros de saturación, a modo de un medidor diferencial de la intensidad de campo.
- La base de una sonda de magnetómetro diferencial de este tipo está formada por dos inductores sensibles a campos magnéticos, que se denominan sensores de campo magnético. Éstos están dispuestos de forma coaxial con una distancia base predeterminada en un tubo de detección. Las sondas de magnetómetro se denominan también sondas diferenciales verticales. Con ellas pueden detectarse diferencias ferromagnéticas en el campo magnético terrestre. Gracias a estas interferencias es posible llegar a conclusiones respecto a objetos ferromagnéticos existentes.
- Los dos sensores de campo magnético pueden estar conectados de forma diferencial en una disposición de detección genérica, de modo que las señales de los sensores de campo magnético que indican la intensidad de campo del campo electromagnético de la tierra se compensan mutuamente. Un objeto ferromagnético que se encuentra cerca del magnetómetro provoca una interferencia en el campo magnético terrestre, o el campo propio del objeto ferromagnético se superpone al campo terrestre. Por una aproximación de la sonda de magnetómetro al objeto ferromagnético, así como por la distancia en el espacio entre los dos sensores de campo magnético se genera una señal diferencial respecto al importe y la dirección que puede emitirse de forma óptica y acústica.
- Las sondas de magnetómetro genéricas con muy sensibles. Deben resolver aproximadamente una 100.000^a parte de la intensidad total del campo terrestre. Gracias a ello son capaces de detectar intensidades de campo diferenciales del orden de los nanoteslas. Esto significa que los sensores de campo magnético deben trabajar con mucha precisión, para que se puedan determinar diferencias del orden de los nanoteslas entre las intensidades de campo medidas por dos sensores de campo magnético en la evaluación diferencial. Las sondas de magnetómetro diferencial pueden usarse, por lo tanto, para la detección de piezas ferromagnéticas que se encuentran a gran profundidad, como por ejemplo bombas. Un requisito esencial para conseguir una precisión de medición tan elevada es la llamada paralelización de los dos sensores de campo magnético.
- Los sensores de campo magnético usados en sondas de magnetómetro diferencial genéricas están compuestos habitualmente por una banda de inductor y varias bobinas, que están dispuestas alrededor de la banda de inductor. La banda de inductor está hecha preferiblemente de un material magnético suave, que presenta una elevada permeabilidad magnética. Alrededor de esta banda de inductor están dispuestas las bobinas, estando previstas en la mayoría de los casos una bobina primaria y una secundaria. La banda de inductor es magnetizada por la bobina primaria mediante un campo magnético alterno hasta su saturación. Esto se llama también magnetización completa.
- Debido a unos efectos de histéresis en las bandas de inductor se generan ondas armónicas, cuando actúa un campo magnético exterior, en el caso de una sonda de magnetómetro diferencial, el campo magnético terrestre, sobre los sensores de campo magnético. Estas ondas armónicas son analizadas con ayuda de la bobina secundaria. De este modo es posible obtener informaciones muy exactas acerca del campo magnético externo.
- No obstante, son muy estrictos los requisitos respecto a la paralelización de las bandas de inductor. Por lo tanto, se introdujo la llamada técnica de bandas de sujeción. Esta está descrita, por ejemplo, en el documento DE 29 42 847. Aquí, las bandas de sujeción se fijan sobre o en un alambre amagnético. Este alambre propiamente dicho está sujeto. Gracias al uso de esta técnica de banda de sujeción pudo mejorarse la constancia de larga duración de las sondas de magnetómetro diferencial, puesto que pudo renunciarse a una paralelización mecánica costosa de la posición de las bandas de inductor.

Las sondas de magnetómetro diferencial basadas en esto usan sustancialmente dos transformadores de excitación cilíndricos, que están fijados de forma exactamente alineada con el soporte de la sonda, que puede estar realizado en forma de tubo o de bandeja. Los transformadores de excitación presentan respectivamente un orificio cilíndrico, por el que la banda de sujeción pasa sin contacto. En la banda de sujeción están fijadas bandas de sujeción, que están previstas en la zona de los orificios de los transformadores de excitación. El caso ideal es que no se produzca ningún contacto entre las bandas de inductor y los transformadores de excitación. Esto requiere una alta precisión en el posicionamiento de las bandas de inductor, puesto que un desajuste de la posición de la banda en el campo de excitación conduce a asimetrías eléctricas y, por lo tanto, a diferencias en los campo magnéticos detectadas erróneamente. A modo estándar, éstas no deberían presentarse en el magnetómetro diferencial, puesto que gracias a la presencia de diferencias de los campos magnéticos se reconocen los objetos a detectar.

Las sondas de magnetómetro diferencial genéricas de este tipo se conocen, por ejemplo, por los documentos DE 20 2005 009 419 U1 o US 3,487,459. En estas sondas se hacen grandes esfuerzos para conseguir una orientación paralela de las bandas de inductor y de las bobinas primarias y secundarias de los sensores de campo magnético, por lo que es necesaria una realización mecánica compleja.

Una mejora de los sensores de campo magnético ya se conoce por la patente europea 09 45 736 B1. Allí está descrito que es posible renunciar a bobinas secundarias y realizar los sensores de campo magnético sólo con una bobina, que puede usarse como bobina de excitación y al mismo tiempo como bobina sensora.

Por el documento DE 42 32 466 A1 se conoce una sonda de magnetómetro con dos inductores magnéticos, que están dispuestos sustancialmente de forma coaxial respecto a la carcasa de la sonda. Para conseguir una orientación paralela efectiva de los dos inductores, al menos un inductor está alojado de forma giratoria alrededor de un eje de giro dispuesto en la dirección transversal respecto al eje de la carcasa de la sonda.

En el documento DE 20 2005 020 193 U1 está descrito un generador de calibración, en el que se genera mediante bobinas de calibración un campo magnético definido en la zona directamente adyacente al sensor de campo magnético, que es medido por los sensores de campo magnético a calibrar fijados en el tubo sensor. Las bobinas de calibración están dispuestas en llamadas cabezas de ajuste, que pueden desplazarse respecto a los sensores de campo magnético fijados en el tubo sensor cilíndrico. De este modo puede generarse una densidad de flujo magnético definida para la calibración en los dos sensores de campo magnético, que puede compensarse con los campos magnéticos medidos mediante los sensores de campo magnético.

La invención tiene el objetivo de crear una sonda de magnetómetro diferencial, que presente una estructura sencilla y una elevada precisión de detección, así como un procedimiento de calibración para una sonda de magnetómetro diferencial de este tipo.

El objetivo se consigue según la invención mediante una sonda de magnetómetro diferencial con las características de la reivindicación 1 así como mediante un procedimiento par la calibración de una sonda de magnetómetro diferencial con las características de la reivindicación 10.

En las reivindicaciones subordinadas, la descripción, así como en las figuras y la descripción de las figuras se indican otras realizaciones ventajosas.

Según la reivindicación 1, la sonda de magnetómetro diferencial según la invención presenta inductores, que presentan respectivamente un arrollamiento, en particular un arrollamiento único. Aquí, las bandas de inductor del sensor de campo magnético están envueltas por el arrollamiento del inductor correspondiente, estando fijados los inductores mediante la banda de inductor en la banda de sujeción.

Una idea base de la invención puede verse en construir los sensores de campo magnético usados a partir de una banda de inductor y sólo una sola bobina con un arrollamiento. Este arrollamiento se llama también arrollamiento único. Debido a la estructura de los inductores con un solo arrollamiento, la fabricación de los mismos es más sencilla y los mismos son considerablemente más ligeros que los inductores de sensores de campo magnético conocidos. Por lo tanto, es posible fijar los inductores en la banda de inductor y no en el soporte de la sonda, como en las sondas de magnetómetro diferencial genéricas. De este modo, los inductores pueden envolver las bandas de inductor directamente, sin espacio intermedio.

Otro aspecto esencial de la invención es que la banda de sujeción forma una unidad con las dos bandas de sujeción y los inductores correspondientes. Ésta también puede denominarse unidad electromagnética. Puesto que los inductores están fijados en las bandas de inductor, se consigue una mejor constancia de larga duración del ajuste de los dos sensores de campo magnético formados por las bandas de inductor y los inductores.

Otra ventaja para el funcionamiento de una sonda de magnetómetro diferencial resulta porque las bandas de inductor son envueltas por el inductor correspondiente.

De este modo puede realizarse un acoplamiento directo, puesto que el arrollamiento del inductor envuelve la banda de inductor directamente. De este modo se evita un espacio de aire amortiguador entre el inductor y la banda de inductor. Así es posible conseguir más fácilmente una magnetización completa de las bandas de inductor que en los sistemas de sondas conocidos. Por consiguiente, la sonda de magnetómetro diferencial según la invención puede funcionar con una corriente de excitación más baja, puesto que no debe superarse una distancia grande entre las bandas de inductor y los inductores.

Otra idea independiente de la invención es que la banda de sujeción realiza con los sensores de campo magnético fijados casi una unidad sensora completa. Sólo es necesario sujetar la banda de sujeción y conectar los sensores de campo magnético con una evaluación correspondiente. De este modo es sumamente sencillo calibrar la sonda de magnetómetro diferencial, puesto que la calibración puede realizarse de forma separada para la banda de sujeción. La banda de sujeción con los sensores de magnetómetro se introduce después de una calibración realizada con éxito en un soporte de sonda para una sonda de magnetómetro diferencial.

Es preferible que esté prevista respectivamente una unión mecánica directa entre el inductor y la banda de inductor correspondiente. Gracias a ello, el inductor está fijado en la banda de inductor y forma, por lo tanto, una unidad con la banda de inductor. En los sensores de campo magnético del estado de la técnica, la banda de inductor estaba sujeta en la banda de sujeción y los inductores de los sensores de campo magnético estaban dispuestos de tal modo alrededor de la banda de inductor que ésta pasó por los mismos sin contacto.

Gracias a esta construcción convencional, se conocen de la literatura técnica modulaciones por choque mediante cargas por choques externos en la sonda, puesto que la banda de sujeción sujeta podía oscilar como una cuerda con el inductor. Estas modulaciones por choque no son intencionadas, puesto que influyen de forma negativa en la alta precisión requerida de las sondas de magnetómetro diferencial. Gracias a la unión mecánica directa entre el inductor y la banda de inductor en relación con un sensor de campo magnético, que presenta una masa sumamente reducida, pueden evitarse en gran medida las modulaciones por choque de este tipo. Por lo tanto, pueden fabricarse sensores de campo magnético que presentan inductores extremadamente ligeros, que tienen sólo un arrollamiento, denominado también arrollamiento único.

En una forma de realización preferible, el dispositivo para la evaluación de simetría está realizado como dispositivo para la evaluación diferencial. Aquí puede determinarse la diferencia entre las señales generadas en los sensores de campo magnético correspondientes, por ejemplo ondas armónicas, pudiendo tenerse en cuenta adicionalmente una fase distinta. La indicación del resultado puede realizarse, por ejemplo, con una indicación analógica, que indica en caso de simetría el punto cero, es decir, el ajuste de las dos señales.

Es ventajoso que el arrollamiento de los inductores presente respectivamente dos conexiones y que una conexión del arrollamiento del inductor del primer sensor de campo magnético esté conectada con una conexión del arrollamiento del inductor del segundo sensor de campo magnético. Además, es preferible que el dispositivo para la evaluación de simetría de las señales de los sensores de campo magnético esté conectado con la conexión común de los arrollamientos y las otras dos conexiones de los arrollamientos para la evaluación de las señales. Una conexión de este tipo del dispositivo para la evaluación de simetría está basada en que se ha detectado que para el análisis de las ondas armónicas que se forman no son necesarias bobinas separadas pudiendo usarse, por lo contrario, las bobinas de excitación adicionalmente para ello. De este modo sólo es necesario poner a disposición tres conexiones para la conexión de los inductores con una evaluación dispuesta a continuación.

La banda de sujeción está prevista preferiblemente con los dos sensores de campo magnético fijados en la misma en un soporte de sonda. Este soporte de sonda puede estar realizado de forma tubular, estando previsto en particular sólo un único soporte de sonda. En este soporte de sonda tubular está fijada la banda de sujeción. En la sonda de magnetómetro diferencial según la invención puede renunciarse al segundo tubo protector usado en el estado de la técnica, puesto que los sensores de campo magnético, es decir en particular los inductores, así como las bandas de inductor, están conectados directamente con la banda de sujeción. De este modo los inductores no pueden desplazarse o sólo pueden desplazarse muy poco respecto a las bandas de inductor en caso de acciones desde el exterior, como choques en la sonda. El soporte de sonda, que no tiene que estar realizado forzosamente de forma tubular, puede estar hecho de un tubo de plástico altamente resistente en técnica de plásticos reforzados con fibras de vidrio o con fibras de carbono (PRFV o PRFC). El soporte de sonda también puede ser denominado una carcasa de la sonda de magnetómetro diferencial.

Además, puede estar previsto un dispositivo para la paralelización magnética de los dos sensores de campo magnético entre sí. Un dispositivo de este tipo permite exigir requisitos menos estrictos en la construcción de una sonda de magnetómetro diferencial, en particular respecto a su calibración, pudiendo arreglarse sin grandes costes un desajuste que se produzca eventualmente posteriormente.

El dispositivo para la paralelización magnética está realizado preferiblemente como dispositivo de calibración fina y presenta una banda de inductor de calibración. No obstante, no es siempre necesario un dispositivo de calibración

fina para la sonda de magnetómetro diferencial, sino que sólo se necesita en relación con detectores de bombas sumamente sensibles, que deben detectar, por ejemplo, objetos a una gran profundidad. Para los simples detectores magnéticos y detectores de hierro no es imprescindible un dispositivo de calibración fina.

El dispositivo de calibración fina presenta una banda de inductor de calibración, que puede presentar una estructura similar que las bandas de inductor de los sensores de campo magnético. La banda de inductor de calibración se fija preferiblemente en la zona de una banda de inductor de un sensor de campo magnético. Durante el funcionamiento de los sensores de campo magnético se genera mediante la banda de inductor de calibración un vector magnético adicional cerca del inductor, que compensa, por así decirlo, el vector magnético perturbador, que puede generarse por una paralelización insuficiente entre los dos sensores de campo magnético.

Para una orientación exacta del dispositivo de calibración fina se ha mostrado que es ventajoso que el mismo esté dispuesto de forma giratoria alrededor del eje longitudinal del soporte de sonda. Además, el dispositivo de calibración fina puede estar previsto de forma desplazable, en particular de forma desplazable en la dirección longitudinal, en el soporte de sonda. El dispositivo de calibración fina puede estar realizado como manguito que se coloca por deslizamiento en el soporte de sonda y que se fija con un dispositivo de fijación preferiblemente amagnético, hecho en el caso ideal de plástico, en el soporte de sonda. La realización del dispositivo de calibración fina como manguito permite una realización sumamente sencilla, que a pesar de ello puede ajustarse fácilmente.

La banda de inductor de calibración está prevista preferiblemente en un ángulo de aproximadamente 35° a 45°, en particular 40° respecto a la banda de sujeción del dispositivo de calibración fina. Se ha mostrado que con una orientación de la banda de inductor de calibración en un ángulo de este tipo respecto a la banda de sujeción puede conseguirse una cuasi-paralelización efectiva entre los sensores de campo magnético.

Además, la invención se refiere a un procedimiento para la calibración de una sonda de magnetómetro diferencial, en el que se sujeta una banda de sujeción en un dispositivo de sujeción amagnético y en el que las señales de un primer sensor de campo magnético y de un segundo sensor de campo magnético se someten a una evaluación de simetría. Además, está previsto que los inductores de los sensores de campo magnético se desplazan en la zona de bandas de inductor correspondientes en la dirección longitudinal de la banda de sujeción y que los inductores de los sensores de campo magnético estén fijados en las bandas de inductor cuando la evaluación indica una simetría de las señales.

Por lo tanto, se introduce y ajusta la banda de sujeción de una sonda de banda de sujeción, que también puede denominarse sonda de magnetómetro diferencial, en un dispositivo de sujeción y comprobación externo. El ajuste se realiza porque los inductores, que también pueden denominarse arrollamientos de inductor, se desplazan en las bandas de sujeción. Durante este proceso se evalúan las señales de los inductores. Los inductores sólo se fijan cuando los sensores de la evaluación hayan indicado que existe una simetría de las señales de los dos inductores.

En el procedimiento según la invención es ventajoso que, a diferencia de las sondas de magnetómetro diferencial conocidas, sólo la banda de sujeción debe someterse a un ajuste y una calibración. Después de haberse fijado los inductores en las bandas de inductor y, por lo tanto, en la banda de sujeción, la banda de sujeción puede ser destensada y montarse en otra sonda de magnetómetro diferencial o llevarse a otro dispositivo.

Es preferible conectar una conexión de un arrollamiento del inductor del primer sensor de campo magnético y una conexión de un arrollamiento del inductor del segundo sensor de campo magnético y conectar las conexiones interconectadas y respectivamente otra conexión de cada arrollamiento con la evaluación de simetría. La evaluación de simetría puede evaluar a continuación las ondas armónicas que se generan en los arrollamientos. Además, en comparación con la estructura y el uso de los sensores de campo magnético con un arrollamiento primario y secundario para la excitación y la recepción separada de las ondas armónicas deben conectarse sólo tres conexiones con el dispositivo para la evaluación de simetría, por lo que se reducen los costes para la conexión pudiendo realizarse por lo tanto más rápidamente una calibración de una banda de sujeción.

La evaluación de simetría de las señales se realiza preferiblemente como evaluación diferencial. En principio, también es posible realizar una evaluación de simetría de otra manera, aunque la evaluación diferencial ofrece en particular la ventaja de poder realizarse de forma relativamente sencilla y, por lo tanto, de ser robusta.

Para la evaluación de simetría de las señales se usa en una forma de realización preferible un puente de corriente alterna con indicación selectiva de fase. Aquí, se representa el estado de simetría mediante una indicación cero de la indicación selectiva de fase.

En principio, con el procedimiento descrito puede conseguirse una precisión muy elevada de la paralelización entre los dos sensores de campo magnético. No obstante, para conseguir una precisión aún más elevada sin aumentar de forma desproporcionada los costes de calibración, es preferible usar para una calibración fina un manguito de calibración con una banda de inductor de calibración, que se posiciona en la zona de la carcasa de la sonda de magnetómetro diferencial. Aquí, la banda de inductor de calibración puede estar prevista en un ángulo de

aproximadamente 35° a 45°, en particular de 40°, respecto a la banda de sujeción.

El manguito de calibración puede desplazarse en la carcasa de la sonda de magnetómetro diferencial y/o puede guiarse respecto al eje longitudinal de la carcasa hasta alcanzarse una simetría de las señales de los sensores de campo magnético. La banda de inductor de calibración genera en relación con un campo magnético externo, como por ejemplo el campo magnético terrestre, un vector equilibrador, que compensa un posicionamiento de los sensores de campo magnético que se desvíe un poco de una paralelización exacta. Gracias al manguito de calibración se genera, por así decirlo, otro vector magnético, que se opone a la parte del vector de un sensor de campo magnético que indica la no paralelización.

A continuación, la invención se explicará más detalladamente con ayuda de ejemplos de realización y dibujos esquemáticos. En estos dibujos muestran:

La Figura 1 una estructura simplificada de una banda de sujeción de una sonda de magnetómetro diferencial según la invención; y

la Figura 2 una sonda de magnetómetro diferencial según la invención con manguito de calibración.

En la Figura 1 está representada una estructura fuertemente simplificada de una banda de sujeción 4 para una sonda de magnetómetro diferencial 1 según la invención. En la banda de sujeción 4 están fijadas dos bandas de sujeción 13 y 23, no siendo visible la banda de inductor 13. La banda de inductor 23 forma junto con un inductor 22 un sensor de campo magnético 21. De la misma forma, la banda de inductor 13 no representada forma junto con un inductor 12 un sensor de campo magnético 11. Los inductores 12, 22 de los sensores de campo magnético 11, 21 están realizados respectivamente a partir de una bobina. Esta bobina también puede denominarse arrollamiento. El inductor 12 presenta dos conexiones 14 y 15. El inductor 22 tiene una estructura análoga al inductor 12 y presenta también dos conexiones 24 y 25. Las dos conexiones 14 y 24 están interconectadas formando una conexión 32 común.

En la Figura 1 está sujeta la banda de sujeción 4 en un dispositivo de sujeción y comprobación externo, para posicionar exactamente los inductores 12, 22 y las bandas de inductor 13, 23. Aquí, se orientan en primer lugar las bandas de inductor 13, 23 en la banda de sujeción, en el caso ideal, de forma coaxial. A continuación, los inductores 12, 22 se desplazan a lo largo de las bandas de inductor 13, 23 fijadas en la banda de sujeción 4. Las salidas de arrollamiento 15, 32 y 25 de los inductores 12, 22 se conectan con un aparato de comprobación (no representado) Aquí, el aparato de comprobación realiza en los inductores 12 y 22 una evaluación diferencial de las señales, en particular de las ondas armónicas que se han generado. El aparato de comprobación asume aquí la función de la electrónica de magnetómetro diferencial. Esto significa que está preparado para indicar la diferencia de las señales de los dos sensores de campo magnético. Sólo el inductor 22 se desplaza a lo largo de la banda de inductor 23 hasta que la indicación diferencial del aparato de comprobación indique cero. Esto significa que los dos sensores de campo magnético 11 y 21 emiten la misma señal. La conclusión a la que se puede llegar es que estos inductores 12, 22 están orientados con una precisión suficientemente exacta respecto a las bandas de inductor 13, 23. Cuando los dos sensores de campo magnético 11, 21 emiten la misma señal o señales que se extinguen mutuamente del campo magnético terrestre, los inductores 12, 22 se fijan en las bandas de inductor 13, 23.

Esta evaluación de las señales de los sensores de campo magnético 11, 21 funciona en principio como un puente de corriente alterna con indicación selectiva de fase. Para tener en cuenta sólo la influencia del campo magnético terrestre, el proceso de calibración, que puede denominarse también proceso de ajuste o de ajuste previo, se realiza alejado de cualquier sustancia de hierro. Una simetría sustancialmente existente de las dos señales de los sensores de campo magnético 11, 21 es necesaria para reducir el llamado efecto de inestabilidad horizontal en el funcionamiento en el campo magnético terrestre.

En la Figura 2 está representada una sonda de magnetómetro diferencial 1 según la invención. Aquí, el interior de la sonda de magnetómetro diferencial 1 se muestra con líneas de trazo interrumpido. En el interior de la sonda de magnetómetro diferencial 1 se encuentra una banda de sujeción 4. En la banda de sujeción 4 están fijados dos sensores de campo magnético 11 y 21. La banda de sujeción 4 está hecha preferiblemente de una aleación de metal amagnético altamente resistente de poca conductividad eléctrica, para evitar pérdidas por corrientes parásitas en el campo de excitación. Como ya se ha explicado en relación con la Figura 1, los sensores de campo magnético 11 y 21 están compuestos por respectivamente un inductor 12, 22 y una banda de inductor 13, 23.

Las bandas de inductor 13, 23 están hechas de un material magnético suave con una elevada permeabilidad, que puede ser magnetizado por completo de forma relativamente fácil hasta la saturación en un campo alterno electromagnético. Las bandas de inductor 13, 23 son envueltas de forma exactamente alineada por los inductores 12, 22.

Los dos sensores de campo magnético 11 y 21 pueden estar conectados con una evaluación diferencial, como ya se ha mencionado en relación con la Figura 1. Los resultados de la evaluación diferencial pueden emitirse mediante

un dispositivo de indicación no representado de la sonda de magnetómetro diferencial 1 según la invención. Esto puede realizarse, por ejemplo, en forma de una indicación de tensión. De este modo se muestra claramente con el signo en qué zona de qué sensor de campo magnético 11, 21 se encuentra la anomalía del campo magnético terrestre. En la Figura 2 se ha renunciado a representar la unidad electrónica, que es necesaria para la evaluación de las señales de los sensores de campo magnético 11, 21. La unidad electrónica puede estar configurada muy pequeña con los medios actualmente disponibles, de modo que puede ser alojada de múltiples formas en la sonda de magnetómetro diferencial 1 o en el soporte de sonda 41.

Si la indicación visualiza una indicación en el estado de reposo de la sonda 1, es decir, en el estado en el que no se usa la sonda de magnetómetro diferencial 1, por ejemplo una tensión residual, existe un desajuste entre los sensores de campo magnético 11, 21. Esto significa, que éstos ya no están orientados exactamente uno en paralelo al otro. Un desajuste puede compensarse para determinadas tareas en las que sea necesaria una detección de alta precisión. Para ello, en un extremo de la sonda de magnetómetro diferencial 1 está previsto un manguito de calibración 51, que puede colocarse por deslizamiento en el soporte de sonda 41 de la sonda de magnetómetro diferencial 1. Este manguito de calibración 51 presenta una banda de inductor de calibración 52. La misma está prevista en un ángulo de aproximadamente 40° respecto a la banda de sujeción 4.

El manguito de calibración 51 puede desplazarse en la dirección longitudinal en el soporte de sonda 41 y puede girarse alrededor de la dirección longitudinal. De este modo es posible compensar mediante la banda de inductor de calibración 52, que está fijada en el manguito de calibración 51, una ligera no paralelización magnética entre los dos sensores de campo magnético 11, 21. No obstante, un ajuste fino de este tipo sólo es necesario para sondas de magnetómetro diferencial, que se usan como aparatos sensores altamente sensibles, por ejemplo para la detección de bombas, con una gran resolución correspondientemente requerida. Para detectores magnéticos y de hierro más sencillos, no es necesario. Dicho de otro modo, gracias a la banda de inductor de calibración 52 en el manguito de calibración 51 es posible ajustar de forma sencilla exactamente una paralelización magnética necesaria de los dos sensores de campo magnético 11, 21.

La sonda de magnetómetro diferencial según la invención está caracterizada por una estructura sencilla y una precisión de detección elevada, así como por una mayor estabilidad de larga duración. Gracias al procedimiento de calibración según la invención para una sonda de banda de sujeción, por ejemplo una sonda de magnetómetro diferencial, la banda de sujeción puede calibrarse por separado, por lo que se simplifica la estructura de una sonda de magnetómetro diferencial.

REIVINDICACIONES

- 1.- Sonda de magnetómetro diferencial, con un primero (11) y un segundo sensor de campo magnético (21), que están previstos a distancia uno del otro y que presentan respectivamente una banda de inductor (13, 23) y un inductor (12, 22), estando dispuestas las bandas de inductor (13, 23) del primero (11) y del segundo sensor de campo magnético (21) en una banda de sujeción (4) y orientadas de forma coaxial y con un dispositivo para la evaluación de simetría para las señales del primero (11) y del segundo sensor de campo magnético (21), **caracterizada porque** los inductores (12, 22) presentan respectivamente un arrollamiento, en particular un arrollamiento único, **porque** las bandas de inductor (13, 23) de cada sensor de campo magnético (11, 21) están envueltas por el arrollamiento del inductor (12, 22) correspondiente y **porque** los inductores (12, 22) están fijados respectivamente mediante las bandas de inductor (13, 23) en la banda de sujeción (4).
- 2.- Sonda de magnetómetro diferencial según la reivindicación 1, **caracterizada porque** está prevista respectivamente una unión mecánica directa entre el inductor (12, 22) y la banda de inductor (13, 23).
- 3.- Sonda de magnetómetro diferencial según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada porque** el dispositivo para la evaluación de simetría está realizado como dispositivo para la evaluación diferencial.
- 4.- Sonda de magnetómetro diferencial según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** el arrollamiento de los inductores (12, 22) presenta respectivamente dos conexiones (14, 15, 24, 25), **porque** una conexión (14) de los arrollamientos del inductor (12) del primer sensor de campo magnético (11) está interconectada con una conexión (24) del arrollamiento del inductor (22) del segundo sensor de campo magnético (21) y **porque** el dispositivo para la evaluación de simetría de las señales de los sensores de campo magnético (11, 21) está conectado con la conexión (32) común de los arrollamientos y las otras dos conexiones (15, 25) de los arrollamientos para la evaluación de las señales.
- 5.- Sonda de magnetómetro diferencial según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** está previsto un soporte de sonda (41) tubular, en particular un único soporte de sonda tubular, y **porque** en el soporte de sonda (41) tubular está fijada la banda de sujeción (4).
- 6.- Sonda de magnetómetro diferencial según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque** está previsto un dispositivo para la paralelización magnética entre los dos sensores de campo magnético (11, 21).
- 7.- Sonda de magnetómetro diferencial según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada porque** el dispositivo para la paralelización magnética está realizado como dispositivo de calibración fina (51) y **porque** el dispositivo para la calibración fina (51) presenta una banda de inductor de calibración (52).
- 8.- Sonda de magnetómetro diferencial según una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizada porque** el dispositivo de calibración fina (51) está dispuesto de forma giratoria alrededor del eje longitudinal del soporte de sonda (41) en el soporte de sonda (41) y está previsto de forma desplazable en el soporte de sonda (41).
- 9.- Sonda de magnetómetro diferencial según una de las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizada porque** la banda de inductor de calibración (52) está prevista en un ángulo respecto a la dirección longitudinal de la banda de sujeción (4) en el dispositivo de calibración fina (51).
- 10.- Procedimiento para la calibración de una sonda de magnetómetro diferencial, en particular de una sonda de magnetómetro diferencial (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que se sujeta una banda de sujeción (4) en un dispositivo de sujeción amagnético, en el que las señales de un primer sensor de campo magnético (11) y de un segundo sensor de campo magnético (21) se someten a una evaluación de simetría, **caracterizado porque** los inductores (12, 22) de los sensores de campo magnético (11, 21) se desplazan en la zona de bandas de inductor (13, 23) correspondientes dispuestas en una banda de sujeción (4) en la dirección longitudinal y **porque** los inductores (12, 22) de los sensores de campo magnético (11, 21) se fijan en las bandas de inductor (13, 23) cuando la evaluación indica una simetría de las señales.
- 11.- Procedimiento para la calibración de una sonda de magnetómetro diferencial según la reivindicación 10, **caracterizado porque** se interconectan una conexión (14) de un arrollamiento del inductor (12) del primer sensor de campo magnético (11) y una conexión (24) de un arrollamiento del inductor (22) del segundo sensor de campo magnético (21) y **porque** se conectan las conexiones (32) interconectadas y respectivamente otra conexión (15, 25) de cada arrollamiento con la evaluación de simetría.
- 12.- Procedimiento para la calibración de una sonda de magnetómetro diferencial según la reivindicación 10 u 11, **caracterizado porque** la evaluación de simetría de las señales se realiza como evaluación diferencial.
- 13.- Procedimiento para la calibración de una sonda de magnetómetro diferencial según una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado porque** para la evaluación de simetría de las señales se usa un puente de corriente alterna

con indicación selectiva de fase.

5 14.- Procedimiento para la calibración de una sonda de magnetómetro diferencial según una de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado porque** para una calibración fina se usa un manguito de calibración (51) con una banda de inductor de calibración (52), que se posiciona en la zona del soporte de sonda (41) de la sonda de magnetómetro diferencial, estando prevista la banda de inductor de calibración (52) en un ángulo respecto a la dirección longitudinal de la banda de sujeción (4).

10 15.- Procedimiento para la calibración de una sonda de magnetómetro diferencial según una de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizado porque** el manguito de calibración (51) se desplaza en el soporte de sonda (41) de la sonda de magnetómetro diferencial (1) y/o se gira respecto al eje longitudinal del soporte de sonda (41) hasta alcanzarse una simetría de las señales de los sensores de campo magnético (11, 21).



