

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 255**

51 Int. Cl.:

**G01N 27/90** (2006.01)

**G01V 3/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.07.2005 PCT/EP2005/053614**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.04.2006 WO06034900**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.07.2005 E 05767923 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017 EP 1797463**

54 Título: **Dispositivo para localizar objetos metálicos y procedimiento para calibrar un dispositivo de este tipo**

30 Prioridad:  
**29.09.2004 DE 102004047188**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.07.2017**

73 Titular/es:  
**ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)  
POSTFACH 30 02 20  
70442 STUTTGART, DE**

72 Inventor/es:  
**HAASE, BJOERN**

74 Agente/Representante:  
**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 626 255 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

Dispositivo para localizar objetos metálicos y procedimiento para calibrar un dispositivo de este tipo

La presente invención hace referencia a un dispositivo para localizar objetos metálicos, según el preámbulo de la reivindicación 1, y a un procedimiento para calibrar un dispositivo de este tipo.

## 5 Estado de la técnica

Los detectores para localizar objetos metálicos ocultos en materiales de construcción funcionan actualmente o general con procedimientos inductivos. A este respecto se aprovecha que los materiales tanto conductores como ferromagnéticos influyen en las características de una bobina electromagnética aplicada al entorno. Las variaciones de las características inductivas provocadas por los objetos metálicos se registran mediante un circuito receptor de un detector de este tipo. De esta manera pueden localizar por ejemplo objetos metálicos confinados en una pared, mediante una o varias bobinas guiadas sobre la pared.

Una dificultad técnica para la detección de objetivos metálicos consiste en que la reacción de los objetos a localizar sobre la bobina o las bobinas de la disposición de detectores tiene un valor muy pequeño. Esto afecta sobre todo a la influencia de objetos no ferromagnéticos, como por ejemplo uno que tiene relevancia técnica como es el cobre. Esto conduce a que la acción inductiva de las bobinas entre sí puede ser claramente mayor que la inducción en la bobina receptora, producida por un objeto confinado.

Los detectores que se basan en un procedimiento inductivo tienen por ello normalmente un desfase elevado, es decir, una señal elevada que puede medirse en la bobina receptora del detector, que se mide ya de facto sin la influencia de un objeto metálico externo mediante el circuito receptor del detector. Un desfase tan elevado hace difícil detectar variaciones inductivas muy pequeñas, que son causadas por un objeto metálico que se encuentre en las proximidades del detector. Del estado de técnica se conocen disposiciones de sensores para sensores o detectores inductivos, que hacen posible una compensación de la señal inducida por las propias bobinas.

La necesidad de detectar una variación muy pequeña de la inductividad sobre una señal de desfase muy grande, presupone además el uso de unos elementos constructivos con poca tolerancia y por ello más costosos y exige asimismo una electrónica analógica con poco ruido de fondo, que aumenta claramente los costes para un aparato de localización de este tipo. Unas tolerancias de montaje o fabricación incumplidas y una fluctuación de componentes individuales unos respecto a otros conducen de este modo, inevitablemente, a un falseamiento del resultado de medición de un dispositivo de este tipo.

Para solventar este problema de desfase se conocen en el estado de la técnica diferentes planteamientos, que tienen todos en común la finalidad de reducir la señal de sensor que se produce en presencia de objetos metálicos y, de esta manera, aumentar las variaciones de señal relativas.

Con frecuencia se elige para ello un planteamiento multiescalonado, en donde p.ej. en un primer paso se utiliza una disposición de bobinas de sensor, la cual es capaz de eliminar ya por completo o compensar el desfase de señal en un caso ideal. La calidad de compensación que puede conseguirse en la práctica, sin embargo, depende en muchos casos p.ej. de las tolerancias de fabricación, de tal manera que una eliminación completa del desfase de señal hace necesario a menudo un procedimiento adicional, en cierta medida para una compensación en fino.

Los procedimientos conocidos para compensar tolerancias de fabricación o montaje para sensores inductivos en una disposición de compensación se basan fundamentalmente en que las tensiones de error inducidas en el sistema de detector se compensan por medio de que, o bien se corrige la geometría del campo magnético de excitación mediante un proceso de calibración, o se genera una señal de tensión de corrección. Un ejemplo del procedimiento de compensación citado en primer lugar lo ofrece a este respecto el documento EP 1092989; un ejemplo del segundo procedimiento de compensación se obtiene mediante el documento US 5,729,143.

Del documento US 5,729,143 se conoce un detector, cuya finalidad consiste en suprimir lo más ampliamente posible el desfase antes mencionado de la señal de medición. Con este fin el detector del documento US 5,729,143 presenta una bobina emisora con un emisor y una bobina receptora con un receptor. La bobina emisora y la bobina receptora del detector están acopladas entre sí de tal manera, que se solapan en parte mutuamente. La bobina emisora se alimenta desde el emisor con una corriente alterna. Esta bobina emisora por la que fluye corriente excita mediante su acoplamiento inductivo a la bobina receptora, en la misma, un primer flujo parcial en la superficie de solape de ambas bobinas y un segundo flujo parcial en la restante superficie de la bobina receptora. La distancia entre los centros de la bobina emisora y de la bobina receptora puede elegirse a continuación de tal manera, que los dos flujos parciales, que tienen un signo contrario, se compensen mutuamente. Si es éste el caso, la bobina emisora por la que fluye corriente – si no existe ningún objeto metálico externo en las proximidades de la disposición de bobinas – no induce ninguna corriente en la bobina receptora, de tal manera que el receptor en este caso ideal

tampoco mediría ninguna señal de desfase. Sólo si la disposición de bobinas se lleva a las proximidades de un objeto metálico, se perturban las líneas de campo generadas por la bobina emisora, de tal manera que a continuación en la bobina receptora se excita un flujo que no desaparece, que genera una señal de medición en la bobina receptora, que no se ve influenciada por una señal de desfase y puede valorarse mediante el receptor.

5 A este respecto la distancia relativa entre los centros de la bobina emisora y la bobina receptora es un parámetro extremadamente crítico, de tal manera que la ausencia de una tensión inducida en la bobina receptora, que debe suponerse en un caso ideal, sólo puede obtenerse con un gran esfuerzo. Ha quedado demostrado que una compensación suficiente de los componentes de flujo no puede conseguirse en la práctica de una fabricación en serie.

10 Por este motivo el documento US 5,729,143 propone un circuito electrónico que consigue la compensación por vía electrónica a posteriori y, de este modo, hace también utilizable el sensor en la práctica. El procedimiento descrito en el documento US 5,729,143 funciona con monofrecuencia. En el lado de la excitación se genera un campo alterno magnético de una determinada frecuencia  $f$  y los componentes de tensión inducidos en las espiras de detector se valoran con selección de frecuencia, con unos filtros analógicos y digitales apropiados, precisamente a esta  
15 frecuencia  $f$ . La tensión  $U(f)$  a la frecuencia  $f$ , inducida mediante la deficiencia de compensación magnética del sistema de detector y excitador en las espiras de detector, posee una amplitud y una posición de fase dependientes de la temperatura, que además están sometidas a dispersiones unitarias adicionales. El procedimiento del documento US 5,729,143 se basa a continuación, análogamente a las tensiones inducidas en las espiras de detector, en añadir una tensión de corrección cuya amplitud y posición de fase a la frecuencia de trabajo  $f$  compense  
20 precisamente la tensión de error  $U(f)$ . Para ello un microprocesador genera a la frecuencia  $f$  una señal de corrección digital controlada en fase y amplitud. La amplitud y posición de fase necesarias para la compensación dependen a este respecto del desplazamiento de fase, que es provocada por los elementos constructivos de los circuitos en el ramal de excitador y detector. La señal de corrección necesaria está con ello, pero entre otras cosas también, sometida a una fluctuación de temperatura. Para poder compensar la tensión de error  $U(f)$  también en el caso de  
25 variaciones de la temperatura de trabajo, el microprocesador debe rastrear la posición de fase y la amplitud de la señal de corrección a través de la temperatura. Para ello es necesario normalmente que el usuario realice un recalibrado.

Un método alternativo para compensar una deficiencia de compensación magnética se conoce del documento EP 1092989 A1. En este método, en lugar de añadirse una tensión de corrección a la tensión de detección, que se  
30 induce en las espiras de detector, se trabaja con campos magnéticos de corrección. Para ello el sistema de la excitación de campo magnético no solo está formado por la primera bobina de excitador, sino que se añaden adicionalmente espiras de ajuste y unas llamadas espiras correctoras. La diferencia entre una espira de ajuste y una correctora consiste a este respecto en que las espiras correctoras están conectadas en serie con la bobina de excitador primaria y, de este modo, y por ellas fluye siempre la misma corriente, mientras que las llamadas espiras  
35 correctoras pueden alimentarse con una fracción ajustable de la corriente que fluye en las bobinas de corrección y de excitador. De esta manera puede conseguirse que ausencia de objetos metálicos en el entorno del sensor, en las bobinas de detector no se produzca ninguna tensión inducida. El procedimiento del documento EP 1092989 A1 depende a este respecto bastante menos de tolerancias de los elementos constructivos y de fluctuaciones en los circuitos de emisión y recepción. Además de esto la medición no está limitada a una frecuencia de trabajo  
40 seleccionada, ya que la compensación es en gran medida independiente de la frecuencia utilizada. La estructura del sensor conforme al documento EP 1092989 A1 se hace frente a esto, sin embargo, bastante más compleja. Mientras que el sensor del documento US 5,729,143 tiene suficiente con sólo una bobina en cada caso para el circuito de emisión y recepción, la estructura del documento EP 1022989 A1 necesita en la ruta del excitador diez bobinas y cuatro bobinas para la ruta del detector.

45 Del documento DE 101 22 741 A1 se conoce un detector para localizar objetos metálicos, que presenta una bobina receptora y una primera bobina emisora, que están acopladas entre sí inductivamente. Para que se produzca una señal de desfase lo más pequeña posible en el detector, existe una segunda bobina emisora, que también está acoplada inductivamente a la bobina receptora. La bobina receptora y las dos bobinas emisoras están dispuestas concéntricamente sobre un eje común, en donde las dos bobinas emisoras están dimensionadas de tal manera con  
50 respecto a sus números de espiras y/o a sus dimensiones, que se compensan mutuamente los flujos excitados por las dos bobinas emisoras en la bobina receptora.

Normalmente en los aparatos del estado de la técnica es necesario sin embargo un calibrado del sensor, antes de comenzar cada medición de localización, en el que se mide el desfase en ausencia de objetos metálicos externos y a continuación se valora la desviación respecto a ese valor de referencia como indicador de la presencia de objetos  
55 metálicos. Este proceso de calibración que consume tiempo contiene además un gran potencial de errores y daños en el caso de un manejo fallido por parte de un usuario.

Del documento GB 117 507 A se conoce un dispositivo para localizar objetos metálicos, como por ejemplo balas de fusil en cuerpos humanos o animales, que utiliza un procedimiento inductivo. En el dispositivo del documento GB 117 507 A están dispuestas en la cabeza del detector una bobina emisora y una bobina receptora. El sistema del

documento GB 117 507 A usa una cabeza de detector adaptada. Para ello el dispositivo posee unos medios de conmutación, que pueden variar el número de espiras de una bobina en el lado del receptor. Esto es necesario en el dispositivo del documento GB 117 507 A, en el caso de que se quiera emplear otra cabeza de detector, ya que entonces varían dado el caso las longitudes de línea en todo el sistema inductivo.

5 El documento US 5,065,099 A revela una disposición de grupos de bobinas para realizar una medición de perforación de sondeo altamente sensible, que presenta un gran número de bobinas emisoras y un gran número de bobinas receptoras. Mediante la variación de las separaciones entre bobinas pueden adaptarse sensibilidades de medición verticales y radiales del sistema. Para ello el dispositivo del documento US 5,065,099 A presenta además también unas bobinas deflectoras, para blindar las bobinas receptoras con respecto a las señales de las bobinas emisoras.

10 En la patente Abstracts of Japan, tomo 007, nº 035 (P 175) se describe un detector de metales muy sensible con dos bobinas emisoras y un gran número de bobinas receptoras, que mediante una múltiple división de frecuencia de las señales de medición utilizadas permite sacar conclusiones sobre el objeto de medición detectado y en particular también conclusiones sobre características del objeto de medición detectado, como por ejemplo la clase del metal del objeto de medición.

15 El objeto de la invención consiste, partiendo de los detectores del estado de la técnica, especificar un detector de la clase citada al comienzo, que genera una señal de desfase lo más pequeña posible, en donde un posicionamiento fallido de las bobinas tiene una influencia lo menor posible en el desfase.

20 Además de esto un objeto de la presente invención consiste en llevar a cabo un procedimiento para un detector de este tipo, que haga posible una compensación económica y lo más exacta posible de tolerancias de fabricación y montaje.

El objeto en el que se basa la invención es resuelto mediante un detector para localizar objetos metálicos con las características de la reivindicación 1, respectivamente mediante un procedimiento para hacer funcionar un detector de este tipo según la reivindicación 15.

25 Ventajas de la invención

El dispositivo conforme a la invención para localizar objetos metálicos presenta al menos una bobina emisora y al menos un sistema de espiras receptoras, que están acoplados entre sí inductivamente. La disposición conforme a la invención presenta además también unos medios de conmutación, que hacen posible variar el número de espiras efectivo del sistema de espiras receptoras.

30 En el dispositivo detector conforme a la invención, al contrario que el procedimiento del estado de la técnica, se modifica la geometría del sistema de espiras receptoras, por ejemplo de las bobinas receptoras, de tal manera que el flujo total magnético resultante desaparece a través de las espiras receptoras, en el caso de que no se localice ningún objeto a localizar en las proximidades del dispositivo.

35 El principio se basa en que las espiras receptoras originales se complementan con uno o varios bucles de conductor adicionales, respectivamente se reducen en los mismos. Para llevar a cabo esta variación del número de espiras de las espiras receptoras están previstos unos medios de conmutación adecuados, que en unos procesos de calibración correspondientes pueden conectar o desconectar módulos de compensación inductivos en forma de bucles de conductor o fracciones de estos bucles de conductor. En el caso de un diseño apropiado de los bucles de conductor de las espiras receptoras, es decir por ejemplo de un o varias bobinas receptoras, se inducen en estas partes de bucles de conductor unas tensiones que compensan precisamente las tensiones fallidas en el detector, que se producen por ejemplo a causa de unas tolerancias de fabricación incumplidas.

40 En comparación con procedimientos de calibración que trabajan en el lado del excitador del detector, la realización reivindicada en cuanto a técnica de conmutación en el lado de recepción es bastante más sencilla y económica, ya que por ejemplo pueden usarse unos medios de conmutación comparativamente de alto valor óhmico, debido a que en las bobinas receptoras en comparación con las bobinas de excitador sólo fluyen corrientes muy bajas.

45 El dispositivo conforme a la invención hace posible de forma ventajosa un procedimiento para calibrar un aparato de medición inductivo, en particular para hacer funcionar un aparato de localización, en el que la calibración de una tensión U inducida en las espiras receptoras se realiza mediante el acoplamiento de un sistema de espiras calibradoras a las espiras del sistema de espiras receptoras. El sistema de espiras calibradoras puede estar compuesto de forma ventajosa por uno o varios módulos de compensación con una longitud de espira prefijada.

50 De esta forma puede calibrarse un aparato de medición con el dispositivo conforme a la invención, por ejemplo en fábrica, después del montaje, de tal manera que es posible un funcionamiento optimizado.

Adicional o alternativamente a la calibración en fábrica, un procedimiento de calibración de este tipo puede llevarse a cabo también en un proceso de calibrado que se lleve a cabo regularmente, o también un usuario de un aparato de medición correspondiente lo inicia manualmente. Para ello un aparato de medición puede presentar de forma ventajosa un código de programa, que esté archivado en un medio de archivo correspondiente del aparato de medición, y que controle el procedimiento conforme a la invención.

De las características de las reivindicaciones dependientes se deducen unos perfeccionamientos ventajosos del detector indicado en la reivindicación 1 o del procedimiento de calibración conforme a la invención.

De forma ventajosa los módulos de compensación, es decir las longitudes de arco de las espiras de calibración o compensación que son portadoras de corriente y que se producen respectivamente entre puentes de conexión, están configurados de tal manera que, en la calibración conforme a la invención, puede conmutarse entre  $m$  diferentes configuraciones alternativas del contactado eléctrico. De este modo es posible compensar un desfase del sistema de detector, generado por ejemplo por un montaje fallido o unas tolerancias de fabricación incumplidas, en el que se interconectan diferentes combinaciones de conmutaciones, hasta que se obtiene una calibración óptima.

A este respecto el sistema de espiras calibradoras, en unas formas de realización ventajosas, se compone al menos de  $n$  módulos de compensación independientes  $KM_n$  respectivamente con  $m(n)$  diferentes configuraciones. En estas configuraciones se induce mediante una conmutación selectiva, por ejemplo paso a paso, entre las configuraciones individuales  $m$  de un módulo de compensación  $KM_n$ , una variación de tensión  $\Delta U_{n,m}$  en el ramal de recepción del sensor de compensación, que se usa para calibrar el sensor. La variación de tensión  $\Delta U_{n,m}$  en el ramal de recepción, que se obtiene a través del módulo de compensación  $KM_n$ , se diferencia con ello respectivamente en un factor fijo de la diferencia de tensión  $\Delta U_{n-1,m}$  del módulo de compensación  $KM_{n-1}$  con un número de orden  $n$  menor en uno. A este respecto es particularmente ventajoso un sistema con un factor 2, es decir, que para los módulos de compensación  $KM_n$  del sistema de espiras calibradoras se utiliza un código binario, de tal manera que se aplica la relación  $\Delta U = (U(n, 1) - U(n, 2)) = 2 \cdot (U(n-1, 1) - U(n-1, 2))$ . Una configuración especial de este tipo de las longitudes de espira de los módulos de compensación individuales conduce a un número optimizado, es decir mínimo, de los medios de conmutación necesarios.

De forma ventajosa los medios de conmutación para el sistema de espiras calibradoras, es decir los medios de conmutación para variar el número de espiras efectivo del sistema de espiras receptoras, están dispuestos entre las espiras de una primera bobina receptora y las espiras de al menos otra bobina receptora.

En una forma de realización especial del detector conforme a la invención, los medios de conmutación están realizados como puentes de soldadura entre espiras del sistema de espiras receptoras.

En unas formas de realización alternativas los medios de conmutación pueden estar dispuestos también de tal manera, que se obtengan puentes de conmutación entre espiras de bobina receptora con diferentes radios  $R_a$  o  $R_b$ .

En una forma de realización particularmente ventajosa del detector conforme a la invención, los medios de conmutación están realizados mediante elementos constructivos semiconductores, por ejemplo transistores, en particular por transistores de efectos de campo.

En una forma de realización ventajosa del detector conforme a la invención están dispuestas dos bobinas receptoras del sistema de espiras receptoras en un plano. A este respecto las bobinas pueden estar configuradas en particular en una geometría de devanado plana, monocapa, para reducir de forma sencilla y ventajosa la ocupación capacitiva de las dos bobinas receptoras.

Si se utiliza una geometría plana del sistema de espiras receptoras es posible en particular realizar el sistema de espiras receptoras, es decir por ejemplo dos bobinas receptoras, de forma ventajosa como bobinas impresas sobre la placa de circuito impreso de un circuito impreso, de tal manera que en este caso no se producen costes adicionales para la fabricación de las espiras receptoras.

Además de esto en esta conformación ventajosa puede realizarse también los medios de conmutación, que están configurados por ejemplo como elementos constructivos semiconductores, de forma correspondiente directamente como estructura correspondiente de la placa de circuito impreso. De este modo pueden estar previstos sobre la placa de circuito impreso varios transistores, en particular transistores de efecto de campo, los cuales llevan a cabo el contactado de las espiras de bobina de las dos bobinas receptoras. Mediante una conmutación de los conmutadores semiconductores individuales pueden conectarse o desconectarse de este modo módulos de compensación, de tal manera que varían los números de espiras efectivos del sistema de espiras receptoras. Los elementos conmutadores semiconductores se conmutan de forma que conducen o bloquean a través de unas señales de control correspondientes.

En una forma de realización ventajosa están dispuestas varias bobinas receptoras coaxialmente unas respecto a otras, por las que circula corriente en diferente sentido. La al menos una bobina emisora puede estar dispuesta a este respecto en un plano paralelo – al menos respecto a una bobina receptora – pero dislocado en altura.

5 De un modo ventajoso la al menos una bobina emisora puede aplicarse a un cuerpo de devanado, que está fijado a la placa de circuito impreso, sobre la que están configuradas las espiras receptoras. El cuerpo de devanado de la bobina emisora se usa con ello, en esta conformación ventajosa, como separador de la bobina emisora a través del plano de las espiras receptoras.

10 La conformación conforme a la invención de un dispositivo detector para localizar objetos metálicos, que hace posible la compensación de tolerancias de fabricación y montaje para el sensor inductivo, tiene la ventaja de trabajar con independencia de la frecuencia. Los bucles de conductor añadidos en la ruta de recepción a través de unos medios de conmutación adecuados pueden fabricarse de una forma muy económica, en particular si para ello se utilizan estructuras de conductor sobre una pletina. En comparación con procedimientos de calibración que trabajan en el lado del excitador, la realización en cuanto a técnica de conmutación en el lado de recepción es bastante más sencilla y económica, ya que por ejemplo pueden usarse unos medios de conmutación comparativamente de alto valor óhmico, debido a que en el sistema de espiras receptoras en comparación con las bobinas de excitador sólo fluyen unas corrientes muy bajas.

15 Además de esto la calibración descrita sobre la variación de los números de espiras efectivos del sistema de espiras receptoras, es decir, por ejemplo de las bobinas receptoras, prácticamente carece de una fluctuación de temperatura, ya que su funcionamiento sólo depende de la geometría del campo magnético. De este modo es posible una calibración a lo largo de un amplio margen de temperaturas, que depende poco de tolerancias de elementos constructivos y efectos de fluctuación.

20 El detector conforme a la invención hace posible ventajosamente una compensación de tolerancias de fabricación y montaje para sensores inductivos en una disposición de compensación, que fundamentalmente puede realizarse sin medidas de calibración manuales en la fabricación y de este modo económicamente.

25 Un dispositivo detector de este tipo puede usarse ventajosamente en un aparato de medición inductivo, por ejemplo un aparato de localización para detectar objetos metálicos en paredes, techos y suelos.

30 Además de esto un dispositivo detector de este tipo puede integrarse en o sobre una máquina herramienta, por ejemplo una taladradora, para hacer posible que el usuario de esta máquina realice un taladrado seguro. De este modo el sensor puede integrarse por ejemplo en una taladradora o cinceladora, o bien estar configurado como un módulo que puede unirse a una herramienta de este tipo. Como posible punto de instalación para el sensor conforme a la invención es también apropiado, de forma ventajosa, un dispositivo de aspiración para polvo, que está unido a la máquina herramienta, o que puede unirse a la misma, y que se utiliza según la función en las proximidades de una pared a mecanizar.

35 Se deducen ventajas adicionales del detector conforme a la invención de la siguiente descripción de un ejemplo de realización.

Dibujo

40 En el dibujo se ha representado un ejemplo de realización de un detector conforme a la invención, que se pretende explicar con más detalle en la siguiente descripción. Las figuras del dibujo, su descripción y las reivindicaciones basadas en el objeto, contienen numerosas características combinadas. Un técnico también tendrá en cuenta estas características individualmente y las reunirá en otras combinaciones apropiadas, que de este modo también deben considerarse reveladas en la descripción.

Aquí muestran:

la fig. 1 la estructura de principio de una geometría de sensor de un detector para localizar objetos metálicos según el estado de la técnica, en una exposición esquematizada,

45 la fig. 2 un primer ejemplo de realización de la disposición de bobinas del detector conforme a la invención, en una exposición en perspectiva simplificada,

la fig. 3 una vista sobre las bobinas receptoras del detector con medios de conmutación correspondientes, en una exposición esquematizada simplificada,

50 la fig. 4 una vista sobre una forma de realización alternativa de las bobinas receptoras con medios de conmutación correspondientes, en una exposición esquematizada simplificada.

Descripción de los ejemplos de realización

La fig. 1 muestra la estructura de principio de un sensor de compensación inductivo para localizar objetos metálicos según el estado de la técnica. Un detector de este tipo presenta en su geometría de sensor 10 tres bobinas. Una primera bobina emisora 12 que está conectada a un primer emisor S1, una segunda bobina emisora 14 que está conectada a un segundo emisor S2 y una bobina receptora 16, que está conectada a un receptor E. Cada bobina está representada aquí como línea circular. La particularidad de la disposición de estas tres bobinas 12, 14, 16 consiste en que todas ellas están dispuestas concéntricamente respecto a un eje común 18. A este respecto las bobinas individuales 12, 14, 16 tienen diferentes dimensiones exteriores, de tal manera que la bobina 12 puede insertarse en la bobina 14 coaxialmente al eje 18.

Las dos bobinas emisoras 12 y 14 se alimentan desde sus emisores S1 y S2 con corrientes alternas de fase contrapuesta. De este modo la primera bobina emisora 12 induce en la bobina receptora 16 un flujo, que está dirigido en contraposición al flujo inducido por la segunda bobina emisora 14 en la bobina receptora 16. Los dos flujos inducidos en la bobina receptora 16 se compensan mutuamente, de tal manera que el receptor E no detecta ninguna señal de recepción en la bobina receptora 16, en el que caso de que no se encuentre ningún objeto metálico externo en las proximidades de la disposición de bobinas 10. El flujo  $\phi$  excitado por las bobinas emisoras 12 ó 14 individuales en la bobina receptora 16 depende de diferentes magnitudes, como por ejemplo del número de espiras, de la geometría de las bobinas 12 ó 14, de las amplitudes de las corrientes alimentadas a las dos bobinas emisoras 12 ó 14 y de la posición de fase mutua de estas corrientes.

Estas magnitudes deben optimizarse en los detectores del estado de la técnica en último término de tal manera, que en ausencia de un objeto metálico en la bobina receptora 16, en el caso de las bobinas emisoras 12 ó 14 por las que fluye una corriente, no se excita ningún flujo o un flujo  $\phi$  lo más reducido posible. En la disposición de bobinas 10 conforme a la fig. 1 la primera bobina emisora 12, que está conectada al primer emisor S1, y una segunda bobina emisora 14, que está conectada a un segundo emisor S2, están dispuestas coaxialmente una respecto a la otra en un plano común. La bobina receptora 16 está dispuesta en un plano desplazado con respecto a las dos bobinas emisoras 12 y 14.

La fig. 2 muestra la disposición de una geometría de sensor 110, como la que se utiliza en un dispositivo conforme a la invención para localizar objetos metálicos. La geometría de sensor 110 del detector conforme a la fig. 2 presenta dos bobinas receptoras 112 y 114, que están dispuestas en un plano común 126 coaxialmente una respecto a la otra y forman un sistema de espiras receptoras. A una cierta distancia z por encima de este plano de receptor común 126 del sistema de espiras receptoras se encuentra una bobina emisora 116, que está dispuesta también coaxialmente respecto a la bobina receptora 112 o a la bobina receptora 114. Esta disposición representa de este modo también un sensor de compensación inductivo.

Las bobinas receptoras 112 y 114 del sistema de espiras receptoras poseen una geometría de devanado plana, monocapa. Una configuración así de las bobinas receptoras 112, 114 ofrece la posibilidad de reducir de forma sencilla la ocupación capacitiva de las dos bobinas receptoras. Aquí es posible mantener grande la distancia entre espira y espira y de este modo mantener reducida la ocupación capacitiva parasitaria del devanado de bobina. Para aislar las espiras de cobre individuales no puede usarse por ejemplo, como está previsto habitualmente, un barniz, sino otros medios aislantes adecuados y sobre todo más gruesos. Como adecuados pueden ser sobre todo papel, algodón y plásticos aislantes, como los que se usan en cables. Un planteamiento alternativo para reducir la capacidad parasitaria consiste en la utilización de devanados multicámara para las bobinas 112 y 114.

Si se utiliza una geometría plana para el sistema de espiras receptoras es en particular también posible producir las dos bobinas receptoras 112 y 114 como bobinas impresas sobre la placa de circuito impreso de un circuito impreso. En este caso no se produce ningún coste adicional esencial para la fabricación de las dos bobinas receptoras. La producción de las dos bobinas receptoras 112 y 114 como estructuras de circuito impreso sobre una placa de circuito impreso tiene además la ventaja, además de los menores costes, de que en este caso es muy reducida la tolerancia dimensional de las espiras. No supone técnicamente ningún problema fabricar con precisión estructuras de cobre sobre placas de circuito impreso de hasta 25 micrómetros.

La fig. 2 muestra una estructura de este tipo de forma esquemática. Aquí para una mejor visibilidad se ha extendido el eje Z 120 con relación a los ejes X e Y 122 ó 124. Para aclarar esta exposición se encuentran unos números de medida correspondientes en los ejes correspondientes, que sin embargo no pretenden ofrecer ningún valor absoluto, sino solamente la magnitud relativa del escalado de los ejes individuales en este ejemplo de realización. Asimismo en la fig. 2 se ha cortado respectivamente un segmento de las bobinas, para una mejor visibilidad de las secciones transversales.

En un plano 126, que pretende simbolizar una placa de circuito impreso no representada ulteriormente, y que en la figura 2 está abarcado por el eje X 122 y el eje Y 124, están situadas las dos bobinas de detector 112 y 114. Este plano 126 puede corresponderse a este respecto por ejemplo con el lado superior o inferior de la placa de circuito

impreso. Las espiras 115 de la bobina receptora 114 están devanadas a este respecto por ejemplo en el sentido horario, mientras que los devanados 113 de la bobina receptora 112 situados más hacia fuera están orientados en sentido antihorario. Las tensiones inducidas en estas espiras 113, 115 tienen de este modo signos contrapuestos y se compensan por completo, con un dimensionamiento adecuado, en el caso de ausencia de objetos metálicos externos.

Por encima del plano 126 de la placa de circuito impreso, es decir dislocada en la dirección Z 120, se encuentran una bobina excitadora o emisora 116. Es particularmente ventajoso que la bobina emisora esté confeccionada sobre un cuerpo de devanado, que a continuación se suelda sobre la placa de circuito impreso 126. Los devanados 117 de la bobina emisora 116 se encuentran a una altura z determinada predefinida por encima del plano de placa de circuito impreso 126. A causa de la necesaria estabilidad, la fabricación de cuerpos de devanado con grosores de pared por debajo de un milímetro es crítica. Por ello deben buscarse distancias de un milímetro o más entre la placa de circuito impreso y la bobina emisora 116.

Con un dimensionamiento adecuado de los números de espiras y radios de espira puede conseguirse que las tensiones inducidas en las dos bobinas parciales 112 y 114 del sistema de detector precisamente se compensen mutuamente, en el caso de que no exista ningún objeto metálico en las proximidades del detector. Esta compensación sólo se consigue sin embargo para una posición prefijada y bien definida de la bobina emisora 116. Si varía la posición de la bobina emisora 116 con relación a la posición ya calculada, por ejemplo mediante tolerancias durante la fabricación de la bobina o durante el montaje mecánico del sensor, se induce en las bobinas receptoras 112 y 114 una tensión de error resultante  $U_F$ .

Conforme a la invención en el dispositivo de detector reivindicado están previstos unos medios de conmutación, por ejemplo en forma de conmutadores semiconductores, que hacen posible una o varias conexiones eléctricas entre segmentos individuales de las espiras de las diferentes bobinas receptoras. De esta manera es posible modificar los números de espiras efectivos de las bobinas receptoras también a posteriori, es decir, después de la configuración y de la instalación de las bobinas y, de este modo, adaptarlos a la situación actual de la bobina emisora.

La exposición muy simplificada de la figura 3 se usa para aclarar el principio de funcionamiento del detector conforme a la invención. La figura 3 muestra de un modo esquemático la disposición de principio de las bobinas receptoras con los medios de conmutación correspondientes en una vista sobre el plano X-Y, de forma correspondiente a la figura 2. La bobina emisora 116, que está dispuesta a cierta distancia  $z_0$  sobre el plano X-Y, no se ha representado de este modo en la figura 3.

Las dos bobinas receptoras 112 y 114 están dispuestas en el plano X-Y 126. Entre las dos conexiones externas A y B de las dos bobinas receptoras 112 y 114 se toma la tensión de detección, que se trata ulteriormente en los circuitos de valoración de un aparato de medición asociado al detector. Las espiras internas 115 de la bobina receptora 114, representadas en la fig. 3, pueden conectarse eléctricamente en diferentes puntos (1 a 8) a las espiras exteriores 113 de la bobina receptora 112.

Si las espiras planas 113 y 115 de las bobinas receptoras 112 y 114 están configuradas por ejemplo como estructuras de cobre sobre una placa de circuito impreso, este contactado puede realizarse mediante unos puentes de soldadura apropiados, cuya posición puede elegirse libremente. Los radios y números de espira del sistema de bucles de conductor de la bobina receptora 112 o de la bobina receptora 114 puede dimensionarse por ejemplo de tal manera, que en el caso de una geometría de bobina emisora ideal dada, al posicionar un puente de soldadura en la posición 5 de la disposición de bobina mostrada en la fig. 3, en ausencia de objetos metálicos, entre los puntos A y B no pueda tomarse ningún punto de tensión.

Sin embargo, si el contactado se realiza por ejemplo en la posición 1, se obtienen entre los puntos A y B en suma tres espiras completas con un radio pequeño en sentido horario (espiras receptoras 115) y cuatro espiras completas con un radio grande en sentido antihorario (espiras receptoras 113). Si el contactado se realiza mediante una conexión conductora en la posición 5, se obtienen efectivamente 2,5 espiras en sentido horario y 3,5 espiras en sentido antihorario.

Debido a que las tensiones, que se inducen en las espiras 113 de la bobina receptora 112, tienen otra amplitud y signo contrapuesto respecto a las tensiones inducidas en el bucle de conductor de la bobina receptora 114, se modifica según la posición del puente de conductor la tensión que puede tomarse entre los puntos A y B. Mediante la variación de la posición de los puntos de soldadura puede realizarse de este modo una calibración en fino de la disposición de compensación del dispositivo de detector, que se compone de tres bobinas.

En particular se varía el número de espiras efectivo de las dos bobinas orientadas en contrasentido, respectivamente a las que se alimenta corriente, para la disposición de receptor y se adapta a los requisitos respectivos. De este modo pueden eliminarse o compensarse mediante el proceso de calibración a posteriori un posicionamiento fallido

de la bobina emisora 116, que en la figura 3 no se ha representado por los motivos descritos, y una tensión de error  $U_f$  inherente del sensor inductivo a causa de tolerancias de fabricación.

De este modo es concebible por ejemplo, en la fabricación del detector inductivo, en primer lugar equipar con las bobinas receptoras la bobina emisora con una tolerancia de posicionamiento y dimensionamiento relativamente reducida sobre la placa de circuito impreso. Como resultado se producirá una tensión de error  $U_f$  insignificante, si se montan o conmutan un puente de soldadura u otros medios de conmutación utilizados en las posiciones ideales para ellos previstas (en el ejemplo posición 5). La posición del puente de soldadura puede desplazarse a continuación por ejemplo hasta que, en ausencia de objetos metálicos entre los puntos A y B de las bobinas receptoras, ya no puede medirse ninguna tensión. De esta forma puede eliminarse la deficiencia de compensación magnética inevitable a causa de las tolerancias de fabricación en cuerpos de bobina, robot de devanado, etc.

Como es natural, además de los puentes de soldadura fijos también entran en cuestión otras conexiones, en particular también otros medios de conmutación. Los puentes de soldadura son una solución técnicamente menos atractiva, ya que hacen necesario un proceso de calibración mecánicamente relativamente complicado. Para poder realizar una calibración de la compensación de sensor sin un paso de fabricación adicional, es posible prever sobre la placa de circuito impreso, sobre la que están configuradas las bobinas receptoras, prever también varios elementos constructivos semiconductores, por ejemplo transistores de efecto de campo, que llevan a cabo el contactado del sistema de bobina interior 114 con el sistema de bobina exterior 112. El dislocamiento de los puentes de soldadura se sustituye aquí después por una conmutación entre los conmutadores semiconductores individuales. Los puentes de contacto a soldar manualmente pueden sustituirse de este modo por una corona de por ejemplo transistores, que pueden conmutarse de forma que conduzcan o bloqueen a través de unas señales de control. Una calibración así puede realizarse en fábrica una sola vez después del montaje del detector en un aparato de medición correspondiente, como por ejemplo en un aparato de localización manual para detectar objetos metálicos, de tal manera que un usuario no está obligado a llevar a cabo farragosas mediciones de calibración antes del verdadero proceso de medición.

Cómo exactamente puede realizarse la calibración en fin de la compensación de un sensor según la figura 3, se determina predominantemente mediante el número de medios de conmutación previstos o mediante el número de puentes de conexión (1 ... 8), respectivamente mediante la correspondiente trama angular, que define estos puentes de conexión mediante su división de las longitudes de arco de las espiras de las bobinas inductivas. Las conexiones 1 a 8 forman en el ejemplo de realización de la figura 3 una trama de  $45^\circ$  homogénea sobre el perímetro de las bobinas circulares en este ejemplo de realización. La tensión de calibración o compensación está relacionada linealmente con el ángulo o la longitud de arco de la espira alimentada con corriente, en la que se realiza en contactado de la bobina exterior 112 con la interior 114. Si por ejemplo se reduce la trama angular de la figura 3 de  $45^\circ$  a  $22,5^\circ$ , por medio de que se duplica el número de posibles posiciones de los puentes de conmutación hasta 16, la tensión de compensación puede en consecuencia ajustarse el doble de finamente. En principio en una disposición de este tipo pueden usarse todos los puentes de conmutación que se desee, cuyo número sólo está limitado por consideraciones prácticas. Un aumento de resolución de este tipo para la tensión de compensación o calibración generada no supone sin embargo ningún problema en principio, si se utilizan puentes de soldadura, además de la realización mecánica relativamente complicada.

Si se usan como medios de conmutación conmutadores semiconductores, como por ejemplo transistores, se imponen también unos límites prácticos a un afinamiento de la trama de ajuste de las posibles tensiones de compensación mediante el aumento del número de conmutadores utilizados. Para cada ángulo de contactado previsto adicionalmente debería preverse en este caso su propio elemento constructivo y una línea de control individual.

La fig. 4 muestra un ejemplo de realización alternativo 210 de una geometría de sensor conforme a la invención en una disposición de compensación para un detector, para localizar objetos metálicos. La disposición de compensación o geometría de calibración mostrada en la figura 4 tiene la ventaja de que, en comparación con la disposición mostrada en la figura 3, puede realizarse una reducción esencial del número de medios de conmutación.

En el ejemplo de realización de un sensor de compensación inductivo conforme a la fig. 4, varía el número de espiras de la bobina receptora 212 o 214 también a causa de la conexión de espiras o ramales de espiras existentes, de tal manera que se obtienen unos números de espiras efectivos para las bobinas receptoras. Las dos bobinas 212 y 214 están dispuestas coaxialmente una respecto a la otra y configuradas, de forma ventajosa, también como bobinas impresas sobre una placa de circuito impreso. Asimismo es aplicable para la conformación y disposición de las bobinas 212 y 214 lo dicho respecto a las bobinas 112 y 114 con relación a la figura 3.

A diferencia de la forma de realización según la figura 3, en la forma de realización de un sensor de compensación inductivo según la figura 4 se ha añadido en la zona interior de la bobina exterior 212 devanada en sentido antihorario una espira adicional 213', la cual está orientada en sentido horario. Es decir, en la zona interior de la bobina 212 se ha añadido una espira suplementaria, la cual presenta la misma orientación de dirección que la bobina receptora 214 situada dentro. El radio de esta espira suplementaria 213' se designa como  $R_a$ . Este radio es

visiblemente mayor que el radio de la espira más exterior 215' del sistema de bobina interior 214, que a partir de ahora se designa como  $R_b$ . La tensión inducida en una espira con el radio  $R_b$  es mayor que la tensión que se induciría en una espira con radio  $R_a$ , debido a que la distancia entre la espira situada dentro ( $R_b$ ) y la bobina emisora 116 desplazada en altura – no mostrada en la figura 4 – es menor.

5 Las espiras 213' y 215' con radios  $R_a$  y  $R_b$  forman juntas un sistema de espiras calibradoras para el detector inductivo, que determina el número de espiras relativo de las bobinas receptoras del detector. Las espiras 213' y 215' puede dividirse a su vez mediante puentes de conmutación 1', 2', 3' o mediante elementos de conmutación 1'a, 1'b ó 2'a, 2'b ó 3'a, 3'b – asociados a los puentes de conmutación-, en elementos de conductor de diferente longitud de arco, llamados módulos de compensación (220, 222, 224), de tal manera que se obtiene una resolución en fino del número de espiras en el sistema de espiras calibradoras y, de este modo, una resolución en fino la tensión de compensación inducida en este sistema de espiras calibradoras. De esta manera la tensión de calibración puede ajustarse muy finamente, de tal modo que casi coincide idealmente con la tensión de compensación necesaria.

15 El principio de calibración de la forma de realización de un sensor de compensación inductivo conforme a la figura 4 se basa en el detalle de que el sistema de espiras calibradoras para el detector inductivo está formado por una línea de conexión 200, que contacta la bobina 212 con la bobina 214. La línea de conexión 200 está configurada a este respecto como bucle de conductor, que es guiado en una cierta fracción sobre segmentos circulares con radio  $R_a$  y está formado sobre los tramos restantes por segmentos circulares con radio  $R_b$ . La línea de conexión 220 se compone de este modo de diferentes módulos de conductor, que están formados por uno o varios puentes de conmutación 1', 2', 3' y por los módulos de compensación producidos mediante los puentes de conmutación, es decir, las longitudes de arco de las espiras 213' y 215' por las que fluye respectivamente corriente entre estos puentes de conmutación.

25 La línea de conexión 200, que conecta la bobina 212 a la bobina 214, se subdivide con este fin en los ejemplos de realización conforme a la figura 4 en 3 llamados módulos de compensación (220, 222, 224), es decir 3 segmentos parciales de diferente longitud angular o de arco de las espiras. Sus longitudes angulares o de arco individuales tienen conveniente y respectivamente un importe que se diferencia en el factor 2 (p.ej.  $206^\circ + 103^\circ + 51^\circ = 360^\circ$ ). Sin embargo, también son posibles otros escalonamientos de las longitudes relativas de los módulos de compensación, es decir, de los arcos angulares relativos de las espiras con radio  $R_a$  o  $R_b$ .

30 Con ayuda de las parejas de medios de conmutación 1'a, 1'b ó 2'a, 2'b ó 3'a, 3'b puede elegirse los módulos de compensación (220, 222, 224) activos individuales. De este modo puede determinarse si el flujo de corriente dentro de la línea de conexión 220 sobre los segmentos angulares individuales debe realizarse a elección en la zona interior ( $R_b$ ) o en la zona exterior ( $R_a$ ). Si p.ej. se cierran los conmutadores 1'a a 3'a y por el contrario se abren los elementos de conmutación 1'b a 3'b, la línea de conexión 200 está formada efectivamente por una única espira con radio  $R_b$ . Los segmentos de línea con radio  $R_a$  terminan mediante los elementos de conmutación en abierto y por ello no son activos eléctricamente, pues en ese lugar no contactan.

35 La tensión inducida en la línea de conexión 200 es para esta configuración antes citada por ejemplo mayor que para un estado, en el que los conmutadores 1'a a 3'a están abiertos y los elementos de conmutación 1'b a 3'b están cerrados y la conexión de las bobinas se realiza exclusivamente sobre el radio exterior  $R_a$ .

40 Mediante la elección de una combinación adecuada entre segmentos interiores y exteriores 215' y 213' es posible, de este modo, llevar a cabo una modificación en fino de la tensión inducida en total en la línea de conexión 200. La finura de la sintonización está determinada a este respecto por la longitud del menor segmento angular (módulo de compensación), el cual puede realizarse mediante dos puentes de conmutación adyacentes 1', 2', 3'.

45 En una comparación directa entre la figura 3 y la figura 4 puede verse que, para conseguir un ángulo de calibración de  $45^\circ$ , en el ejemplo de realización conforme a la figura 3 serían necesarios ocho elementos de conmutación (1 ... 8), mientras que en el ejemplo de realización según la figura 4 para una resolución de calibración comparable de  $51^\circ$  sólo se necesitan seis conmutadores. Se obtiene a este respecto un número mínimo de elementos de conmutación, si las longitudes de los segmentos angulares sobre las espiras de compensación se diferencian respectivamente en un factor 2. A esto le corresponde una codificación de las longitudes de los módulos de compensación con un sistema numérico en base 2.

50 Alternativamente son también concebibles unas buenas soluciones por ejemplo con 3 ó 4 radios diferentes, en los que serían necesarios respectivamente 3 ó 4 conmutadores por segmento angular y se realiza una codificación del estado de calibración en un sistema numérico en base 3. También son concebibles combinaciones de la codificación de estado, en las que en los segmentos angulares individuales está previsto en los segmentos angulares individuales un número diferente de medios de conmutación alternativos.

55 La invención descrita solamente a modo de ejemplo, es decir, descrita solamente en algunas de las formas de realización posibles, tiene la ventaja de trabajar con independencia de la frecuencia. Los bucles de conductor o

5 segmentos de bucles de conductor en la ruta de recepción, añadidos a través de unos medios de conmutación apropiados, puede producirse de forma muy económica, en particular si para ello sólo se necesitan estructuras de conductor sobre una pletina. Igualmente los medios de conmutación pueden configurarse de forma sencilla y económica como estructuras semiconductoras sobre la misma pletina, sobre la cual también están configuradas las espiras de las bobinas receptoras. En comparación con los procedimientos de calibración correspondientes, que trabajan en el lado del excitador, la realización en cuanto a técnica de conmutación en el lado de recepción es bastante más sencilla y económica, ya que por ejemplo pueden usarse medios de conmutación de alto valor óhmico, debido a que en las bobinas receptoras en comparación con las bobinas de excitación sólo fluyen unas corrientes muy bajas.

10 El detector conforme a la invención para localizar objetos metálicos no está limitado a los ejemplos de realización representados en las figuras.

En particular el sistema de espiras receptoras del detector conforme a la invención no está limitado a la utilización de dos bobinas receptoras.

15 Asimismo el detector no está limitado a la clase y al número de medios de conmutación, presentados en los ejemplos de realización, para variar el número de espiras efectivo de las bobinas receptoras. También son posibles otras codificaciones de las longitudes de los módulos de compensación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo para localizar objetos metálicos, con exactamente una bobina emisora (116) y un sistema de espiras receptoras (112, 114; 212, 214), con al menos una bobina receptora (112, 114; 212, 214), que están acopladas entre sí inductivamente, así como con unos medios de conmutación eléctricos (1 a 8; 1'a, 2'a, 3'a, 1'b, 2'b, 3'b), que hacen posible variar el número de espiras del sistema de espiras receptoras (112, 114; 212, 214), caracterizado por que el número de espiras del sistema de espiras receptoras (112, 114; 212, 214) puede variar mediante la conexión o desconexión de unos módulos de compensación inductivos en forma de bucles de conductor o fracciones de estos bucles de conductor, en donde los medios de conmutación (1,..., 8; 1'a, 2'a, 3'a, 1'b, 2'b, 3'b) están dispuestos entre espiras (113, 213) de una primera bobina receptora (112, 212) y espiras (115, 215) de una segunda bobina receptora (114, 214).
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que están dispuestos unos puentes de conmutación (1', 2', 3') con medios de conmutación (1'a, 2'a, 3'a, 1'b, 2'b, 3'b) entre espiras de bobina receptora (213', 215') con diferentes radios  $R_a$  o  $R_b$ .
- 15 3. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que los medios de conmutación (1,...,8; 1'a, 2'a, 3'a, 1'b, 2'b, 3'b) están realizados mediante elementos constructivos semiconductores.
4. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que están dispuestas al menos dos bobinas receptoras (112, 114; 212, 214) coaxialmente una respecto a la otra.
5. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que están dispuestas al menos dos bobinas receptoras (112, 114; 212, 214) en un plano.
- 20 6. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 3, caracterizado por que al menos dos bobinas receptoras (112, 114; 212, 214) están configuradas como bobinas impresas, en particular sobre una placa de circuito impreso.
7. Dispositivo según las reivindicaciones 3 y 6, caracterizado por que los medios de conmutación (1,...,8; 1'a, 2'a, 3'a, 1'b, 2'b, 3'b) están realizados mediante conmutadores semiconductores sobre una placa de circuito impreso.
- 25 8. Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado por que la bobina emisora (116) está dispuesta en un plano desplazado en altura, al menos paralelo respecto a una bobina receptora.
9. Dispositivo según la reivindicación 6 u 8, caracterizado por que la bobina emisora (116) está aplicada a un cuerpo de devanado, que está fijado a la placa de circuito impreso.
10. Aparato de localización manual, con un dispositivo según una o varias de las reivindicaciones 1 a 9.
- 30 11. Aparato herramienta, en particular una taladradora o cinceladora, con un dispositivo según una o varias de las reivindicaciones 1 a 9.
- 35 12. Procedimiento para hacer funcionar un sensor inductivo (110, 210), con exactamente una bobina emisora (116) y con un sistema de espiras receptoras (112, 114; 212, 214), con al menos una bobina receptora (112, 114; 212, 214), que están acopladas entre sí inductivamente, en el que la calibración de una tensión  $U$  inducida en una bobina receptora (112, 114; 212, 214) se realiza mediante la conexión de un sistema de espiras calibradoras (113, 115; 213', 215') a las espiras (113, 115; 213, 215) del sistema de espiras receptoras (112, 114; 212, 214), en donde este sistema de espiras calibradoras (113, 115; 213', 215') presenta uno o varios módulos de compensación (220, 222, 224) en forma de bucles de conductor o fracciones de estos bucles de conductor y los medios de conmutación (1,..., 8; 1'a, 2'a, 3'a, 1'b, 2'b, 3'b) están dispuestos entre espiras (113, 213) de una primera bobina receptora (112, 212) y espiras (115, 215) de una segunda bobina receptora (114, 214).
- 40 13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que para cada módulo de compensación (220, 222, 224) puede conmutarse entre  $m$  ( $m=1 \dots N$ , número natural) diferentes configuraciones alternativas (1'a, 2'a, 3'a, 1'b, 2'b, 3'b) del contactado eléctrico.
- 45 14. Procedimiento según la reivindicación 12 ó 13, caracterizado por que el sistema de espiras calibradoras (113, 115; 213', 215') se compone al menos de  $n$  ( $n=1 \dots N$ ) módulos de compensación independientes  $KM_n$  (220, 222, 224) respectivamente con  $m(n)$  ( $m(n)=1 \dots M(n)$ ) diferentes configuraciones, en las que mediante una conmutación selectiva entre configuraciones individuales  $m$  de un módulo de compensación  $KM_n$  (220, 222, 224) se induce una variación de tensión  $\Delta U_{n,m}$  con  $\Delta U_{n,m}=(U(n-1, m)-U(n-1, m+1))$  en el ramal de recepción (212, 214) del sensor (210).

15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado por que los módulos de compensación  $KM_n$  (220, 222, 224) están configurados de tal manera, que la variación de tensión  $\Delta U_{n,m}$  se diferencia respectivamente en el factor  $M(n-1)$  de la variación de tensión  $\Delta U_{n-1,m}$  con  $\Delta U_{n-1,m} = (U(n-1, m) - U(n-1, m+1))$  del módulo de compensación  $KM_{n-1}$  con un número de orden  $n$  menor en uno.
- 5 16. Procedimiento según la reivindicación 14 ó 15, caracterizado por que para los módulos de compensación  $KM_n$  del sistema de espiras calibradoras (113, 115; 213', 215') se utiliza un código binario con  $M(n) = 2$ , de tal manera que se aplica la relación  $\Delta U = (U(n, 1) - U(n, 2)) = 2^*(U(n-1, 1) - U(n-1, 2))$ .

Fig. 1

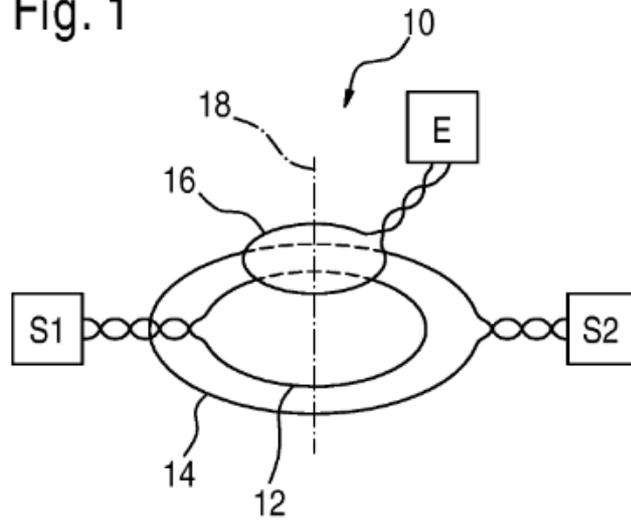


Fig. 2

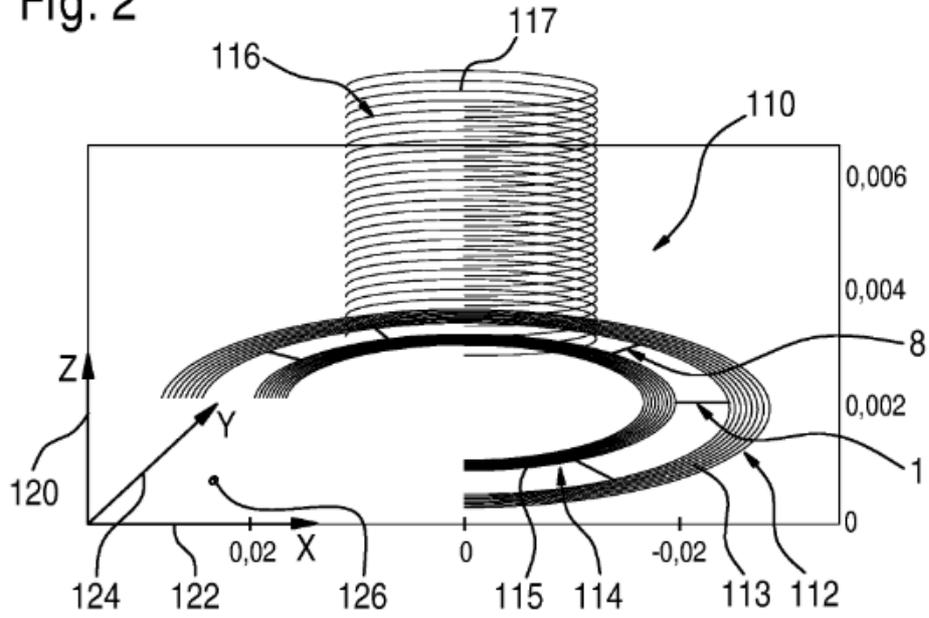


Fig. 3

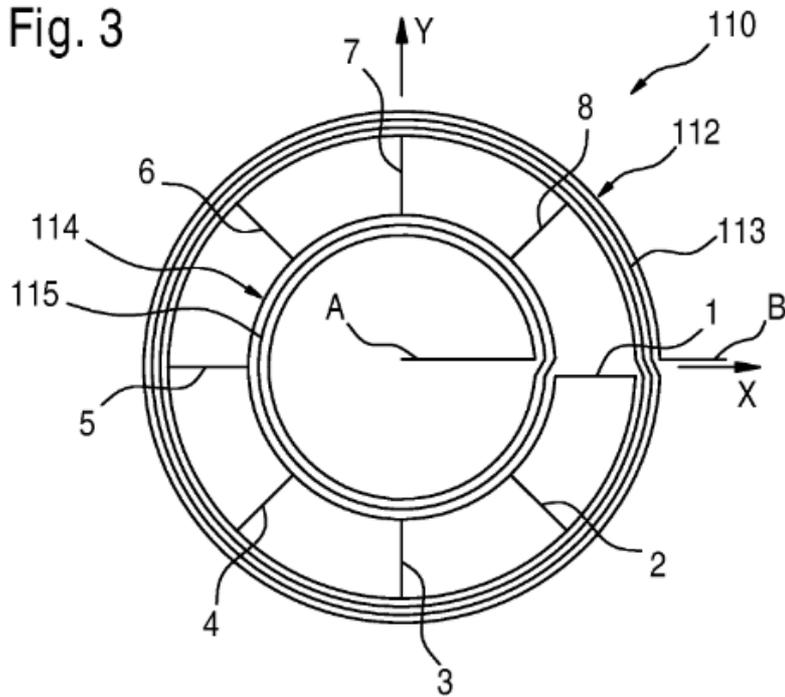


Fig. 4

