

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 729**

51 Int. Cl.:

**G01B 7/02** (2006.01)

**G01N 27/72** (2006.01)

**G01R 27/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2004 E 04809156 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2012 EP 1709391**

54 Título: **Método y dispositivo para la medición electromagnética del espesor y la conductividad eléctrica**

30 Prioridad:

**31.12.2003 SE 0303610**

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

**14.02.2013**

73 Titular/es:

**ABB AB (100.0%)  
KOPPARBERG SVÄGEN 2  
721 83 VÄSTERAS, SE**

72 Inventor/es:

**LINDER, STEN**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 395 729 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método y dispositivo para la medición electromagnética del espesor y la conductividad eléctrica

**5 Campo de la técnica**

La presente invención se refiere principalmente a la medición sin contacto de dimensiones y propiedades tales como, por ejemplo, la resistividad de un objeto. La invención se refiere específicamente a una medición sin contacto que utiliza medidas e inducción electromagnética en objetos eléctricamente conductores pero sustancialmente no magnéticos tales como, por ejemplo, productos de metal.

Un campo particular de aplicación es la medición de espesor en la fabricación de láminas de metal, una tira de metal, etc. y, por ejemplo, cuando sea necesario medir de forma continua el espesor de la lámina para poder aumentar la calidad final de la tira o lámina.

La invención puede usarse también para realizar mediciones de objetos no metálicos pero eléctricamente conductores.

La invención es especialmente adecuada para la medición sin contacto y simultánea del espesor y las propiedades eléctricas de material metálico y no magnético delgado.

**Antecedentes de la invención**

La medición de dimensiones y propiedades de productos de metal es de una importancia vital en la industria del metal de hoy en día. Para poder controlar los productos finales a la calidad deseada en los procesos de fabricación, es de gran importancia que la medición continua de ciertas cantidades sea correcta y fiable. Esto se aplica, en particular, a la fabricación de una tira o lámina cuando, por ejemplo, el espesor es de una importancia vital. La técnica que se usa hoy en día normalmente se basa en luz o radiación o contacto mecánico.

Un método conocido de este tipo para la medición sin contacto del espesor de una lámina es irradiar la misma con una radiación radioactiva o con una radiación de rayos X y medir a continuación la absorción de radiación de la lámina. Esta absorción depende, entre otras cosas, del espesor de la lámina y, por lo tanto, constituye un valor medido primario del espesor del objeto que va a medirse. El valor medido se ve influenciado, no obstante, por la composición del material del objeto que va a medirse, por lo que la precisión de la medición no es lo bastante buena.

Las técnicas conocidas son también sensibles a las perturbaciones procedentes del entorno circundante y son difíciles de usar cuando se tiene como objetivo una alta calidad del material. Por lo tanto, es deseable una nueva tecnología de medición fundamental, que no adolezca de estas deficiencias.

Una técnica de este tipo es la técnica de medición inductiva. Esta se ha propuesto desde hace tiempo como una técnica de medición posible para realizar mediciones de dimensiones y propiedades de metales. Las patentes más antiguas en el campo se remontan a fechas tan tempranas como 1920. No obstante, esta técnica ha obtenido un éxito limitado y no gozó de aceptación en el ámbito industrial hasta que la técnica se desarrolló adicionalmente.

La medición de, por ejemplo, el espesor, demostró ser demasiado dependiente del material. Con la técnica que se da a conocer, por ejemplo, en los documentos US 5.059.902 y SE 517293, un equipo de medición industrialmente exitoso podría diseñarse, fabricarse y usarse repentinamente. Estos varios tipos de equipo de medición han demostrado que funcionan bien y que carecen de las deficiencias de las que adolecía la técnica de medición de la técnica anterior.

No obstante, también se ha mostrado que esta nueva técnica implica ciertos inconvenientes. Una desventaja es, por ejemplo, que no ha sido posible usar esta para la medición en láminas realmente delgadas con unos espesores reducidos a aproximadamente 0,1 mm para cobre y aluminio, es decir, lámina de metal, y para espesores algo mayores para metales con una alta resistividad eléctrica. Esto es un inconveniente significativo debido a que una técnica de medición industrial de este tipo debería poder aplicarse y usarse en general para realizar mediciones en objetos/ láminas de todos los espesores disponibles con el fin de evitar la necesidad de instalar y usar varios tipos diferentes de equipo de medición.

Con una técnica adicionalmente desarrollada, se ha encontrado que es posible, usando una técnica electromagnética, medir también láminas realmente delgadas. Un problema cuando se realizan mediciones en láminas muy delgadas, tal como láminas de metal, es que el tiempo de penetración de los campos magnéticos, es decir, el tiempo que se necesita para que una variación de campo penetre a través de un objeto que va a medirse y se detecte en el otro lado, es muy corto y, por lo tanto, en la práctica es difícil medir con fiabilidad usando la tecnología actual. La razón para esto es que el tiempo de penetración es tan corto que este puede verse perturbado fácilmente por otros retardos en el sistema de medición. Por ejemplo, siempre tiene lugar un cierto retardo en los componentes electrónicos del propio dispositivo de medición.

**Objetos y características más importantes de la invención**

Un problema con la técnica anterior es que el retardo que surge cuando la medición se lleva a cabo en un sistema eléctrico / electrónico no depende sólo del tiempo real de penetración sino que se ve influenciado también por los retardos en los varios circuitos y componentes electrónicos del equipo de medición. Cuando el tiempo de penetración es largo, como para láminas más gruesas, este "retardo de tiempo electrónico" no constituye un problema decisivo, debido a que el mismo es considerablemente más corto que el tiempo de penetración. Cuando el tiempo de penetración es muy corto, por ejemplo para materiales delgados, surge un problema ya que el retardo de tiempo electrónico se vuelve tan largo como, o más largo que, el tiempo de penetración de la variación de campo en el objeto que va a medirse, la lámina. Para ser capaz de medir con suficiente precisión, el tiempo de retardo electrónico debe conocerse y debe crearse una técnica para manejar esto. Esto es de una importancia decisiva para permitir la medición en láminas delgadas.

Así mismo, cuando se usa la técnica de medición de acuerdo con los documentos US 5.059.902 y SE 517293, existe un problema cuando se desea la más alta precisión, en conexión con los retardos en los circuitos electrónicos.

Un objeto de la presente invención es solucionar los problemas que se mencionan anteriormente y sugerir un dispositivo de medición que, con una alta precisión, sea capaz de determinar el espesor de un objeto metálico que va a medirse.

Otro objeto de la invención es solucionar, en todos los aspectos esenciales, el problema de medición de ser capaz de medir también una lámina delgada con el mismo tipo de equipo como se usa en, por ejemplo, el documento SE 517293. En el caso de láminas muy delgadas, surge el problema de calcular correctamente el tiempo de penetración, ya que los retardos en la electrónica necesaria para la medición son del mismo orden de magnitud que este tiempo de penetración y ya que estos dos tiempos no pueden separarse.

El objeto que se menciona anteriormente puede lograrse mediante un método y un dispositivo de acuerdo con, respectivamente, las reivindicaciones independientes 1 y 9.

El presente problema se soluciona, de acuerdo con la invención, mediante las siguientes etapas de método:

- colocar una bobina de control (5) cerca de la bobina transmisora (3),
- detectar una variación de campo en la bobina de control (5),
- determinar una diferencia de tiempo en el tiempo para la detección de la variación de campo en la bobina de control (5) y en la bobina receptora (4), respectivamente,
- determinar un tiempo de penetración del campo magnético (T2) a través del objeto (2) que va a medirse, es decir, el tiempo que se necesita para que la variación en el campo magnético penetre en el objeto que va a medirse y se detecte en el otro lado, y
- determinar, a partir de la diferencia de tiempo y el tiempo de penetración (T2), el espesor o la conductividad eléctrica del objeto (2) que va a medirse.

La invención también se refiere a un dispositivo para la determinación sin contacto de una o más propiedades buscadas de un objeto 2 que va a medirse, tal como su dimensión geométrica o su conductividad eléctrica, que comprende por lo menos una bobina transmisora 3 y por lo menos una bobina receptora 4 que están ubicadas una en relación espacial con la otra, así como unos medios para generar un campo magnético variable en la bobina transmisora 3 y unos medios para detectar una tensión S4 inducida en la bobina receptora 4.

El dispositivo de medición comprende disponer una bobina de control 5 para detectar una variación del campo magnético generado en la bobina transmisora 3,

- disponer unos medios para detectar la diferencia en el tiempo entre las señales S5 y S4 a partir de la bobina de control 5 y la bobina receptora 4 que se generan mediante la variación del campo magnético variable en la bobina transmisora 3,
- disponer unos medios para determinar el tiempo de penetración T2 a través del objeto que va a medirse, es decir, el tiempo que se necesita para que la variación en el campo magnético penetre en el objeto que va a medirse y se detecte en el otro lado, y
- disponer unos medios para calcular, a partir de la diferencia de tiempo y el tiempo de penetración T2, el espesor o la conductividad eléctrica del objeto que va a medirse 2.

La nueva técnica implica, por lo tanto, que las bobinas transmisoras y receptoras se encuentran en lados opuestos del objeto que va a medirse y que el dispositivo de medición mide, como una cantidad básica, el tiempo que se necesita para que la variación de campo repentina, que se genera mediante la bobina transmisora, penetre a través de la lámina e induzca una tensión en la bobina receptora, el así denominado tiempo de penetración.

La invención es particularmente adecuada para su uso en aquellos casos en los que la variación de campo se crea mediante una variación escalonada de la corriente de suministro a la bobina transmisora, por ejemplo un corte

repentino de la corriente de suministro. En el presente contexto, el retardo de tiempo en el sistema puede medirse fácilmente como el tiempo que transcurre desde el corte de corriente hasta que una variación se detecta en la medición. Este retardo de tiempo se mide tanto en la bobina receptora como en una bobina de control adicional que se coloca en las proximidades de la bobina transmisora y la diferencia en el tiempo en estos dos casos es una medida del tiempo de penetración del campo a través del objeto que va a medirse.

**Breve descripción de los dibujos adjuntos**

La invención se describirá con mayor detalle a continuación con referencia a las figuras adjuntas.

La figura 1 muestra un bosquejo explicativo de un dispositivo de medición de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra unos diagramas diferentes que ilustran los retardos de tiempo de diferentes señales.

La figura 3 muestra una solución de circuito para una realización preferida de la invención.

La figura 4 muestra otra realización de acuerdo con la invención con una solución de circuito doblada.

La figura 5 muestra un diagrama de flujo simple del método de acuerdo con la invención.

**Descripción de las realizaciones preferidas de la invención**

La figura 1 es un bosquejo que muestra el principio de un dispositivo de medición de acuerdo con la invención. Un objeto que va a medirse, en el presente caso una lámina 2, se coloca entre una bobina transmisora 3 y una bobina receptora 4. La bobina transmisora 3 se alimenta con una corriente variable en el tiempo,  $i$ , a partir de un circuito de suministro de corriente 1. Esta corriente variable en el tiempo  $i$  se controla a partir de un circuito de control en el tiempo 8 con una señal de control  $Sc1$ . Los circuitos 1 y 8 se disponen de tal modo que la variación en el tiempo prevista de la corriente de suministro  $i$  se obtiene.

La corriente variable en el tiempo da lugar a un campo magnético variable de manera similar en función del tiempo alrededor de la bobina transmisora 3. La bobina receptora 4, en el otro lado de la lámina 2, detecta las variaciones en el campo magnético que penetra a través de la lámina 2 induciendo una tensión, proporcional a la variación, en la bobina receptora 4.

El tiempo que se necesita para que una variación de campo penetre a través de la lámina 2 es un valor medido primario que se necesita para calcular las propiedades buscadas de la lámina 2, por ejemplo el espesor y la conductividad eléctrica.

En las proximidades de la bobina transmisora 3, de forma preferible inmediatamente fuera de la bobina transmisora (3) en relación con el objeto (2) que va a medirse y, por lo tanto, en el mismo lado del objeto (2) que va a medirse, se coloca una bobina de control 5, la cual detecta cualquier variación de campo en las proximidades de la bobina transmisora 3. La tensión inducida, la señal de salida  $S5$ , procedente de esta bobina de control 5 se filtra en un circuito de filtro 6 de una forma tal que su nivel de tensión es esencialmente el mismo que el de la tensión fuera de la bobina receptora 4. La bobina de control puede colocarse de forma ventajosa directamente en la bobina transmisora (3).

Las dos señales  $S4$  y  $S6$ , a partir de la bobina receptora 4 y a partir del circuito de filtro 6, se comparan en un circuito de comparación 7, una comparación de tiempo. Por lo tanto, en el presente caso las dos señales  $S4$  y  $S6$  se comparan con el fin de detectar cualquier desplazamiento de tiempo entre las mismas, el así denominado retardo de tiempo. Como un punto de partida oportuno para esta medición, se usa una señal de control  $Sc2$  a partir del circuito de control en el tiempo 8, la cual se deduce a partir del mismo circuito de control en el tiempo 8 que la señal de control  $Sc1$  para la corriente de suministro  $i$ . El punto de partida oportuno para la comparación oportuna de las señales  $S4$  y  $S6$  coincidirá, por lo tanto, con el punto de partida oportuno para la variación de la corriente de suministro  $i$  a la bobina transmisora 3.

En el circuito de comparación 7, se determina un tiempo de retardo no deseado  $Tf$ , el cual depende de los retardos en los componentes electrónicos. Este tiempo de retardo y la señal a partir de la bobina receptora se conducen a un circuito de cálculo en el que se calcula(n) el espesor y/o la conductividad eléctrica, teniendo en cuenta los retardos no deseados en los circuitos/el sistema.

El retardo de tiempo en un dispositivo de medición, por ejemplo de acuerdo con la figura 1, puede surgir por varias razones. Esto se ejemplifica en los diagramas de acuerdo con las figuras 2A-C. En el presente caso, se ilustra una corriente que varía en el tiempo pasando de forma repentina de un valor a otro (véase la figura 2A), en el presente caso descendiendo de un valor constante a cero. El diagrama muestra la corriente  $i$ , es decir, la corriente que proviene del circuito de suministro de corriente 1 en la figura 1. En un cierto instante, el tiempo de inicio  $t1$ , el circuito de suministro de corriente 8 corta el suministro de corriente a la bobina transmisora 3, pero debido a los retardos en

el circuito de suministro de corriente 1, otro corto periodo de tiempo T1 transcurre hasta que la corriente está cortada en realidad. Habitualmente, esto puede ser cuestión de 20 ns.

5 La variación de campo que tiene lugar debido a la variación de corriente que se está retardando y midiendo en la bobina receptora 4 se muestra en la figura 2B. Este retardo se compone de, y consiste en: un retardo en la bobina transmisora 3, T3; un retardo a partir de la bobina receptora 4, T4; y un retardo procedente del objeto que va a medirse, la lámina 2, T2. Una variación del campo magnético y, por lo tanto, una tensión inducida, se obtiene en un tiempo t4.

10 El diagrama de acuerdo con la figura 2C muestra los retardos en el circuito que comprende la bobina de control 5 y el circuito de filtro 6. Si se supone que el circuito de filtro 6 en sí mismo no aporta un retardo, el retardo total en este circuito será el retardo en la bobina transmisora 3, T3, y el retardo en la bobina de control 5, T5. Una tensión inducida surge en el presente caso en un tiempo t5. La bobina receptora 4 y la bobina de control 5 se diseñan con la misma constante de tiempo, por lo que el tiempo de retardo buscado se obtiene detectando/ midiendo en el circuito  
15 de comparación 7 la diferencia entre los retardos en los dos circuitos de señal. El retardo no deseado, el retardo que está asociado con los retardos en las bobinas, y otros componentes electrónicos, es igual al retardo que se mide en la señal S5, es decir, Tf.

20 La comparación de tiempo en el circuito de comparación 7 y el cálculo en el circuito de cálculo 9, de acuerdo con la figura 1, puede llevarse a cabo en un único circuito de cálculo de acuerdo con los principios que se describen en conexión con la figura 1 y la figura 2.

25 El bosquejo elemental de acuerdo con la figura 1 ilustra un caso en el que la señal S4 se conduce directamente desde la bobina receptora 4 al circuito de comparación 7. En ciertos casos de la medición, no obstante, se requiere que la señal se amplifique en unos circuitos amplificadores antes de que esta pueda ser manejada por el circuito de comparación. Los retardos en estos circuitos amplificadores se incluirán entonces en el tiempo de retardo T4 del receptor. En estos casos, se usan unos circuitos amplificadores correspondientes para manejar la señal S6 y también T5 se ve influenciado de una forma correspondiente.

30 De acuerdo con una realización preferida de la invención, que se muestra en la figura 3, la bobina transmisora 3 se alimenta a partir de una fuente de corriente constante 10 a través de un transistor 11. El transistor 11 se controla mediante un circuito de control 8 de una forma tal que el transistor 11 se encuentra en primer lugar en estado de corte y porta la corriente durante un periodo de tiempo lo bastante largo para que el campo magnético a partir de la bobina transmisora 3 tenga tiempo de penetrar a través de la lámina 2. Después de lo anterior, el suministro de  
35 corriente se corta.

40 La variación de campo, que es una consecuencia directa de este corte repentino, penetra a través de la lámina 2 e induce una tensión en la bobina receptora 4. Al mismo tiempo, la variación de campo repentina en la bobina transmisora 3 induce una tensión inducida S5 en la bobina de control 5. Esta tensión S5 se filtra en un filtro pasivo 6, que consiste en una resistencia 12 y un condensador 13. La señal de salida S6 a partir de este filtro pasivo 6 y la señal de salida S4 a partir de la bobina receptora 4 se tratan de forma alterna, una vez sí y otra no el transistor 11 corta la corriente, ya que un conmutador analógico 14 en el circuito de comparación 7 selecciona de forma alterna la señal S4 a partir de la bobina receptora 4 y la señal S6 a partir del filtro 6, la cual es en realidad la señal S5 a partir de la bobina de control 5. El control del conmutador 14 tiene lugar a través de una señal de control Sc21 a partir del  
45 circuito de control 8.

50 En el circuito de comparación 7, las señales se conducen de forma alterna desde el conmutador 14 hasta un integrador 15 que comienza a integrar cuando el transistor 11 corta la corriente. La señal de salida S15 a partir del integrador 15 se conduce entonces a dos así denominados circuitos de Muestreo y Retención (circuitos de S/H) 16, 17, los cuales se controlan también mediante el circuito de control 8 a través de las señales de control Sc22 y Sc23. Estas señales de control están adaptadas de tal modo que dos valores de la señal S15 se retienen en dos tiempos diferentes en los dos circuitos de S/H.

55 Seleccionando los tiempos de retención para los circuitos de S/H 16, 17 que se encuentran relativamente cerca del tiempo después del cual la variación de campo ha penetrado a través de la lámina 2 - encontrándose uno de estos tiempos de retención en un tiempo t16 relativamente cerca del tiempo después del cual la variación de campo ha penetrado a su través, y encontrándose el otro tiempo de retención en un tiempo t17 después de lo anterior - el tiempo de retardo no deseado Tf puede calcularse de una forma simple, cuando la señal S6 de la bobina de control está conectada, como:

60 
$$Tf = t16 - S16 \times (t17 - t16) / (S17 - S16) - t1$$

Entonces, cuando la señal a partir de la bobina de medición S4 está conectada, el tiempo real de penetración para la variación en la lámina T2 puede calcularse a partir de:

65 
$$T2 = t16 - S16 \times (t17 - t16) / (S17 - S16) - t1 - Tf$$

Los cálculos anteriores se llevan a cabo en un circuito de cálculo 9.

Una realización adicional de la invención se muestra en la figura 4. En el presente caso, dos conjuntos idénticos de circuitos se disponen en lados respectivos del objeto 2 que va a medirse, que se denominan en lo siguiente lados a y b. El circuito de control 8 es, no obstante, común para ambos circuitos y controla la totalidad del dispositivo de medición.

La corriente a partir de una fuente de corriente constante 10a se suministra a través de un transistor 11a a una bobina transmisora 3a. En la fase que se describe en el presente caso, el transistor 11a es activo, es decir, este porta la corriente, y el transistor 11b es pasivo, es decir, este se encuentra en estado de corte y no está portando corriente. Después de suministrar una corriente constante durante un cierto periodo de tiempo, el transistor 11a se corta de forma repentina al adoptar la señal de salida a partir del circuito de control 8 un nivel bajo. Después de que el suministro de corriente a la bobina transmisora 3a se haya cortado, se detecta la tensión inducida en la bobina receptora 4b en el otro lado del objeto que va a medirse, la lámina 2. Esto se hace al pasar el conmutador analógico 14b la señal S4b desde la bobina receptora 4b hasta el integrador 15b, en el que esta se integra. La señal de salida resultante S15b del integrador 15b se pasa entonces a las entradas de los dos circuitos de S/H 16b, 17b, y el tiempo para la variación t4ba se calcula entonces a partir de los valores de las señales de salida S16ba, S17ba. De la misma forma, para el lado a, el tiempo t5aa para la variación se calcula al mismo tiempo en la bobina de detección 4a a partir de las señales S16aa y S17aa.

Después de que el lado a o el circuito a haya generado el campo magnético, es decir, haya sido un lado de generación de corriente, el control se conmuta al lado b o al circuito b y se repite el proceso tal como se indica anteriormente. Los tiempos para la variación se calculan a continuación de una forma correspondiente a partir de las señales S16ab, S17ab, S16bb, S17bb como t4ab y t5bb.

Por último, el tiempo de retardo real FTv para la penetración del campo magnético a través del objeto 2 que va a medirse, el tiempo de retardo a través del objeto que va a medirse, es decir, a compensarse por retardos en la electrónica y las bobinas, se obtiene a partir de la siguiente relación:

$$T2 = t4ba - t4ab - t5aa - t5bb) / 2$$

En la que:

$$t4ba = t16 - S16ba * (t17 - t16) / (S17ba - S16ba)$$

$$t4ab = t16 - S16ab * (t17 - t16) / (S17ab - S16ab)$$

$$t4aa = t16 - S16aa * (t17 - t16) / (S17aa - S16aa)$$

$$t4bb = t16 - S16bb * (t17 - t16) / (S17bb - S16bb)$$

y en la que t16 y t17 son unos tiempos previamente establecidos para los amplificadores de muestreo y retención. El cálculo tal como se indica anteriormente se lleva a cabo en un circuito de cálculo como el que se muestra en la figura 3.

El método de acuerdo con la invención puede, por lo menos en parte, llevarse a cabo con la ayuda de códigos informáticos que se ejecutan en un procesador o en un ordenador, y estos códigos informáticos pueden estar almacenados en un soporte informático de lectura tal como un disco duro, un disquete, un CD-ROM, otra memoria extraíble, etc.

Un aspecto importante de la presente invención, que está prevista principalmente para usarse para la realización de mediciones en una lámina delgada, es que las bobinas que se describen en conexión con las figuras 1, 3 y 4 pueden usarse también para realizar mediciones en una lámina más gruesa por medio de cualquiera de las técnicas inductivas que se han descrito como nuevas. Por lo tanto, puede darse un uso diferente a las bobinas que se usan para realizar mediciones de una lámina más gruesa de acuerdo con el documento SE 517 293, por ejemplo de acuerdo con la figura 4, cambiando, en función del espesor de lámina, el suministro a las bobinas transmisoras y la conexión de las bobinas receptoras. En el caso de una lámina gruesa, las bobinas transmisoras 3a y 3b (la figura 4) se alimentan entonces de forma simultánea y en sentidos opuestos, mientras que al mismo tiempo las dos bobinas receptoras 4a y 4b se conectan como bobinas receptoras con la ayuda de los conmutadores 14a y 14b. Entonces, cuando la disposición va a usarse para una lámina delgada, se selecciona una conexión de acuerdo con la descripción que hace referencia a la figura 4.

A pesar de que la invención se ha descrito anteriormente por medio de unas pocas realizaciones, la invención no está limitada, por supuesto, a las mismas; otras realizaciones y variantes son factibles dentro del alcance de la protección de las reivindicaciones. Por lo tanto, es concebible que los tiempos de retardo puedan calcularse usando fórmulas matemáticas que sean parcialmente diferentes de las que se muestran en el presente caso.

También es posible usar la bobina transmisora como una bobina de control en aquellos casos en los que la bobina transmisora no está activa, es decir, cuando la corriente a través del transistor está cortada (véase, por ejemplo, la figura 1). Cuando el transistor se pasa a estado de corte, la bobina transmisora se desacopla del suministro de corriente y puede entonces usarse como una bobina de control o como una bobina receptora.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para la determinación sin contacto de las propiedades buscadas de un objeto que va a medirse (2) tal como, por ejemplo, su dimensión geométrica o su conductividad eléctrica, usando inducción electromagnética, en el que:
- se genera un campo electromagnético en una bobina transmisora (3), que se coloca en un lado del objeto que va a medirse (2),
  - 10 - el campo magnético que penetra a través del objeto que va a medirse (2) se detecta mediante una bobina receptora (4) colocada en el otro lado del objeto (2) que va a medirse,
  - se genera una variación en el campo magnético de la bobina transmisora (3),
  - se detecta una variación de campo en la bobina receptora (4)
- caracterizado por**
- 15 - colocar una bobina de control (5) cerca de la bobina transmisora (3),
  - detectar una variación de campo en la bobina de control (5),
  - determinar una diferencia de tiempo en el tiempo para la detección de la variación de campo en la bobina de control (5) y en la bobina receptora (4), respectivamente,
  - determinar un tiempo de penetración del campo magnético (T2) a través del objeto (2) que va a medirse, es decir, el tiempo que se necesita para que la variación en el campo magnético penetre en el objeto que va a medirse y se detecte en el otro lado, y
  - 20 - determinar, a partir de la diferencia de tiempo y el tiempo de penetración (T2), el espesor o la conductividad eléctrica del objeto (2) que va a medirse.
- 25 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la bobina de control (5) se encuentra en el mismo lado que la bobina transmisora (3) en relación con el objeto (2) que va a medirse.
- 30 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** el tiempo de penetración (T2) a través del objeto (2) que va a medirse se determina en función del tiempo (t5) para la detección de la variación de campo en la bobina de control (5), y el tiempo (t4) para la detección de la variación de campo en la bobina receptora (4).
- 35 4. Un método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** una tensión (S4) inducida en la bobina receptora (4) se mide en dos tiempos diferentes después de que el campo magnético en la bobina transmisora (3) haya cambiado de forma repentina.
- 40 5. Un método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el espesor o la conductividad eléctrica del objeto (2) que va a medirse se calcula en función del tiempo de penetración (T2) y una tensión máxima (S4máx) inducida en la bobina receptora (4).
- 45 6. Un método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el espesor o la conductividad eléctrica del objeto (2) que va a medirse se calcula en función del valor recíproco del producto del cuadrado de la tensión máxima (S4máx) inducida en la bobina receptora (4) y el tiempo de penetración (T2).
- 50 7. Un método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la tensión (S4) inducida en la bobina receptora (4) se integra y **por que** el espesor o la conductividad eléctrica del objeto (2) que va a medirse se calcula en función de esta señal integrada (S17).
- 55 8. Un método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la tensión (S4) inducida en la bobina receptora (4) se integra y **por que** el espesor o la conductividad eléctrica del objeto (2) que va a medirse se calcula en función del valor de esta señal integrada (S17) por lo menos en dos tiempos diferentes.
- 60 9. Un dispositivo de medición para la determinación sin contacto de una o más propiedades buscadas de un objeto que va a medirse (2), tal como, por ejemplo, su dimensión geométrica o su conductividad eléctrica, que comprende por lo menos una bobina transmisora (3) y por lo menos una bobina receptora (4) que se encuentran separadas una de otra, así como unos medios para generar un campo magnético variable en la bobina transmisora (3) y unos medios para detectar una tensión (S4) inducida en la bobina receptora (4), **caracterizado por que**
- 65 - se dispone una bobina de control (5) para detectar una variación en el campo magnético generado en la bobina transmisora (3),
  - se disponen unos medios para detectar la diferencia en el tiempo entre una señal a partir de la bobina de control (S5) y la tensión inducida en la bobina receptora (S4) que se generan mediante la variación en el campo magnético en la bobina transmisora (3),
  - se disponen unos medios para determinar el tiempo de penetración (T2) a través del objeto (2) que va a medirse, es decir, el tiempo que se necesita para que la variación en el campo magnético penetre en el objeto que va a medirse y se detecte en el otro lado, y

- se disponen unos medios para determinar, a partir de la diferencia de tiempo y el tiempo de penetración (T2), el espesor o la conductividad eléctrica del objeto (2) que va a medirse.

10. Un dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 10,  
5 **caracterizado por que** unos medios (18, 19) se disponen para detectar una tensión máxima (S4<sub>máx</sub>) inducida en la bobina receptora (4), y **por que** se disponen unos medios para calcular, a partir de la tensión máxima inducida en la bobina receptora, el espesor o la conductividad eléctrica del objeto (2) que va a medirse.
11. Un dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 9 o 10,  
10 **caracterizado por que** la bobina de control (5) se dispone en el mismo lado del objeto (2) que va a medirse que la bobina transmisora (3).
12. Un dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 9, 10 y/o 11,  
15 **caracterizado por que** se dispone un integrador (17) para integrar la señal de tensión (S4) inducida en la bobina receptora (4).
13. Un dispositivo de medición de acuerdo con las reivindicaciones 9-12, **caracterizado por que** unos circuitos (16-19) se disponen para medir la tensión (S4) inducida en la bobina receptora (4) en dos tiempos diferentes después de un tiempo (t1) para la interrupción en la bobina transmisora (3).  
20

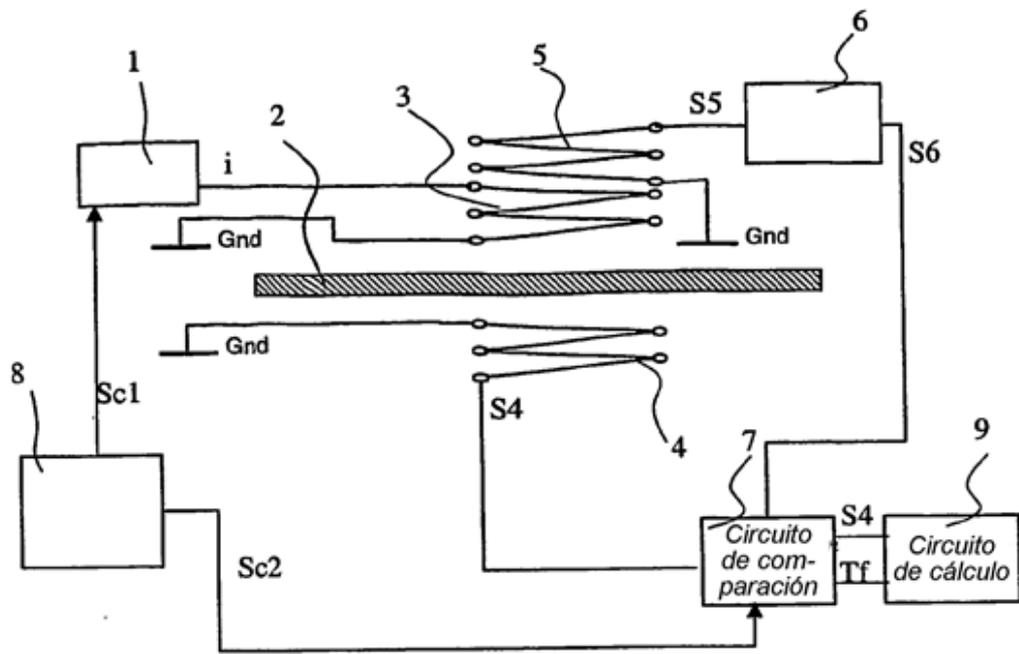


Fig. 1

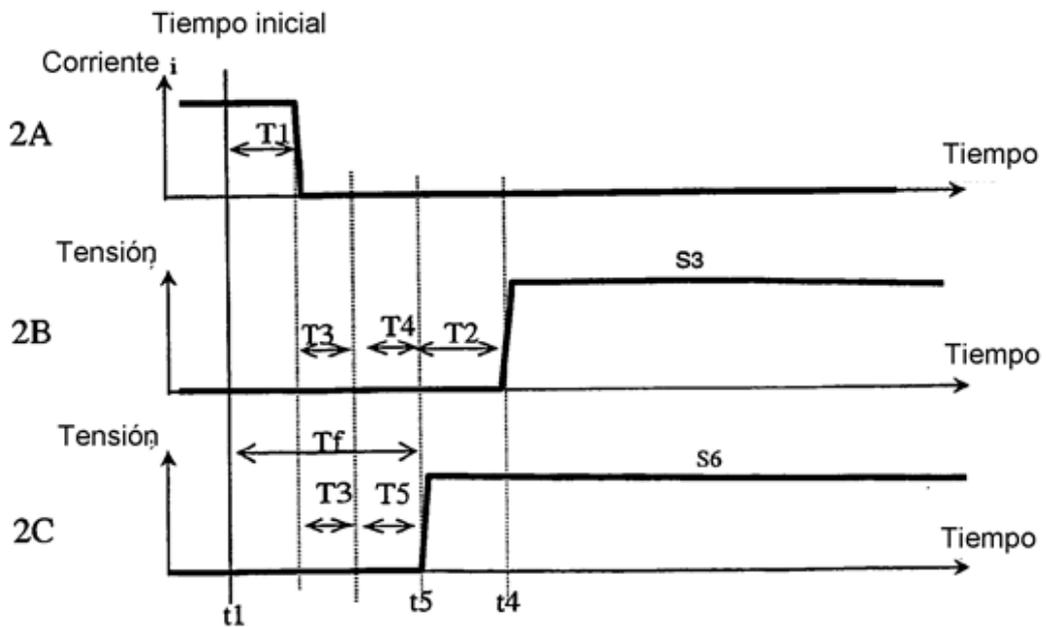


Figura 2

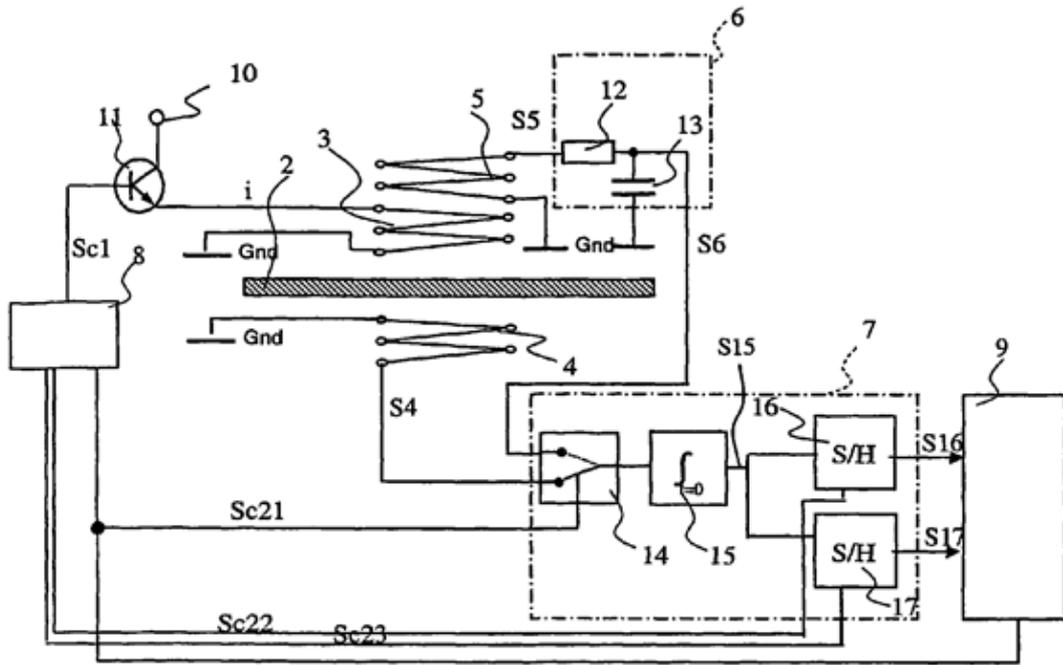


Figura 3

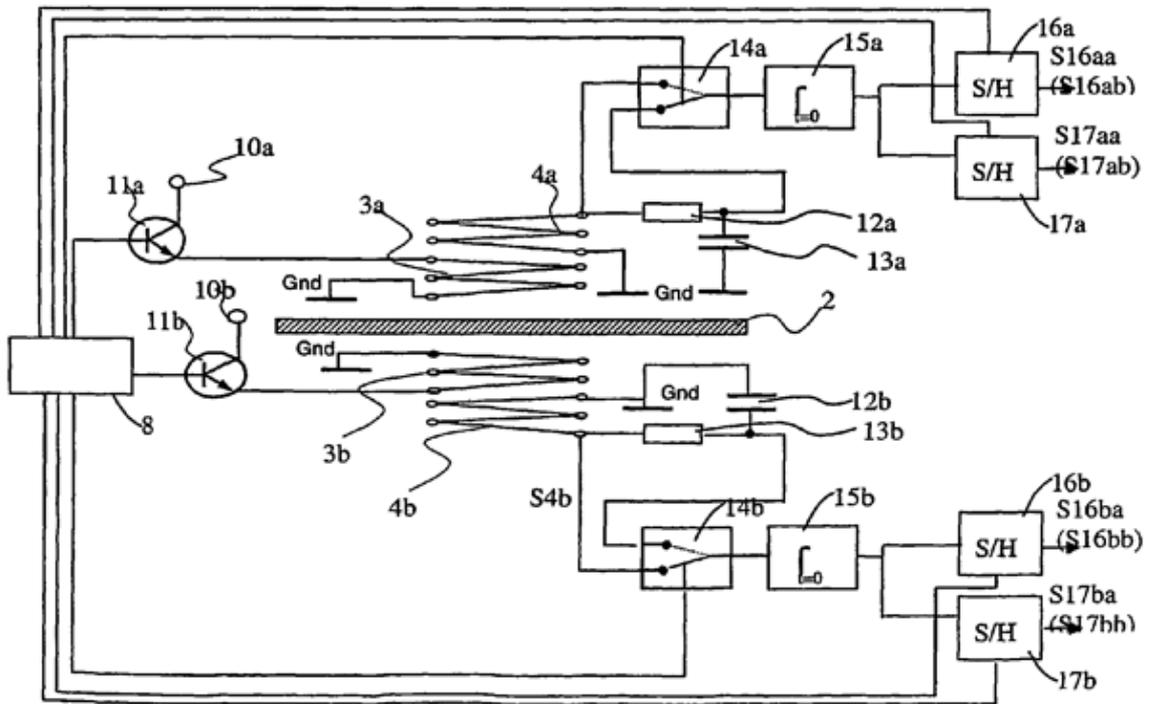
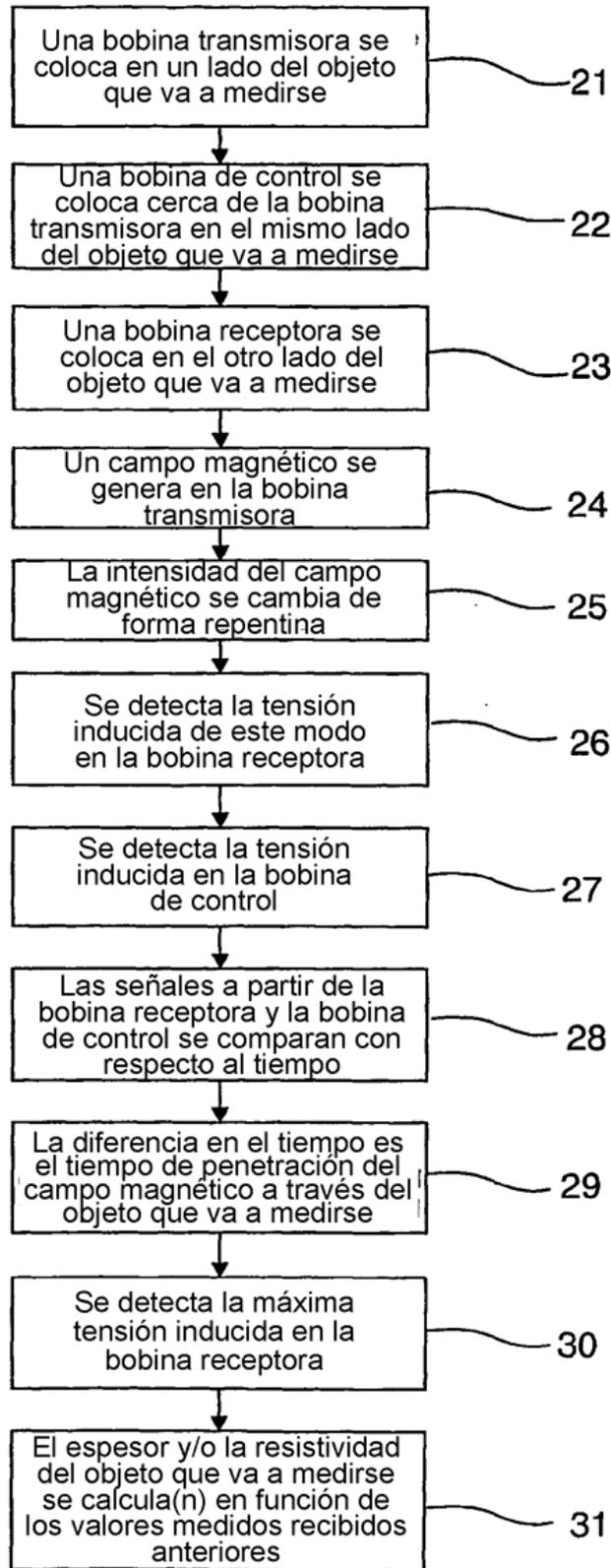


Figura 4



**Figura 5**