

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 542**

51 Int. Cl.:

**G01R 35/00** (2006.01)

**G01R 19/00** (2006.01)

**G01R 1/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.02.2014 PCT/EP2014/000430**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2014 WO2014161624**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2014 E 14705477 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.01.2017 EP 2981833**

54 Título: **Resistencia de medición y procedimiento de medición correspondiente**

30 Prioridad:

**05.04.2013 DE 102013005939**

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

**28.06.2017**

73 Titular/es:

**ISABELLENHÜTTE HEUSLER GMBH & CO. KG  
(100.0%)  
Eibacher Weg 3-5  
35683 Dillenburg, DE**

72 Inventor/es:

**HETZLER, ULLRICH**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 620 542 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**

Resistencia de medición y procedimiento de medición correspondiente.

5 La invención se refiere a una disposición de medición, en particular con una resistencia de medición de corriente de bajo ohmiaje. La invención se refiere además a un procedimiento de medición correspondiente.

10 Por el estado de la técnica (p. ej. DE 42 43 349 A1) se conoce, desde hace tiempo, la medición de la corriente con resistencias de medición de la corriente de bajo ohmiaje ("shunts") según la denominada técnica de cuatro conductores. Al mismo tiempo se introduce la corriente eléctrica que hay que medir en la resistencia de medición de la corriente de bajo ohmiaje, siendo medida la tensión, que cae a través del elemento de resistencia de la resistencia de medición, de la corriente de bajo ohmiaje. La tensión eléctrica medida es entonces, en correspondencia con la ley de Ohm, una medida para la corriente eléctrica, que fluye a través de la resistencia de medición de la corriente.

15 Las resistencias de medición de la corriente de este tipo pueden estar formadas, por ejemplo, en forma de placa, como se describe, por ejemplo, en los documentos EP 0 605 800 A1 y DE 42 43 349 A1. Otra forma constructiva de las resistencias de medición de la corriente de este tipo como resistencia coaxial se describe, por ejemplo, en los documentos WO 2007/068409 A1 y DE 10 2005 059 561 A1.

20 Las resistencias de medición de la corriente conocidas no son, sin embargo, todavía completamente satisfactorias en cuanto a la precisión de medición.

25 Cabe remitir además al estado de la técnica en el documento US 6 181 244 B1. Esta publicación da a conocer una resistencia en forma de placa de bajo ohmiaje con una tira de resistencia dispuesta en posición central la cual puede constar, por ejemplo, de una aleación níquel-aluminio. En los dos cantos laterales opuestos entre sí de la tira de resistencia están soldados dos elementos conductores de calor asimismo en forma de placa, que pueden estar hechos, por ejemplo, de cobre y que sirven, exclusivamente, para la regulación y desviación de calor perdido. En el lado superior del elemento conductor del calor están formados, al mismo tiempo, cinco pares de contactos unos junto a otros. Uno de estos pares de contactos sirve, al mismo tiempo, para la medición de tensión eléctrica que cae a través de la tira de resistencia, sirviendo los otros pares de contactos para la introducción o extracción de la corriente eléctrica, lo que hace posible una medición de la corriente según la conocida técnica de cuatro conductores. Aquí tiene lugar también la medición de tensión eléctrica que cae a través de la resistencia únicamente en un punto determinado mediante un único par de contactos. Cabe mencionar al mismo tiempo que los elementos conductores del calor en forma de placa en los lados de la tira de resistencia no sirven ellos mismos para el contacto eléctrico y no son además adecuados para ello. Esta resistencia conocida presenta, por lo tanto, una estructura fundamentalmente distinta y no es por ello genérica.

35 Además cabe remitir al estado de la técnica en los documentos DE 10 2006 039 722 A1 y DE 10 2012 211 749 A1. Estas publicaciones dan a conocer, sin embargo, otros tipos de resistencias y no son por ello genéricas.

40 Por los documentos US 2007/177318 A1 y JP 2009 244065 A se conoce una disposición de medición según el preámbulo de la reivindicación 1. Aunque la precisión de medición de estas disposiciones de medición conocidas es todavía insatisfactoria.

45 Por último cabe remitir al estado de la técnica en los documentos US 6 181 234 B1 y GB 2 434 252 A.

La invención se plantea por ello el problema de crear una disposición de medición mejorada y un procedimiento de medición mejorado.

50 Este problema se resuelve mediante una disposición de medición según la invención de acuerdo con la reivindicación principal. La invención comprende además un procedimiento de medición correspondiente de acuerdo con una reivindicación adicional.

55 La invención se basa en el conocimiento técnico-físico de que la densidad de corriente en el elemento de resistencia en las resistencias de medición de la corriente conocidas no es exactamente homogénea y rectificadas de manera que los valores de medición de tensión en la resistencia de medición dependen del lugar de la medición, es decir del posicionamiento de los contactos de medición de tensión. Por ejemplo, estas inhomogeneidades perturbadoras de la densidad de la corriente se generan en el elemento de resistencia mediante un suministro de corriente asimétrico, inhomogeneidades en la alimentación, contacto de conexión y material de resistencia, dependencias con la temperatura de un resistor en serie de cobre, variación de la corriente e influencias sobre la inductividad y los campos magnéticos. Durante el cálculo de la corriente eléctrica que fluye a través de la resistencia de medición de la corriente en correspondencia con la ley de Ohm a partir del valor de medición de tensión se supone, sin embargo, que el valor de medición de tensión corresponde exactamente a la caída de tensión a través del elemento de resistencia de la resistencia de medición de la corriente. De hecho el cálculo de la corriente eléctrica que fluye a través de la resistencia de medición de la corriente es falseado, sin embargo, por las inhomogeneidades mencionadas con anterioridad.

La invención comprende por ello la enseñanza técnica general de tener en cuenta las inhomogeneidades de la densidad de la corriente en el resistencia de medición y hacer posible con ello una medición más precisa.

5 La resistencia según la invención presenta, en coincidencia con la resistencia de medición de la corriente usual descrita al principio, preferentemente dos piezas de conexión realizadas a partir de un material conductor eléctricamente conductor para conducir la corriente eléctrica en la resistencia o para extraerla de la resistencia.

10 En el caso del material conductor de las dos piezas de conexión se trata, preferentemente, de cobre o de una aleación de cobre, dado que su resistencia eléctrica específica es extremadamente pequeña. La invención no está limitada, sin embargo, en lo que se refiere al material conductor de las piezas de conexión al cobre o a las aleaciones de cobre sino que se puede realizar, fundamentalmente, también con otros materiales conductores, los cuales presentan una resistencia eléctrica específica suficientemente pequeña. La resistencia eléctrica específica el material conductor es, preferentemente, menor que  $10^{-5} \Omega \cdot m$ ,  $10^{-6} \Omega \cdot m$  o incluso menor que  $10^{-7} \Omega \cdot m$ .

15 La resistencia según la invención presenta, además, en coincidencia con la resistencia de medición de la corriente usual descrita al principio, un elemento de resistencia que está dispuesto, en el recorrido de circulación de la corriente, entre las dos piezas de conexión, de manera que la corriente eléctrica fluye a través del elemento de resistencia. El elemento de resistencia está hecho al mismo tiempo de un material de resistencia de bajo ohmiaje, cuya resistencia eléctrica específica es mayor que la resistencia específica del material conductor de las dos piezas de conexión. Por ejemplo, en el caso del material de resistencia del elemento de resistencia puede tratarse de una aleación de níquel como, por ejemplo, níquel-cromo o cobre-níquel. Preferentemente se utiliza como material de resistencia, sin embargo, Cu84Ni4Mn12 (Manganin®) o Cu91Mn7Sn2 (Zeranin® 30).

20 Al mismo tiempo cabe mencionar que el material de resistencia es, preferentemente, de bajo ohmiaje y presenta una resistencia eléctrica específica la cual es, preferentemente, menor que menor que  $10^{-4} \Omega \cdot m$ ,  $10^{-5} \Omega \cdot m$  o incluso menor que  $10^{-6} \Omega \cdot m$ .

30 Además cabe mencionar todavía que las piezas de conexión y/o el elemento de resistencia son, preferentemente, en forma de placa, considerándose también una forma de placa doblada, lo que es en sí conocido sin embargo por el estado de la técnica.

De acuerdo con la invención la resistencia de medición presenta no sólo un único par de contactos de medición de tensión, los cuales están conectados con las piezas de conexión de la resistencia de medición, para medir la caída de tensión a través de elemento de resistencia de la resistencia de medición. Más bien presenta la resistencia de medición según la invención varios pares de contactos de medición de tensión estando conectado uno de los contactos de medición de tensión de cada par con la otra pieza de conexión, mientras que el otro contacto de medición de tensión de cada par contacta con la otra pieza de conexión. Los pares individuales de los contactos de medición de tensión miden, por lo tanto, respectivamente la caída de tensión a través del elemento de resistencia de la resistencia de medición en posiciones espaciales diferentes de la resistencia de medición. Con ello se pueden compensar, mediante la técnica de medición, las inhomogeneidades de la densidad de la corriente perturbadoras descritas al principio, gracias a que la tensión eléctrica que cae a través de la resistencia de medición es calculada, a partir de todos los valores de medición de tensión en los pares de contactos de medición de tensión, por ejemplo mediante una simple obtención de valor medio.

45 Los pares de contactos de medición de tensión están dispuestos al mismo tiempo, preferentemente, con respecto a la dirección de corriente, unos junto a otros en la resistencia de medición. En el caso de una resistencia de medición en forma de placa, como se conoce por ejemplo por el documento EP 0 605 800 A1, esto significa que los pares individuales de los contactos de medición de tensión están dispuestos, transversalmente con respecto de la resistencia de medición, unos junto a otros. En la resistencia coaxial, como se conoce por ejemplo por el documento WO 2007/068409 A1, esto significa por el contrario, preferentemente, que los pares individuales de contactos de medición de tensión están dispuestos de manera distribuida a lo largo del perímetro de la resistencia coaxial.

50 Las dos publicaciones EP 0 605 800 A1 y WO 2007/068409 A1 mencionadas con anterioridad describen, respectivamente, una resistencia de medición en forma de placa o una resistencia coaxial, de manera que se puede prescindir de la descripción detallada de los detalles constructivos de estos tipos de resistencia. El contenido de estas publicaciones debe ser sumado en toda su extensión, por ello, a la presente descripción en lo que respecta a la estructuración constructiva de una resistencia de medición en forma de placa o de una resistencia coaxial.

60 Además cabe mencionar que los pares de los contactos de medición de tensión están, preferentemente, dispuestos en una distribución sustancialmente equidistante. Esto es ventajoso debido a que los valores de medición de tensión reproducen entonces una imagen representativa de la distribución de la densidad de corriente espacial, de manera que las inhomogeneidades de la distribución de la densidad de la corriente se puede compensar bien mediante la técnica de medición.

65 Además cabe mencionar que las inhomogeneidades perturbadoras mencionadas con anterioridad son relevantes en

particular cuando la anchura del elemento de resistencia es relativamente grande transversalmente con respecto a la dirección de corriente. La resistencia de medición según la invención hace posible, sin embargo, a causa de la compensación de las inhomogeneidades perturbadoras, anchuras relativamente grandes de más de 5 mm, 10 mm, 20 mm, 50 mm, 100 mm ó incluso de más de 200 mm.

Además cabe mencionar que el número de pares de contactos de medición de tensión es preferentemente mayor que 2, 4, 6 o, incluso, 8, haciendo posible una densidad espacial grande de pares de contactos de medición de tensión una compensación de técnica de medición buena de las inhomogeneidades perturbadoras, dado que se pueden representar mejor oscilaciones espaciales de la densidad de la corriente en la resistencia de medición.

Además cabe mencionar que la corriente y la tensión en la resistencia de medición de la resistencia de medición presentan, parcialmente, un comportamiento inductivo y parcialmente un comportamiento capacitivo. Un comportamiento capacitivo de la corriente y de la tensión se caracteriza por que la corriente corre por delante de la tensión en una corriente alterna. Un comportamiento inductivo se caracteriza, por el contrario, por que la corriente va retrasada respecto de la tensión en una corriente alterna. En una resistencia de medición de la corriente en forma de placa la corriente y la tensión se comportan en las zonas situadas lateralmente fuera del elemento de resistencia, por regla general, de manera capacitiva mientras que la corriente y la tensión se comportan, sustancialmente, de manera inductiva en una zona intermedia del elemento de resistencia. Entre las zonas capacitivas y las zonas inductivas del elemento de resistencia se encuentran puntos neutros, en los cuales la corriente y la tensión presenta, sustancialmente, la misma fase y, por consiguiente, no presentan ni un comportamiento capacitivo ni un comportamiento inductivo. En una variante de la invención está previsto, por ello, que un par de contactos de medición de tensión en la resistencia de medición esté dispuesto en un lugar que corresponda al punto neutro mencionado con anterioridad. Esto significa que la corriente a través de la resistencia de medición de la corriente y la tensión medida a través de un par de contactos de medición de tensión son equifásicas.

La invención comprende, por lo tanto, una disposición de medición completa con la resistencia de medición según la invención descrita con anterioridad y una unidad de evaluación, la cual está conectada con los pares de contactos de medición de tensión y que determina la caída de tensión a través del elemento de resistencia a partir de los valores de medición de tensión, para poder calcular, a partir de ello, de acuerdo con la ley de Ohm, la corriente eléctrica que fluye a través de la resistencia de medición.

La invención reivindica además protección para el procedimiento de medición correspondiente, pudiendo verse los detalles del procedimiento de medición ya en la descripción anterior.

De manera complementaria cabe mencionar que los valores de medición de tensión individuales son ponderados, en los diferentes pares de los contactos de medición de tensión, respectivamente con un factor de ponderación, para poder calcular entonces la caída de tensión a lo largo de la resistencia de medición, a partir de los valores de tensión ponderados. Antes de la medición real se determinan estos factores de ponderación, preferentemente, en un proceso de calibración separado.

Con respecto a los factores de ponderación cabe destacar que las inhomogeneidades perturbadoras del recorrido de la corriente en el elemento de resistencia pueden ser completamente compensadas mediante un juego óptimo de factores de ponderación. De todos modos las inhomogeneidades perturbadoras del recorrido de la corriente en el elemento de resistencia dependen también de los parámetros de medición actuales (p. ej. temperatura, frecuencia, campo magnético externo, etc.). Un juego óptimo de factores de ponderación hace posible, por lo tanto, para un juego de parámetros de medición correspondiente, una compensación óptima de las inhomogeneidades perturbadoras en el elemento de resistencia. En un ejemplo de realización de la invención está previsto por ello que los factores de ponderación no sean predeterminados constantemente de manera específica para el componente sino que se determinen en función de los parámetros de medición actuales. En caso de que, por ejemplo, la medición tenga lugar bajo un campo magnético exterior entonces se eligen otros factores de compensación que cuando la medición tiene lugar sin campo magnético exterior. De esta manera es posible compensar las inhomogeneidades perturbadoras del recorrido de la corriente en el elemento de resistencia ampliamente de manera independiente con respecto a las condiciones de medición externas (p. ej. temperatura, frecuencia, campo magnético), gracias a que respectivamente se elige un juego de factores de compensación, el cual es adecuado para las condiciones de medición actuales. El juego óptimamente adecuado de factores de ponderación se determina, al mismo tiempo, preferentemente en el marco de un proceso de calibración. En el marco del proceso de calibración se alimenta con corriente la resistencia de medición con corriente conocidas predeterminadas, midiéndose respectivamente los valores de la tensión a través de los contactos de medición de tensión. Al mismo tiempo se miden los parámetros de medición (p. ej. temperatura, frecuencia, campo magnético) para cada valor de la alimentación con corriente. De esta manera se puede determinar entonces un juego de factores de ponderación óptimo para cada punto de funcionamiento. Los factores de ponderación para los diferentes parámetros de medición determinados de esta manera pueden ser almacenados entonces en el campo característico pluridimensional y ser seleccionados entonces fácilmente durante el funcionamiento de medición propiamente dicho.

Es, sin embargo, también posible de forma alternativa que los factores de ponderación óptimos no sean leídos de un campo característico, sino que se pueden determinar analíticamente en función de los parámetros de medición

actuales.

Además cabe mencionar que los valores de medición de la tensión individuales se miden, preferentemente, de manera síncrona. Mediante esta medición síncrona y paralela de un gran número de valores de medición de tensión se reduce también fuertemente el ruido, lo que para valores de medición de tensión generalmente muy pequeños supone una gran ventaja dado que con ello se puede aumentar la resolución de medición.

La medición de los valores de medición de tensión individuales tiene lugar, además, con una velocidad de muestreo muy grande de, por ejemplo, más de 100 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz o incluso más de 4 kHz.

En un ejemplo de realización preferido de la invención se calcula un valor medio de los valores de medición de tensión en los pares individuales del contactos de medición de tensión, pudiendo los valores de medición de tensión ser compensados también de manera diferente.

Esta obtención de valor medio puede tener lugar, opcionalmente, sobre la base de los valores analógicos de medición de tensión o sobre la base de valores de medición de tensión correspondientemente digitalizados.

Otros perfeccionamientos ventajosos de la invención están caracterizados en las reivindicaciones y se explican a continuación con mayor detalle junto con la descripción de los ejemplos de realización preferidos de la invención. Se muestra, en:

la figura 1, una vista en perspectiva esquemática de una resistencia de medición de corriente según la invención con un gran número de contactos de medición de tensión,

la figura 2, una representación esquemática de un circuito para una obtención de valor medio analógica a partir de valores de edición de tensión individuales en los contactos de medición de tensión de la resistencia de medición de la corriente según la figura 1,

la figura 3, un diagrama para explicar los diferentes valores de la corriente, que resultan de los diferentes valores de medición de tensión como consecuencia de la ley de Ohm,

la figura 4, un diagrama para explicar la amplitud y el corrimiento de fase en los diferentes contactos de medición de tensión en función de la posición espacial de los contactos de medición de tensión,

la figura 5, un diagrama para la explicación del comportamiento capacitivo de la corriente ya la tensión en las zonas exteriores de la resistencia de medición de la corriente,

la figura 6, un diagrama para la explicación del comportamiento inductivo de la zona central de la resistencia de medición de la corriente,

la figura 7, un diagrama para la explicación de la perturbación de la medición mediante un campo magnético externo,

la figura 8, una vista parcial en perspectiva de una resistencia coaxial con un gran número de contactos de medición de tensión,

la figura 9, un ejemplo de realización que no es según la invención de una resistencia de medición de la corriente en forma de placa con únicamente un par de contactos de medición de tensión,

la figura 10, un diagrama de flujo para la explicación del proceso de calibración para la determinación de los factores de ponderación óptimos para diferentes condiciones de medición, así como

la figura 11, un diagrama de flujo para la explicación del procedimiento de medición real para diferentes condiciones de medición.

La figura 1 muestra una resistencia de medición de corriente 1 en forma de placa para medición de la corriente según la conocida técnica de cuatro conductores.

La resistencia de medición de la corriente 1 está estructurada ampliamente de manera usual de forma que se remite, por completitud, a la solicitud de patente EP 0 605 800 A1 cuyo contenido debe sumarse por ello en toda su extensión a la presente descripción.

La resistencia de medición de la corriente 1 consta, sustancialmente, de dos piezas de conexión en forma de placa realizada a partir de un material conductor (p. ej. cobre o una aleación de cobre) y un elemento de resistencia 4 asimismo en forma de placa realizada a partir de un material de resistencia de bajo ohmiaje (p. ej. Manganin®). La corriente eléctrica que hay que medir es introducida, al mismo tiempo, en la pieza de conexión 2, fluye entonces a

través del elemento de resistencia 4 y abandona la resistencia de medición de la corriente entonces a través de la otra pieza de conexión 3.

5 Para la introducción y la extracción de la corriente eléctrica las piezas de conexión 2, 3 presentan, respectivamente, uno o varios taladros 5, 6, en los cuales se pueden atornillar, por ejemplo, contactos de conexión.

En este ejemplo de realización la resistencia de medición de la corriente 1 presenta una anchura  $b = 200$  mm, si bien son posibles también otros valores para la anchura  $b$  de la resistencia de medición de la corriente 1.

10 Al mismo tiempo es problemático el hecho de que la densidad de corriente en el elemento de resistencia 4 no sea exactamente homogénea y no esté rectificadasino que oscile a lo largo de la anchura  $b$  de la resistencia de medición de la corriente 1 lo que conduce, en las resistencias de medición usuales, a errores de medición correspondientes, dado que la tensión de caída a lo largo del elemento de resistencia 4 es medida, al mismo tiempo, únicamente mediante dos contactos de medición de tensión.

15 La resistencia de medición de la corriente 1 según la invención presenta por ello un gran número de pares de contactos de medición de tensión 7 los cuales están dispuestos de manera distribuida a través de la anchura  $b$  de la resistencia de medición de la corriente 1. En cada uno de los pares de los contactos de medición de tensión 7 está dispuesto uno de los contactos de medición de tensión 7 en la pieza de conexión 2, mientras que el otro contacto de medición de tensión 7 de cada par contacta con la otra pieza de conexión 3. Los pares individuales de contactos de medición de tensión 7 miden por lo tanto, respectivamente, la tensión eléctrica que cae a lo largo del elemento de resistencia 4 en diferentes puntos a lo largo de la anchura  $b$  de la resistencia de medición de la corriente 1.

20 Durante una medición se miden entonces, de manera simultánea, un gran número de valores de la tensión en los contactos de medición de tensión 7, a partir de los cuales se deduce entonces, por ejemplo mediante una obtención de valor medio ponderada, un valor de la tensión el cual está libre de las inhomogeneidades de la densidad de corriente perturbadoras, descritas con anterioridad, en el elemento de resistencia 4 y que presenta por ello una mayor precisión.

30 La figura 2 muestra, en una representación esquemática muy simplificada, un circuito para la explicación de una obtención de valor medio analógica a partir de los valores de medición de tensión que se miden en la resistencia de medición de la corriente 1 según la figura 1 en los diferentes pares de contactos de medición de tensión 7.

35 Al mismo tiempo se miden en la resistencia de medición de la corriente 1, en los distintos pares de contactos de medición de tensión 7, respectivamente valores de medición de tensión  $U_0, U_1, \dots, U_n$ , cayendo los valores de medición de tensión  $U_0, U_1, \dots, U_n$  respectivamente a través de una resistencia efectiva  $R_0, R_1, \dots, R_n$ .

40 Los valores de medición de tensión  $U_0, U_1, \dots, U_n$  son conducidos entonces, a través de resistencias  $F_0 \cdot R_a, F_0 \cdot R_b, F_1 \cdot R_a, F_1 \cdot R_b, \dots, F_n \cdot R_a, F_n \cdot R_b$ , a la entrada de un sistema de medición analógico o de un convertidor analógico/digital 8, el cual emite entonces una señal de salida correspondiente, que reproduce la tensión eléctrica que cae a lo largo del elemento de resistencia 4 y que está liberada casi por completo de las inhomogeneidades perturbadoras descritas con anterioridad.

45 La figura 3 muestra los resultados de medición en la resistencia de medición de la corriente 1 según la invención con un valor de la resistencia de  $R = 1 \mu\Omega$  y una anchura  $b = 200$  mm y ocho pares de contactos de medición de tensión 7. Al mismo tiempo la corriente eléctrica suministrada es de  $I = 4$  kA.

50 En el diagrama puede verse que los valores de medición de tensión individuales en los diferentes pares de contactos de medición de tensión 7 divergen ligeramente tanto con respecto a la amplitud como también con respecto a la posición de fase.

55 La figura 4 muestra otro diagrama para la explicación de la dependencia de la amplitud y del corrimiento de fase en función de la posición de medición de los contactos de medición de tensión 7 dentro de la resistencia de medición de la corriente 1.

El eje X muestra, al mismo tiempo, la distancia del contactos de medición de tensión 7 respectivamente con respecto al canto lateral de la resistencia de medición de la corriente 1.

60 El eje Y muestra, por el contrario, por un lado la amplitud normalizada del valor de medición de tensión y por el otro el corrimiento de fase en grados.

65 En el diagrama se puede ver que la corriente y la tensión presentan, en el centro de la resistencia de medición de la corriente 1, un comportamiento inductivo mientras que por el contrario la corriente y la tensión muestran un comportamiento capacitivo en las zonas del borde laterales de la resistencia de medición de la corriente. Entre la zona central inductiva de la resistencia de medición de la corriente 1 y las zonas laterales inductivas de la resistencia de medición de la corriente 1 se encuentra un así llamado punto neutro 9, tratándose en realidad de una línea a lo

largo de la dirección principal de circulación de la corriente en la resistencia de medición de la corriente 1. En una disposición de un par de contactos de medición de tensión 7 en el punto neutro 9 los valores de medición de tensión y la corriente eléctrica no presentan un comportamiento capacitivo ni tampoco uno inductivo sino que son sustancialmente equifásicos.

5 La figura 5 muestra el comportamiento capacitivo de la corriente y la tensión en las zonas exteriores laterales de la resistencia de medición de la corriente 1 durante un proceso de desconexión. En el diagrama puede verse que en caso de un corrimiento de fase positivo aparece una sobresoscilación.

10 La figura 6 muestra el comportamiento inductivo de la corriente y de la tensión en la zona central de la resistencia de medición de la corriente 1 durante el proceso de desconexión. En el diagrama puede verse el terminación gradual asintótica de la señal de medición.

15 La figura 7 muestra, además, los valores de medición de tensión en los diferentes pares de contactos de medición de tensión 7 o los valores de la corrientes correspondientes resultantes de ellos en caso de una corriente continua de aprox.  $I = 8 \text{ A}$  y cable de corriente alterna, que discurre en proximidad directa de la resistencia de medición de la corriente 1, con aprox.  $I = 5000 \text{ A}$ . El campo magnético que se forma en el cable de corriente alterna crea corrientes parásitas, en la resistencia de medición de la corriente 1 y en sus hilos de alimentación, las cuales son medidas en los canales individuales o en los pares individuales de los contactos de medición de tensión 7 con una fase y amplitud diferentes, pero que no se pueden ver en la media ponderada. La obtención del valor medio a partir de los diferentes valores de medición de tensión hace posible, por lo tanto, de manera ventajosa también una compensación de las influencias perturbadoras de campos magnéticos externos.

20 La figura 8 muestra una representación parcial de una resistencia coaxial 10, como está descrita como un todo por ejemplo en el documento WO 2007/068409 A1, de manera que se puede prescindir de una descripción completa de la estructura y de la forma de funcionamiento de una resistencia coaxial 10. La solicitud de patente WO 2007/068409 A1 mencionada ya con anterioridad debe sumarse por ello, en lo que se refiere a la estructuración y a la forma de funcionamiento de la resistencia coaxial 10, en toda su extensión a la presente descripción.

25 En este punto cabe mencionar únicamente que la resistencia coaxial 10 presenta dos piezas de conexión 11, 12 anulares entre las cuales está introducido un elemento de resistencia 13 asimismo anular.

30 La resistencia coaxial 10 presenta además un gran número de pares de contactos de medición de tensión 14, los cuales están distribuidos a lo largo del perímetro y que por ello pueden compensar inhomogeneidades de la distribución de la corriente a lo largo del perímetro, como se puede ver en sí ya en la descripción anterior.

35 La figura 9 muestra otra variante de una resistencia de medición de la corriente 1 que no es según la invención la cual corresponde, sustancialmente, a la resistencia de medición de la corriente 1 según la figura 1, de manera que para evitar repeticiones se remite a la descripción anterior, utilizándose para detalles correspondientes los mismos signos de referencia.

40 Una particularidad de este ejemplo de realización consiste en que la resistencia de determinación de la corriente 1 presenta un único de contactos de medición de tensión 7 los cuales están dispuestos, sin embargo, para evitar influencias perturbadoras de las inhomogeneidades de la distribución de la corriente, en el elemento de resistencia 4, en la zona del punto neutro 9, es decir exactamente en el límite entre la zona capacitiva y la zona inductiva de la resistencia de medición de la corriente 1. Durante una medición de un valor de medición de tensión en los contactos de medición de tensión 7 mediante una unidad de evaluación 15 la corriente y la tensión no muestran, por lo tanto, ni un comportamiento inductivo ni un comportamiento capacitivo, sino que son sustancialmente equifásicas.

45 La figura 10 muestra un diagrama de flujo para la explicación de una proceso de calibración para la determinación de los factores de ponderación óptimos para las diferentes condiciones de medición.

50 En un primer paso S1 la resistencia de medición de la corriente es alimentada con diferentes corrientes de calibración conocidas, reinando respectivamente diferentes parámetros de calibración (p. ej. temperatura, frecuencia, campo magnético). Los valores actuales de los parámetros de calibración determinan por lo tanto, respectivamente, un punto de funcionamiento pluridimensional, influyendo el punto de funcionamiento sobre las inhomogeneidades perturbadoras en el elemento de resistencia. Durante la alimentación con corriente de la resistencia de medición de la corriente con las diferentes corrientes de calibración se miden entonces, respectivamente, las tensiones de caen a lo largo de los contactos de medición de tensión.

55 En el paso S3 se calcula entonces, respectivamente, un juego óptimo de factores de ponderación para cada punto de funcionamiento, es decir para cada juego de parámetros de calibración.

60 Los juegos óptimos de factores de ponderación calculados de esta manera son almacenados entonces, en un paso S4, en un campo característico pluridimensional.

65

La figura 11 muestra un diagrama de flujo para la explicación del proceso de medición real sobre la base de la calibración descrita con anterioridad.

5 En un paso S1 se alimenta la resistencia de medición con la corriente que hay que medir.

En un paso S2 se miden, al mismo tiempo, las tensiones que caen a lo largo de los contactos de medición de tensión, mientras que la resistencia de medición es alimentada con la corriente que hay que medir.

10 Además se miden, durante la alimentación con corriente, los parámetros de medición actuales (p. ej. temperatura, frecuencia, campo magnético) dado que los parámetros de medición pueden tener una influencia sobre las inhomogeneidades perturbadoras en el elemento de resistencia de la resistencia de medición de la corriente.

15 Dependiendo de los parámetros de medición actuales se lee entonces, en un paso S4, un juego adecuado de factores de ponderación en el campo característico, habiendo sido determinados los factores de ponderación con anterioridad durante el proceso de calibración según la figura 10.

Los valores de medición de tensión medidos son ponderados entonces, en un paso S5, con los valores de ponderación leídos, para determinar un valor de medición de tensión.

20 Por último se calcula, en el paso S6, a partir del valor de medición de tensión ponderado, la corriente de acuerdo con la ley de Ohm.

25 La invención no está limitada a los ejemplos de realización preferidos descritos con anterioridad. Más bien es posible un gran número de variantes y modificaciones las cuales hacen uso, asimismo, de la idea de la invención y que por ello caen en el ámbito de protección. La invención reivindica en particular también protección para el objeto y las características de las reivindicaciones subordinadas independientemente de las reivindicaciones a las que se haga referencia respectivamente.

30 Listado de signos de referencia

- 1 resistencia de medición de corriente
- 2 pieza de conexión
- 3 pieza de conexión
- 35 4 elemento de resistencia
- 5 taladro
- 6 taladro
- 7 contactos de medición de tensión
- 8 convertidor analógico/digital
- 9 punto neutro
- 40 10 resistencia coaxial
- 11 pieza de conexión
- 12 pieza de conexión
- 13 elemento de resistencia
- 14 contactos de medición de tensión
- 45 15 unidad de evaluación
- b anchura de la resistencia de medición de corriente



**REIVINDICACIONES**

1. Disposición de medición con

a) una resistencia de medición (1; 10), con

a1) una primera pieza de conexión (2) realizada a partir de un material conductor para conducir una corriente a la resistencia de medición (1; 10),

a2) una segunda pieza de conexión (3) realizada a partir de un material conductor para conducir la corriente fuera de la resistencia de medición (1; 10),

a3) un elemento de resistencia (4; 13) realizado a partir de un material de resistencia, estando el elemento de resistencia (4; 13) dispuesto en la dirección de la corriente entre las dos piezas de conexión, y siendo atravesado por la corriente,

a4) un primer par de contactos de medición de tensión (7; 14) para medir la caída de tensión a través del elemento de resistencia (4; 13), entrando dicho contacto de medición de tensión (7) eléctricamente en contacto con la primera pieza de conexión (2), mientras que el otro contacto de medición de tensión (7) entra eléctricamente en contacto con la segunda pieza de conexión (3), y con

a5) un segundo par de contactos de medición de tensión (7; 14) para medir la caída de tensión a través del elemento de resistencia (4; 13), entrando dicho contacto de medición de tensión (7) eléctricamente en contacto con la primera pieza de conexión (2), mientras que el otro contacto de medición de tensión (7) entra eléctricamente en contacto con la segunda pieza de conexión (3),

b) una unidad de evaluación, que está conectada con los pares de contactos de medición de tensión (7; 14) y que registra en los pares, respectivamente, un valor de medición de tensión, y que determina a partir de los valores de medición de tensión la caída de tensión a través del elemento de resistencia (4; 13),

caracterizada por que

c) la unidad de evaluación pondera, respectivamente, los valores de medición de tensión individuales con un factor de ponderación, y

d) la unidad de evaluación determina la caída de tensión a través del elemento de resistencia (4; 13) a partir de los valores de tensión ponderados.

2. Disposición de medición según la reivindicación 1, caracterizada por que los pares de contactos de medición de tensión (7; 14) están dispuestos en la resistencia de medición (1; 10), unos junto a otros con respecto a la dirección de corriente.

3. Disposición de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que los pares de los contactos de medición de tensión (7; 14) están dispuestos en una distribución sustancialmente equidistante.

4. Disposición de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el elemento de resistencia (4; 13) presenta una anchura (b) transversalmente con respecto a la dirección de corriente de por lo menos 5 mm, 10 mm, 20 mm, 50 mm, 100 mm o 200 mm.

5. Disposición de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el número de pares de contactos de medición de tensión (7; 14) es mayor que dos, cuatro, seis u ocho.

6. Disposición de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que

a) la resistencia de medición (1) tiene forma de placa, o

b) la resistencia de medición (10) es una resistencia coaxial, estando los pares de contactos de medición de tensión (14) dispuestos de manera distribuida a lo largo del perímetro.

7. Disposición de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que

a) la resistencia de medición (1; 10) muestra un comportamiento capacitivo en por lo menos uno de los pares de contactos de medición de tensión (7; 14), y

b) la resistencia de medición (1; 10) muestra un comportamiento inductivo en por lo menos uno de los pares de contactos de medición de tensión (7; 14).

8. Procedimiento de medición, en particular para medir la corriente según la técnica de cuatro conductores, en particular con una resistencia de medición (1; 10) según una de las reivindicaciones anteriores, con las etapas siguientes:

- 5 a) conducir una corriente que hay que medir a una resistencia de medición (1; 10), de manera que la corriente fluya a través de un elemento de resistencia (4; 13) en la resistencia de medición (1; 10),
- b) conducir la corriente fuera de la resistencia de medición (1; 10) y
- 10 c) determinar la caída de tensión a través del elemento de resistencia (4; 13) de la resistencia de medición (1; 10), cuando la corriente fluye a través del elemento de resistencia (4; 13), siendo la tensión medida en un primer par de contactos de mediación de la tensión (7; 14),
- 15 d) midiéndose los valores de medición de tensión de la caída de tensión a través del elemento de resistencia (4; 13) en varios pares de contactos de medición de tensión (7; 14), respectivamente,
- e) determinándose la caída de tensión a través del elemento de resistencia (4; 13) a partir de los valores de medición de tensión individuales en los pares de contactos de medición de tensión (7; 14),
- 20 caracterizada por las etapas siguientes:
- f) ponderar cada uno de los valores de medición de tensión individuales, respectivamente, con un factor de ponderación, y
- 25 g) determinar la caída de tensión a través del elemento de resistencia (4; 13) a partir de los elementos de tensión ponderados.

9. Procedimiento de medición según la reivindicación 8, caracterizado por la etapa siguiente:

- 30 calibrar los factores de ponderación en un proceso de calibración.

10. Procedimiento de medición según la reivindicación 9, caracterizado por las etapas siguientes:

- 35 a) determinar por lo menos un parámetro de medición, que tiene una influencia sobre inhomogeneidades en la corriente en el elemento de resistencia (4; 13), y
- b) determinar los factores de ponderación en función de dicho por lo menos un parámetro de medición.

11. Procedimiento de medición según la reivindicación 10, caracterizado por que el parámetro de medición comprende por lo menos una de las magnitudes siguientes:

- 40 a) frecuencia de la corriente,
- b) temperatura del entorno o de la resistencia de medición,
- 45 c) magnitud y dirección de un campo magnético exterior, en el que tiene lugar la medición,
- d) corriente a través de la resistencia de medición,
- 50 e) tensión a través de los contactos de medición de tensión.

12. Procedimiento de medición según una de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizado por que los valores de medición de tensión se miden sincrónicamente en los pares individuales de contactos de medición de tensión (7; 14).

- 55 13. Procedimiento de medición según una de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado por que unos valores de medición de tensión se miden en los pares individuales de los contactos de medición de tensión (7; 14) con una velocidad de muestreo de por lo menos 100 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz o por lo menos 4 kHz.

60 14. Procedimiento de medición según una de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizado por las etapas siguientes:

- a) calcular un valor medio, simple o ponderado de los valores de medición de tensión,
- 65 b) calcular la caída de tensión a través del elemento de resistencia (4; 13) a partir del valor medio de los valores de medición de tensión.

15. Procedimiento de medición según una de las reivindicaciones 8 a 13, caracterizado por que

- a) los valores de medición de tensión analógicos se convierten en valores de medición de tensión digitalizados, y/o
- b) la obtención del valor medio simple o ponderado tiene lugar sobre la base de los valores de medición de tensión analógicos o sobre la base de los valores de medición de tensión digitalizados.

5

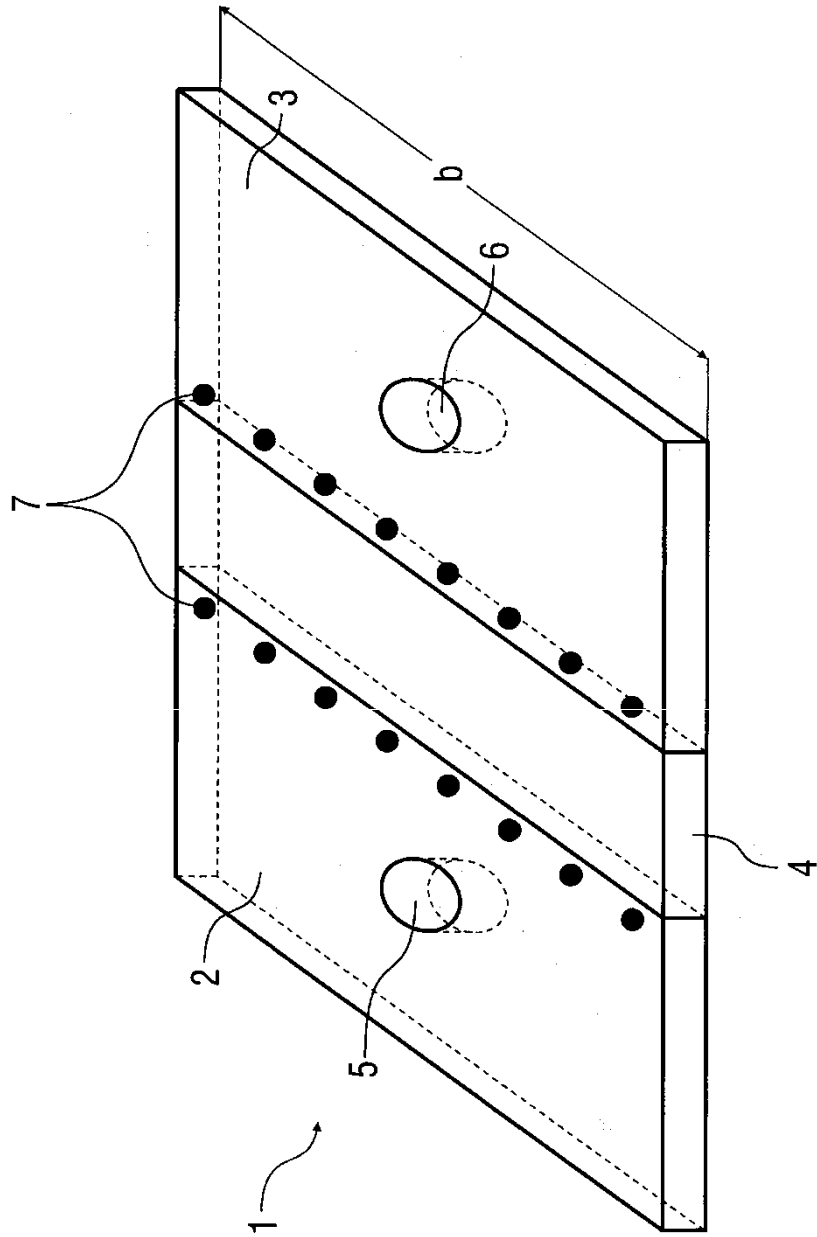


Fig. 1

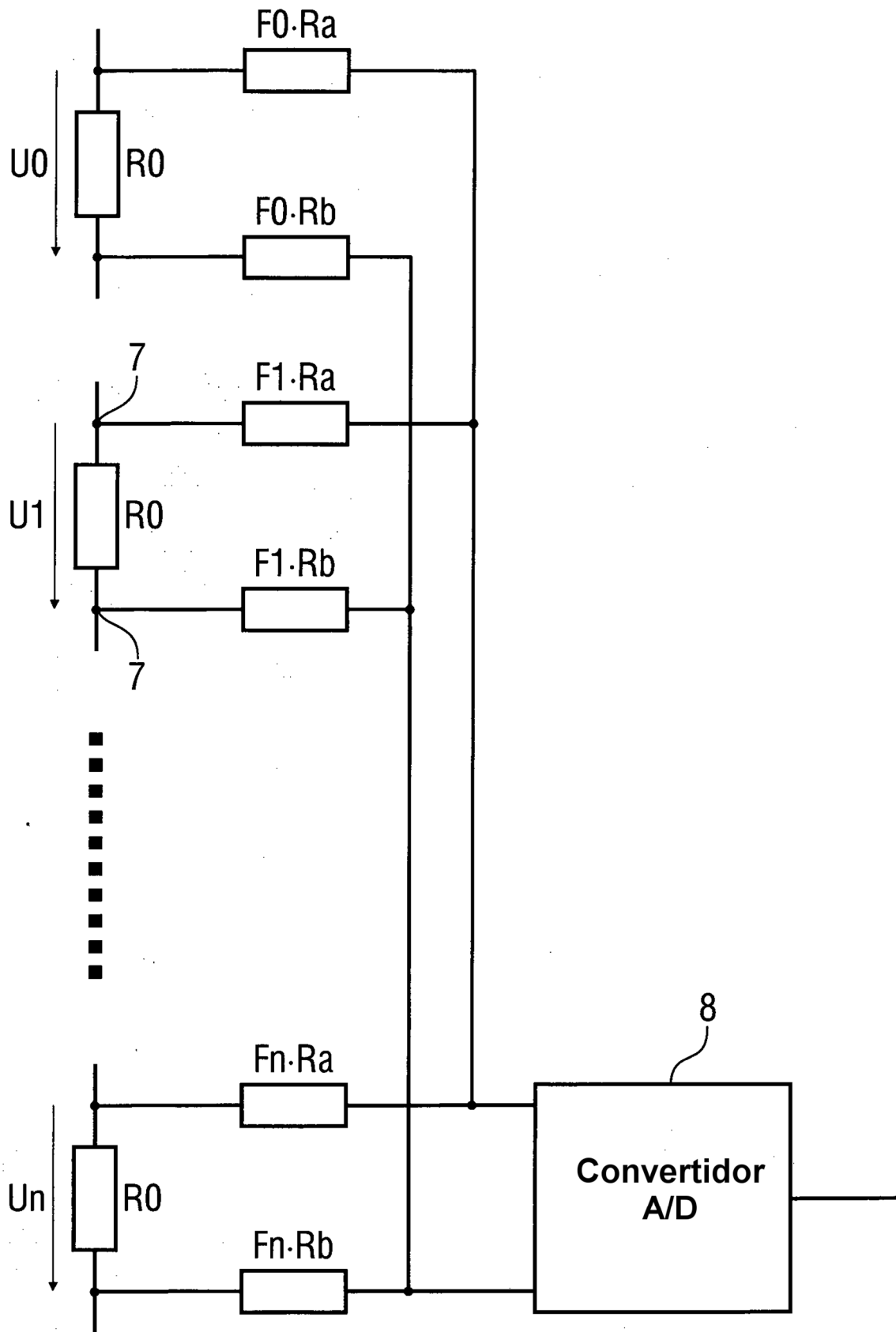


Fig. 2

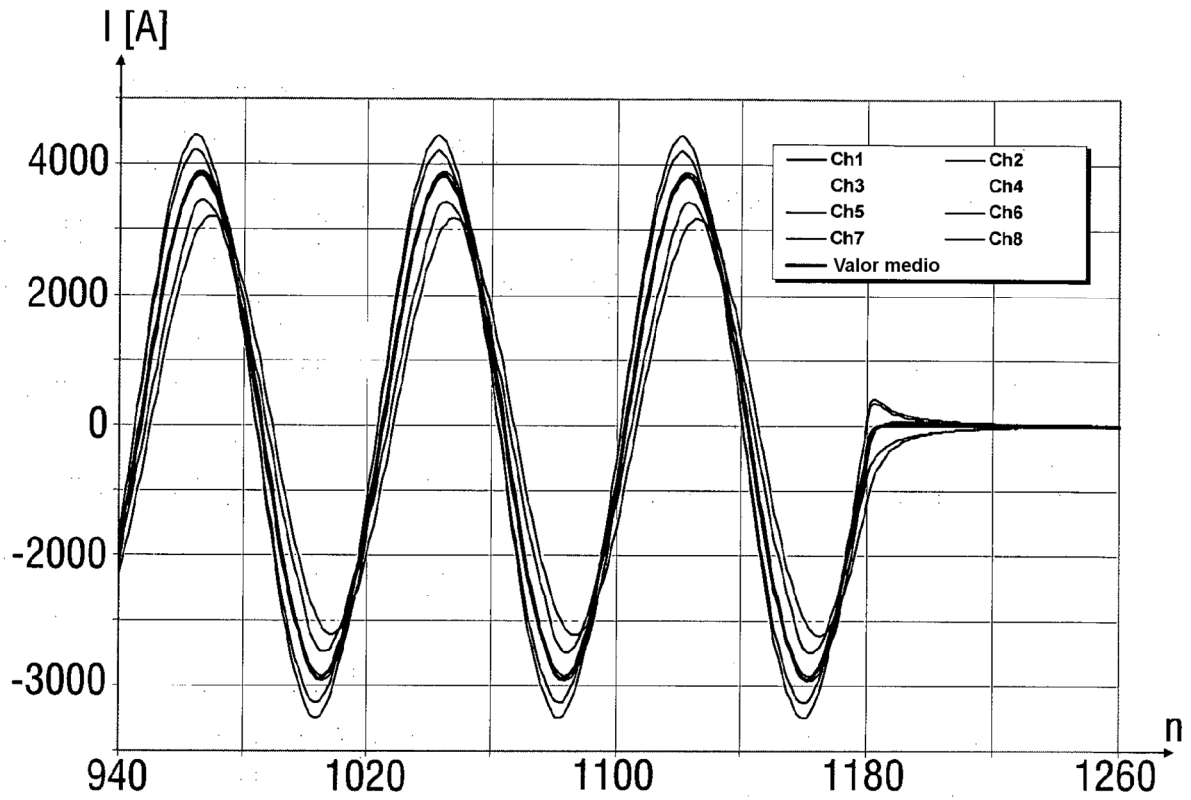


Fig. 3

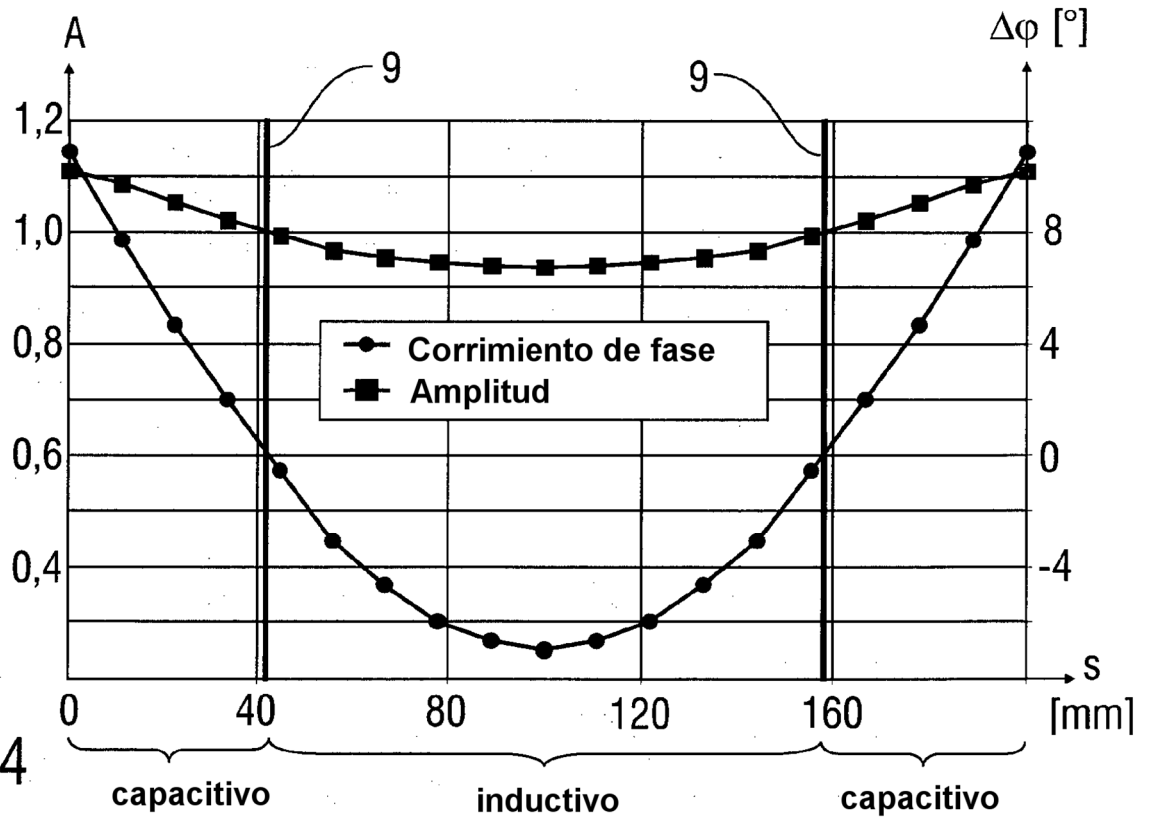


Fig. 4

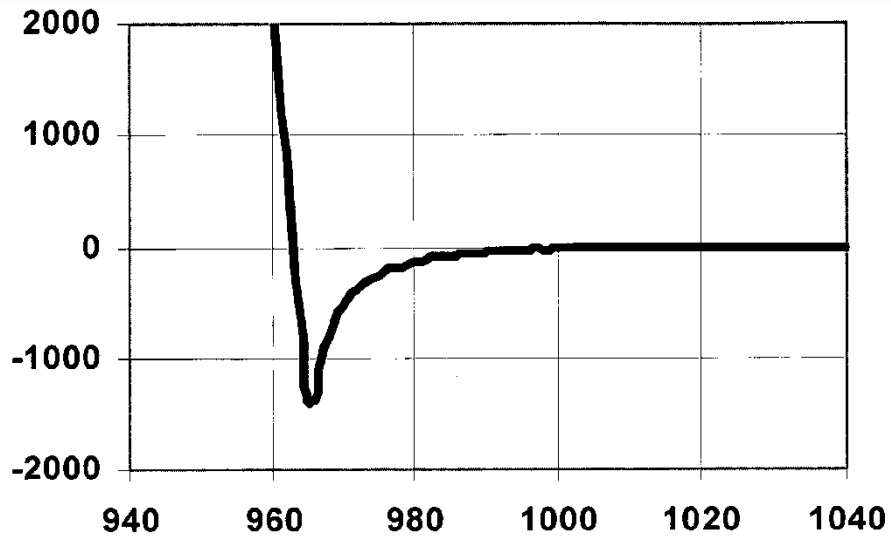


Fig. 5

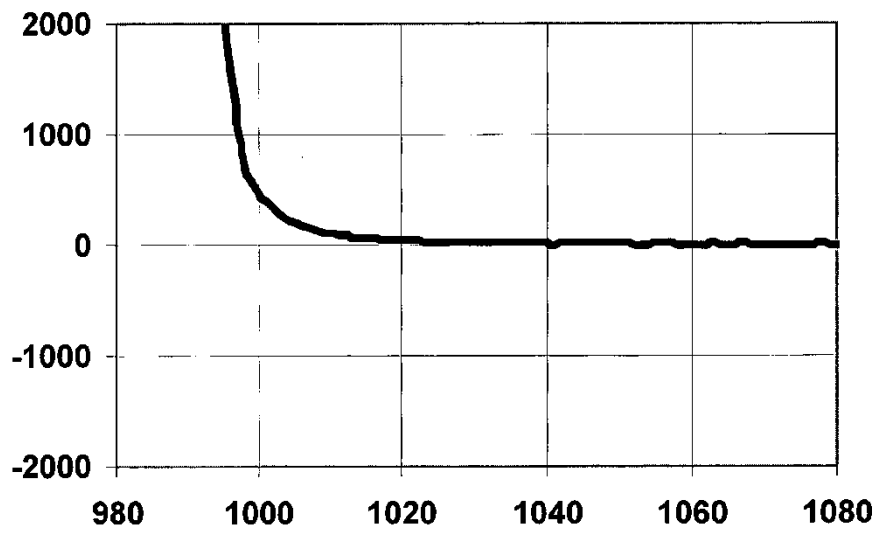


Fig. 6

# IUH-1 $\mu$ Ohm

8A DC, perturbaciones por campo magnético externo

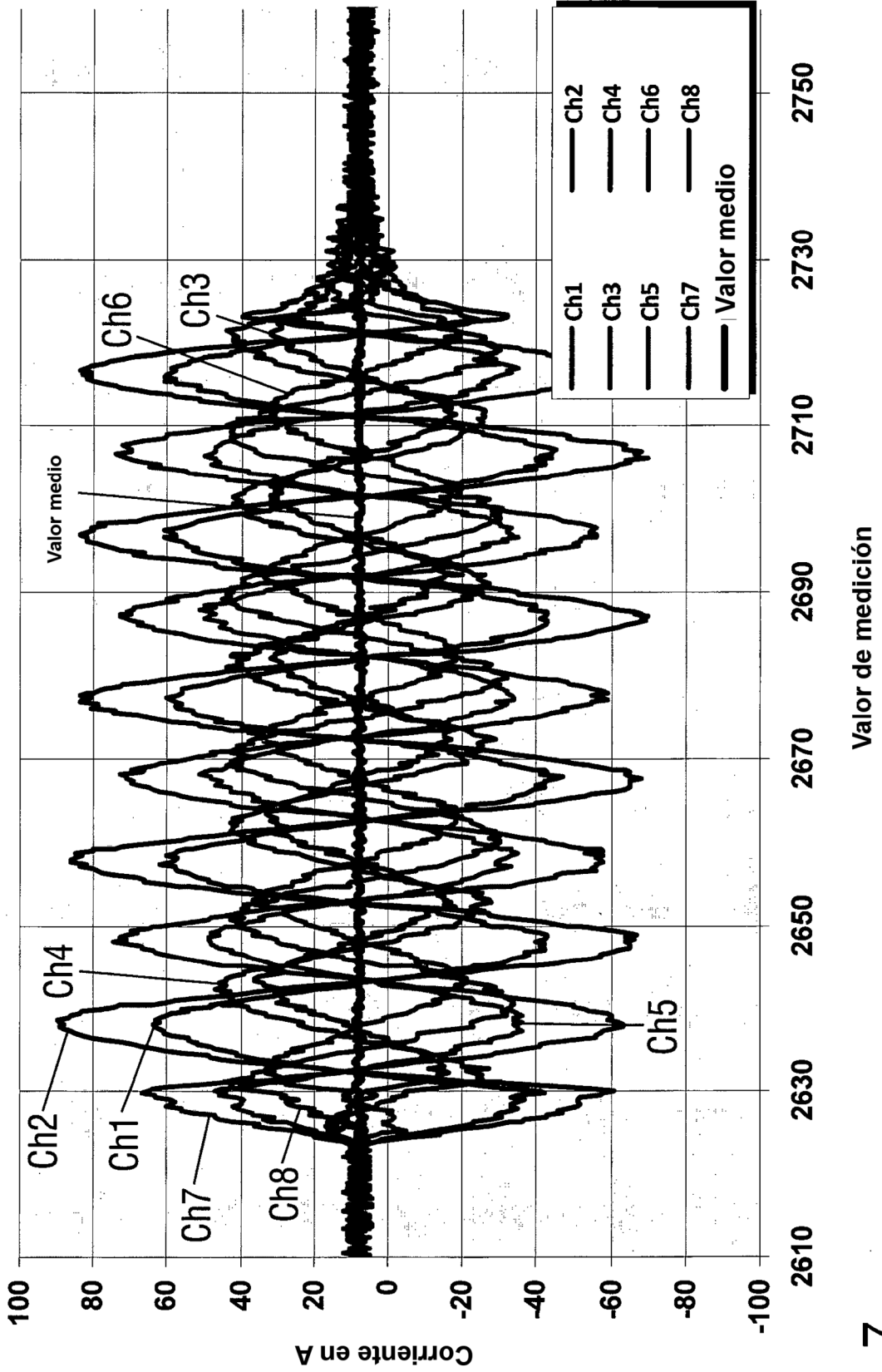


Fig. 7



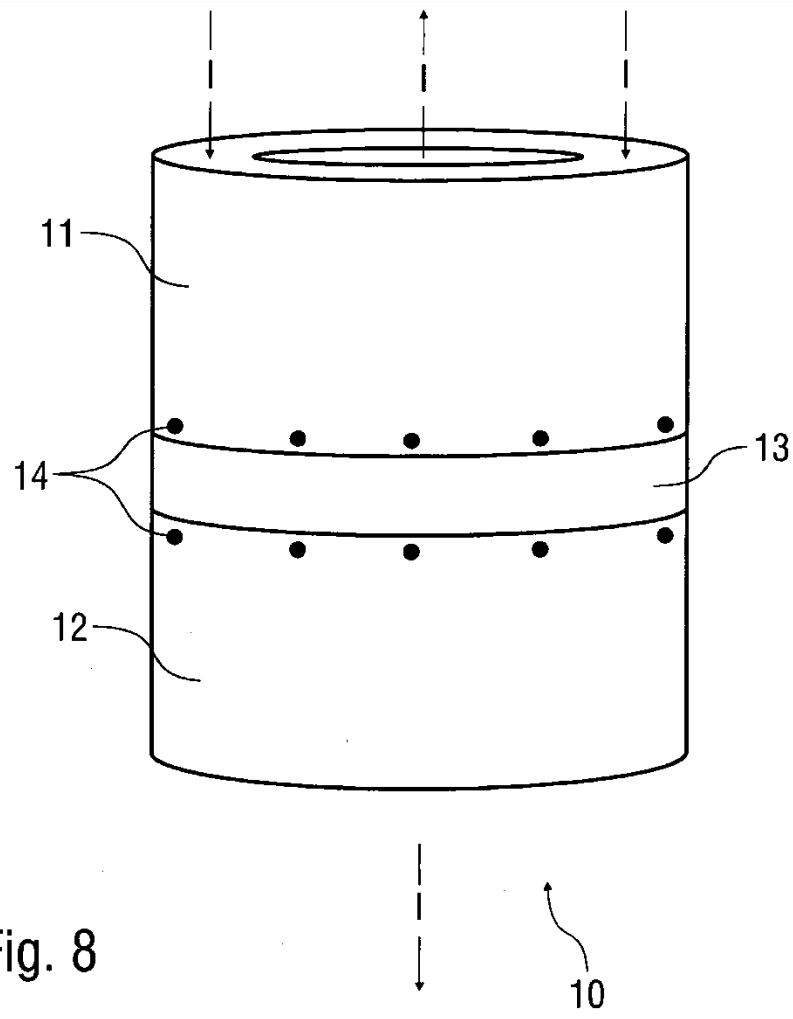
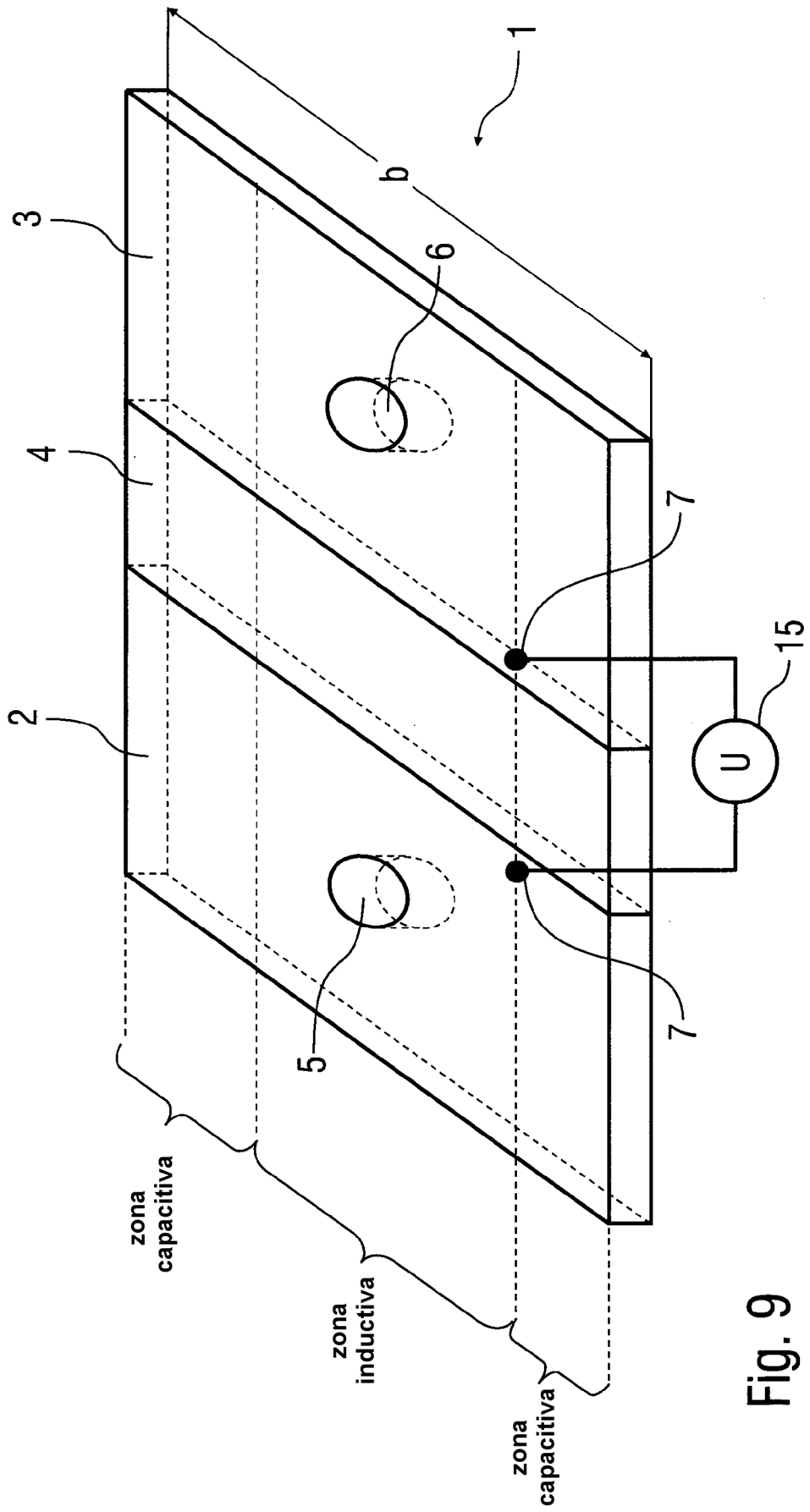


Fig. 8



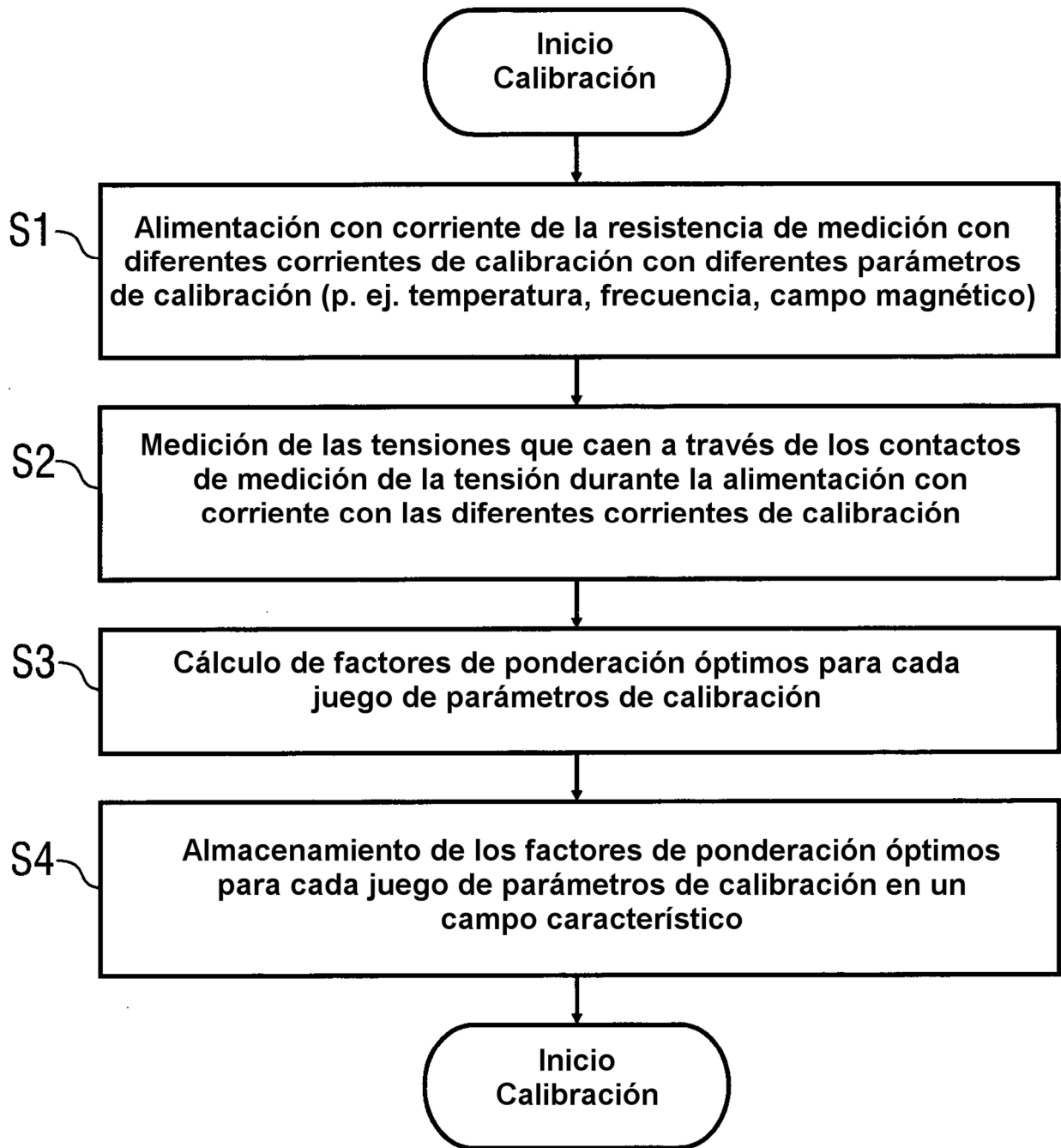


Fig. 10

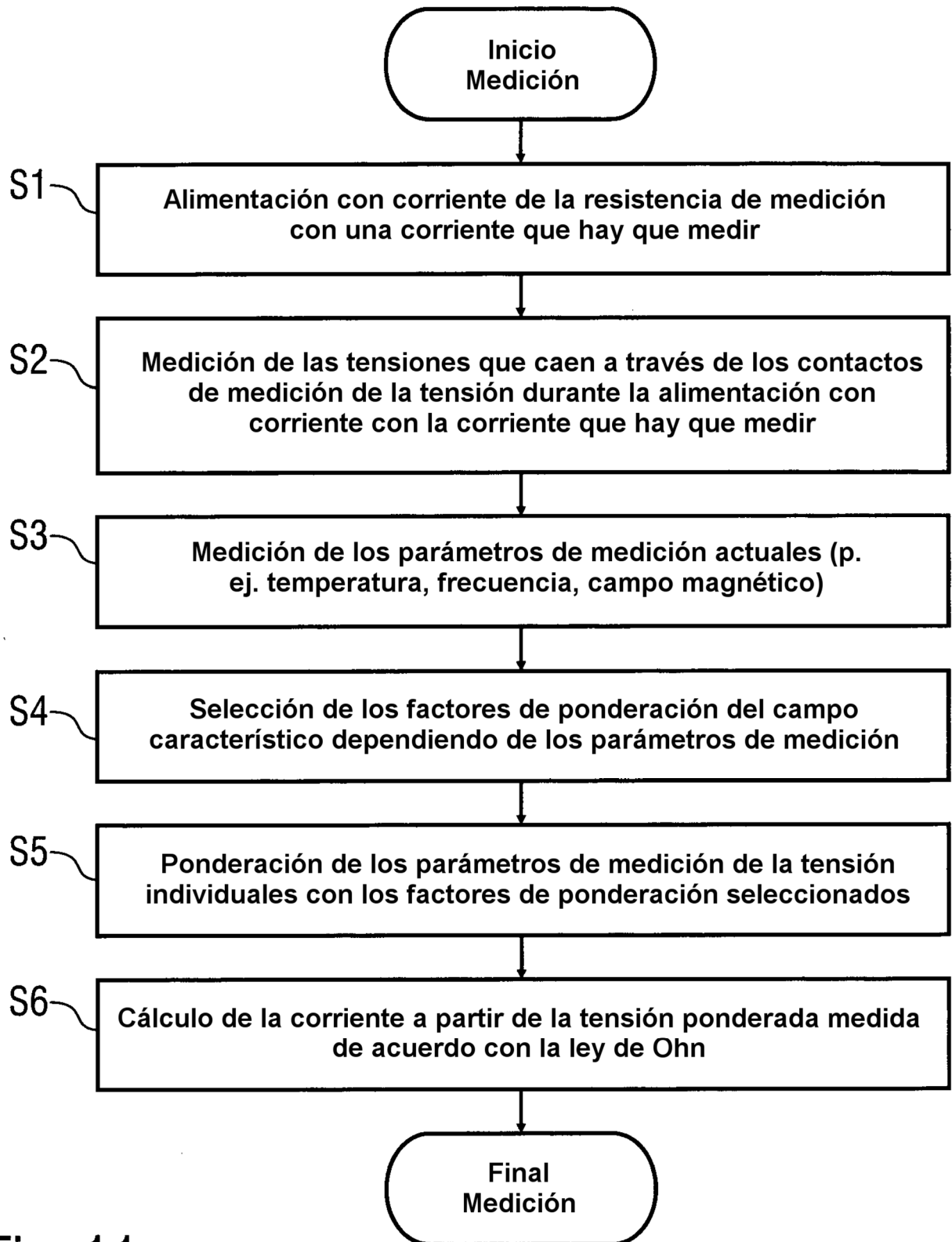


Fig. 11