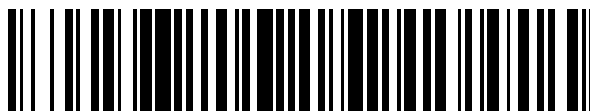


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 591 283**

51 Int. Cl.:

G01R 15/20 (2006.01)

G01R 33/09 (2006.01)

B82Y 25/00 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2008 PCT/EP2008/059609**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.01.2010 WO10009761**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2008 E 08786336 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2016 EP 2304447**

54 Título: **Configuración de sensores magnetorresistivos para la medición de corriente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.11.2016

73 Titular/es:
**ABB RESEARCH LTD. (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:
**GATI, RUDOLF y
ABPLANALP, MARKUS**

74 Agente/Representante:
TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 591 283 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

Configuración de sensores magnetorresistivos para la medición de corriente

5 Campo técnico

[0001] La presente invención se refiere a una unidad de sensor para la medición de una corriente en un conductor que comprende al menos un sensor magnetorresistivo, así como a usos de tal unidad de sensor y a un método de medición de corriente que usa tal unidad de sensor.

10

Antecedentes de la invención

[0002] La medición de pequeñas señales de corriente además de o después de picos de corriente alta es una tarea experimental que supone un desafío.

15

Normalmente se emplean tres tipos diferentes de técnicas de medición para resolver este problema:

1) El primer principio de medición se basa en la integración de una resistencia adicional en el circuito, una llamada resistencia de shunt, de manera que la corriente que se desea medir (corriente principal) fluya a través de ella.

20

Entonces, la corriente se obtiene directamente de la bajada de tensión a través de esta resistencia adicional. Sin embargo, existen dificultades asociadas a esta técnica de medición.

Por un lado, la resistencia tiene que ser elegida de manera que no influya al circuito y, por lo tanto, tiene que ser mucho más pequeña que todas las otras resistencias.

25

Además, durante el pico de corriente no se puede permitir que se caliente, ya que esto generalmente cambiaría sus características.

Con esto, la bajada de tensión se vuelve muy pequeña para corrientes pequeñas después del valor máximo y la exactitud de la medición se reduce.

Tampoco se pueden determinar variaciones pequeñas además de una corriente grande por la misma razón, ya que sólo causan pequeñas variaciones en la bajada de tensión.

30

2) La segunda técnica de medición se basa en la la detección del cambio en el campo magnético generado por el cambio en la corriente.

Se pueden aplicar técnicas diferentes para este propósito.

35

La técnica más ampliamente usada se basa en una bobina que se coloca alrededor del cable conductor de corriente.

Los cambios en el campo magnético inducen una tensión en la bobina que puede ser directamente medida.

Esta señal tiene que ser integrada para obtener la propia señal de corriente.

La integración suma los errores de cada medición individual dando como resultado una compensación de la señal corriente.

40

Por lo tanto, después de una gran valor máximo de corriente, las corrientes pequeñas no se pueden medir con precisión debido a la compensación de la señal.

Además de una corriente grande, los cambios pequeños pero rápidos se pueden medir con esta técnica.

Sin embargo, los cambios lentos, por ejemplo cambios o variaciones de voltaje de valor máximo, no se pueden medir con precisión.

45

Para alcanzar una alta exactitud con esta técnica, los cambios muy pequeños del campo magnético se deben detectar con un ancho de banda alto.

Esto se puede realizar o bien usando un gran número de arrollamientos para la bobina, lo que limita el ancho de banda sólo para los bajos valores o bien añadiendo un núcleo ferromagnético a la bobina para mejorar el campo magnético y, por lo tanto, la señal.

50

La dificultad con el núcleo ferromagnético es que los campos magnéticos altos magnetizarán el material y llevarán, por lo tanto, a una distorsión de la señal medida y a desplazamientos adicionales debido a efectos de histéresis.

3) Una forma mucho más sencilla es medir el campo magnético directamente en vez de su cambio.

55

Con esto se evita el problema con los desplazamientos de integración.

Sin embargo, como los campos magnéticos generados por corrientes pequeñas son pequeños, la sensibilidad normalmente se aumenta utilizando materiales magnéticos.

De este modo, los desplazamientos seguirán estando presentes debido a los efectos de histéresis en estos materiales.

60

[0003] Otro método para la medición de corrientes consiste en usar sensores de campo magnético con alta sensibilidad, como por ejemplo elementos sensores magnetorresistivos.

Como se divulga por ejemplo en US 5708407, es posible usar un sensor de corriente circular basado en un material magnetorresistivo a través del cual el conductor de las corrientes que se desean medir es guiado.

65

WO 2006/042839 divulga una mejora de tal dispositivo en la que se dice que los problemas de desplazamiento o histéresis se superan aplicando un campo magnético adicional pulsado a la zona del sensor antes del proceso de

medición real.

[0004] La solicitud de patente EP0294636 A2 divulga un sensor de corriente que comprende piezas de polo ligadas por una derivación magnética y un transductor magnetorresistivo que detectan el campo magnético a lo largo de un eje principal.

Las bobinas de inducción generan un componente de polarización de campo magnético a lo largo de un eje perpendicular al eje principal.

[0005] La solicitud de patente US2008/0100290 divulga un sensor magnético que tiene dos elementos magnetorresistivos con una estructura apilada.

Las resistencias de los dos elementos magnetoresistivos cambian en direcciones opuestas conforme al campo magnético que se ha de detectar.

[0006] La solicitud de patente US2003/0151406 divulga un dispositivo sensor de campo magnético integrado que incluye al menos dos elementos magnetorresistivos que son desviados en una primera dirección por un conductor integral y que son sensibles a los componentes de campo magnético en una dirección perpendicular a la primera dirección.

[0007] La solicitud de patente US2007/0076332 divulga un sensor magnético que incluye un sustrato de elemento con un elemento magnetorresistivo.

El elemento magnetorresistivo tiene: una capa sujeta, una capa intermedia y una capa libre cuya dirección de magnetización cambia según un campo magnético externo, y una hoja magnética para aplicar un campo magnético polarizado al elemento magnetorresistivo.

[0008] La solicitud de patente EP1406094 A1 divulga una unidad de medición de corriente con un concentrador de campo magnético y un sensor de campo magnético colocado en el espacio de aire del concentrador.

Una bobina se enrolla alrededor del concentrador para generar un campo magnético polarizado.

Resumen de la invención

[0009] El objeto de la presente invención es, por lo tanto, proporcionar una unidad de sensor para mediciones de corriente, en particular para mediciones de corriente altamente sensibles de variaciones pequeñas en presencia de picos máximo grande de la corriente que ha de ser medida.

Debe ser adecuada para la medición de corrientes CA así como de corrientes CC en este régimen.

[0010] La presente invención resuelve el problema anterior mediante una unidad de sensor para la medición de una corriente en un conductor que comprende al menos un sensor magnetorresistivo localizado a una distancia radial de la superficie externa del conductor.

En la configuración, el conductor, que puede formar parte de la unidad de sensor como tal, que también puede sin embargo estar rodeado sólo por la unidad de sensor, tiene una sección transversal circular que proporciona un campo magnético rotatoriamente simétrico para ser medido.

La sección transversal circular debería ser tan circular como sea posible.

Las variaciones en el radio deberían estar por debajo de 5%, preferiblemente por debajo de 2%, de la forma más preferible por debajo de 1% e idealmente por debajo de 0,1%.

La unidad de sensor comprende además al menos una bobina auxiliar para la generación de un campo magnético polarizado H_{bias} .

La bobina auxiliar está situada de forma que aplica este campo magnético polarizado al sensor magnetorresistivo de modo de que es lo suficientemente fuerte en la posición del sensor para la inducir la saturación magnética en el sensor magnetorresistivo.

El campo polarizado aplicado debería ser tan homogéneo como sea posible en la zona de detección del sensor magnetorresistivo, y la bobina auxiliar está dimensionada y diseñada para ser adecuada para aplicar este campo magnético polarizado no sólo antes del proceso de medición de manera pulsada, sino para aplicar el campo magnético polarizado continuamente durante el proceso completo de medición de corriente, típicamente durante un intervalo de tiempo de al menos 30 ms, preferiblemente durante un intervalo de tiempo de al menos 100 ms, y normalmente el campo magnético polarizado se aplica todo el tiempo, es decir durante más de un minuto o una hora o varias horas, durante el tiempo en el que dispositivo esté encendido.

[0011] Uno de los elementos clave de la unidad de sensor según la invención es el hecho de que se ha descubierto que un sensor magnetorresistivo puede estar continuamente en funcionamiento en el régimen de saturación mediante la aplicación de un campo polarizado correspondiente, que elimina esencialmente los problemas de desplazamiento e histéresis asociados al funcionamiento convencional de tales sensores.

[0012] El campo magnético producido por la corriente en el conductor es directamente medido por el al menos un sensor magnetorresistivo que utiliza un campo magnético resultante H_{resul} que actúa en dicho al menos un sensor magnetorresistivo y que es proporcionado por la suma vectorial del campo magnético H_{curr} producido por la corriente en el conductor y el campo magnético polarizado H_{bias} .

[0013] Además, de forma sorprendente, es eficazmente posible usar la dependencia angular de la señal de medición en el sensor producida por la suma vectorial H_{resul} del campo de la corriente que ha de ser medida H_{curr} y el campo polarizado H_{bias} .

5 Típicamente, con este fin, la dirección del campo magnético polarizado H_{bias} proporcionado por la bobina auxiliar está orientada a un ángulo superior a 45° , preferiblemente a un ángulo superior a 60° , de la forma más preferible a un ángulo en el rango de $80\text{-}100^\circ$ con respecto a la dirección del campo magnético H_{curr} producido por la corriente en el conductor para proporcionar una sensibilidad angular alta de la señal de medición.

Los sensores magnetorresistivos tienen dos magnetizaciones estables.

A uno de estos se dirige el campo polarizado.

10 Sin embargo, si el ángulo de inclinación es mayor que unos pocos grados en la dirección incorrecta, el campo magnético que corresponde al pico de corriente dará la vuelta a la magnetización del material e invertirá de ese modo la señal.

Cuando se usan dos sensores en el dispositivo, uno de los sensores, si el campo polarizado está inclinado, tendrá automáticamente una inclinación en la dirección incorrecta y el otro no.

15 Esto conduce a una señal que ya no se puede interpretar sin ambigüedad.

Por lo tanto, preferiblemente el ángulo anterior está dentro del rango de $90^\circ \pm 2^\circ$.

[0014] Por ello, se propone un nuevo dispositivo de medición basado en sensores magnetorresistivos para superar las dificultades en la detección de señales de corriente pequeñas durante o después de picos de corriente grandes.

20 El nuevo método mide directamente el campo magnético generado por la corriente principal.

Permite la detección de frecuencias de hasta 1MHz sin mostrar ninguna distorsión significativa de la señal debido a las corrientes grandes, y especialmente sin crear un desplazamiento durante o después de las mediciones.

[0015] El objetivo para la realización de este dispositivo es medir el campo magnético que es generado por una corriente con una alta resolución en un rango relativamente pequeño.

25 Con las técnicas estándar, las principales dificultades de medición surgen debido a los efectos de saturación de los medios magnéticos aplicados.

En saturación, la sensibilidad a la magnitud del campo magnético se ve fuertemente reducida y, debido a los efectos de la histéresis, se crea un desplazamiento.

30 [0016] Una idea inventiva es, por lo tanto, usar un material magnético que se mantiene en saturación durante todo el proceso de medición y medir el ángulo del campo magnético en vez de su magnitud.

Los sensores magnetorresistivos son altamente sensibles al ángulo de un campo magnético externo respecto a una corriente de sonda que se envía a través de ellos y, de este modo, son idealmente adecuados para la tarea anteriormente mencionada.

35 Para mantener el material en saturación, el campo magnético polarizado adicional se genera y se ajusta para ser, de forma preferible, esencialmente perpendicular al campo magnético principal creado por la corriente principal.

Con esto, un cambio de la magnitud del campo magnético principal produce un cambio del ángulo del campo magnético total.

40 [0017] Según una forma de realización preferida, la bobina auxiliar sirve como un arrollamiento de múltiples vueltas alrededor del eje del conductor situado fuera del al menos un sensor magnetorresistivo.

Así, la bobina auxiliar es coaxial con el conductor y los sensores están estratificados entre el conductor y los arrollamientos de la bobina auxiliar.

45 De este modo, la bobina auxiliar puede proporcionar un campo magnético polarizado muy homogéneo, fuerte y en la posición del sensor que es perpendicular a la dirección del campo magnético que se ha de medir, ya que el campo magnético que se ha de medir es circunferencial al conductor.

Además, en esta configuración los sensores se pueden situar tan cerca como sea posible del conductor donde el campo magnético que se ha de medir es más fuerte, y la bobina auxiliar proporciona un campo magnético polarizado también con unas características simétricas de manera rotatoria como las del campo que se ha de medir.

[0018] Según una otra forma de realización preferida, al menos un par de sensores magnetorresistivos (típicamente situados opuestos con respecto al eje principal del conductor), preferiblemente al menos dos o tres pares de sensores magnetorresistivos, se distribuyen simétricamente alrededor de la circunferencia del conductor.

55 La provisión de al menos un par de sensores permite compensar las contribuciones de campo externo de forma bastante eficaz.

De hecho las contribuciones de campo típicamente externo son esencialmente homogéneas en la escala dimensional del sensor, lo que, por lo tanto, en función de la configuración rotatoriamente simétrica, en particular en caso de una bobina auxiliar coaxial con el conductor, permite una cancelación de las contribuciones de campo externo cuando se suman las señales de los pares de sensores.

60 Preferiblemente, los sensores se sitúan tan cerca como sea posible del conductor donde el campo del conductor es más fuerte, es decir, normalmente a una distancia dentro del rango de 0-10 mm, preferiblemente 0-5 mm, en relación con su zona de detección, de la superficie externa del conductor.

65 La distancia mínima la da el aislamiento dieléctrico requerido entre el conductor y los sensores, y es frecuentemente al menos 2 - 3 mm.

[0019] Según otra forma de realización preferida, el sensor magnetorresistivo es del tipo accionado con una corriente de sonda (I_{probe}) que está esencialmente a un ángulo de 45° con respecto a la dirección del campo magnético polarizado H_{bias} , y preferiblemente se usa un sensor con una configuración de Wheatstone con cuatro elementos. Por ejemplo, es posible el uso de un tipo similar o igual al disponible de NXP Semiconductors (Suiza) con el sensor magnetorresistivo de designación KMZ.

[0020] Más específicamente, según otra forma de realización preferida, tal unidad de sensor puede comprender un elemento de soporte interno aislante, preferiblemente de forma esencialmente cilíndrica, que incluye el conductor (soporte no conductor).

Tal elemento de soporte interno aislante lleva en su superficie externa o al menos parcialmente introducido en él (por ejemplo en cavidades o entrantes correspondientes) al menos un sensor magnetorresistivo.

La interferencia particularmente baja de las conexiones a los sensores se puede conseguir si en este contexto preferiblemente las conexiones eléctricas al sensor son, cuando vienen del sensor, guiadas primero axialmente (por ejemplo a lo largo de una distancia de al menos 5 mm) y posteriormente radialmente hacia afuera desde el sensor (por ejemplo en canales o entrantes correspondientemente proporcionados en el elemento de soporte interno aislante).

Además, preferiblemente se proporciona un elemento de soporte externo.

Asimismo, este elemento de soporte externo puede ser de forma esencialmente cilíndrica e incluye radialmente el elemento interno y los sensores situados sobre el mismo/en él (esencialmente atrapando los sensores entre el elemento de soporte interno y externo).

Se prefiere si en la circunferencia externa del elemento externo o al menos parcialmente introducida en su circunferencia externa lleva la bobina auxiliar, preferiblemente como un arrollamiento de múltiples vueltas alrededor de y coaxial al eje del conductor en la posición en la que los sensores están situados.

Típicamente, el elemento de soporte interno y/o el elemento de soporte externo están hechos de materiales fluorinados, por ejemplo seleccionados de PTFE y modificaciones/mezclas químicas de los mismos.

Ya que en el caso particular de las mediciones de CA puede haber una fuerte tensión mecánica en la unidad de sensor, se prefiere que el arrollamiento de la bobina auxiliar esté firmemente fijado a la unidad de sensor, lo que, según otra forma de realización preferida, es posible si el arrollamiento de múltiples vueltas es moldeado con resina sobre o dentro del elemento de soporte externo.

Con este fin, por ejemplo el elemento de soporte externo puede disponer de un entrante circunferencial externo correspondiente en que se puede colocar el enrollamiento de múltiples vueltas y posteriormente fijar mediante el llenado del entrante con una resina o un material de fijación correspondiente.

[0021] Para medir las pequeñas variaciones de corriente encima de una corriente grande, se pueden usar una o más bobinas adicionales que compensan el campo magnético generado por la corriente grande.

De esta manera, el campo magnético resultante visto por el sensor magnetorresistivo es cercano a cero (a cualquier valor absoluto de la corriente en el que la sensibilidad de medición debería ser alta) y el sensor es sensible.

Una fuente de corriente constante adicional se puede proporcionar para generar este campo magnético de compensación o sustracción.

También es posible ajustar automáticamente el campo de compensación al componente de baja frecuencia de la corriente principal.

La magnitud total de la corriente es luego obtenida del campo de compensación requerido y las variaciones pequeñas son tomadas directamente del sensor.

[0022] Correspondientemente, por lo tanto, según otra forma de realización preferida de la unidad de sensor según la invención, ésta comprende una bobina adicional para la generación de un campo magnético de sustracción para el campo magnético (H_{curr}) inducido por la corriente en el conductor.

Con este fin, normalmente la una o más bobinas adicionales están dispuestas de manera que el campo generado en la posición de detección del sensor magnetorresistivo está esencialmente opuesta en dirección al campo magnético inducido por la corriente en el conductor.

[0023] Se prefiere que el sensor adaptado para la medición de corrientes en el conductor de por ejemplo hasta 100 kA con un rango de medida de por ejemplo +/- 300 A alrededor del valor cero del campo magnético (H_{curr}) inducido por la corriente en el conductor sea corregido al final para la compensación con una bobina adicional.

[0024] Para aumentar la sensibilidad se puede implementar otro componente electrónico: la fuente de voltaje que conduce la corriente de sonda a través del sensor está activamente estabilizada para mantenerla tan constante como sea posible y la corriente que genera el campo magnético polarizado también está activamente estabilizada para mantener el campo de referencia constante.

[0025] Correspondientemente, por lo tanto, se prefiere que la bobina auxiliar se diseñe y se sitúe de modo que produzca un campo magnético polarizado (H_{bias}) en la posición del al menos un sensor de manera que éste mantenga el sensor en saturación pero no por debajo.

Si el campo es demasiado pequeño, la función del sensor no se puede garantizar y fallará para picos muy altos.

Así, el campo normalmente debería ser de al menos 3,75 mT.

Puede tener cualquier valor que sea mayor; sin embargo, la sensibilidad del sensor está directamente relacionada

con la fuerza de este campo y se reduce con el aumento del campo.

De este modo, preferiblemente debería usarse el valor necesario más pequeño, que mantiene el sensor en saturación pero no por debajo.

5 Correspondientemente, es preferiblemente elegido para que sea de al menos 3,5 mT, de la forma más preferible de al menos 3,75 mT.

Preferiblemente está adaptado para no ser mayor que 4 o 5 mT.

Más preferiblemente, el campo magnético polarizado (H_{bias}) está controlado para variar en el rango inferior a 0,1 % preferiblemente en el rango inferior a 0,01%.

10 [0026] Según otra forma de realización preferida de la unidad de sensor según la presente invención, ésta comprende además una unidad electrónica para controlar los sensores magnetorresistivos y para alimentar al menos una bobina auxiliar y para amplificar y/o evaluar las señales de los sensores magnetorresistivos.

15 Debe observarse que la sensibilidad disponible de la unidad de sensor es muy alta y, por lo tanto, se debe tener cuidado de que ningún "ruido magnético o señal de interferencia" sea producido por las líneas que van o vienen de los sensores y/o por la unidad electrónica.

Un medio para mantener las señales de interferencia tan bajas como sea posible es la forma mencionada anteriormente que consiste en alejar primero axialmente y luego radialmente las líneas que van y vienen los sensores.

Otra posibilidad adicional es evitar el ruido inducido por transformadores para alimentar la unidad electrónica.

20 Con este fin, se puede usar o bien un transformador completamente o fuertemente blindado o bien, como se prefiera, se puede usar una unidad electrónica que es de forma esencial exclusivamente alimentada por el uso de al menos una unidad de batería (por ejemplo recargable).

Además es aconsejable cerciorarse de que la unidad electrónica esté construida a partir de componentes de baja producción de ruido magnético y/o de ruido de campo eléctrico.

25 [0027] Además la presente invención se refiere a un uso específico de un sensor como se ha descrito anteriormente. Este uso se caracteriza porque el sensor se usa para la medición de corrientes en un conductor, preferiblemente de variaciones pequeñas y/o de características de deterioro de la corriente en presencia de altos valores de pico de corriente en el rango de hasta 50 kA, preferiblemente de hasta 100 kA, con una sensibilidad en el rango de +/- 300A.

30 Además, es preferido usar la unidad de sensor con una bobina adicional para la generación de un campo magnético de sustracción para el campo magnético (H_{curr}) inducido por la corriente en el conductor para la medición de corrientes esencialmente directas en un conductor con una sensibilidad muy alta en presencia de altos valores de corriente absolutos.

35 [0028] Tal uso de un sensor preferiblemente tiene lugar con una bobina adicional para la generación de un campo magnético de sustracción independiente del tiempo para la compensación del campo magnético (H_{curr}) inducido por una corriente específica en el conductor para la medición precisa de corrientes cercanas a esta corriente específica.

40 Las aplicaciones de este uso son en particular la medición de variaciones en corrientes CC, variaciones en las corrientes de valor máximo de una señal de 50Hz mediante la compensación del valor máximo previsto / calculado según promedio, medición precisa sobre un nivel de corriente específica, por ejemplo la corriente de activación de un fusible.

45 [0029] Tal uso de un sensor tiene lugar más preferiblemente con una bobina adicional para la generación de un campo magnético de sustracción en función del tiempo con el objetivo de mantener el campo resultante dentro del rango de sensibilidad del sensor, permitiendo una medición precisa de la diferencia entre el campo de compensación y el resultante.

El campo de compensación se puede generar, por ejemplo, usando un mecanismo de retroacción, una medición de corriente de baja frecuencia, o una forma de onda predefinida.

50 Las aplicaciones de este uso son en particular la detección de variaciones/armónicos pequeños en una señal de 50Hz mediante la compensación de una señal sinusoidal perfecta de la amplitud correcta (que se puede ajustar sin retroacción o medición de baja frecuencia), la medición precisa de la desviación de cualquier corriente prevista en forma de onda, la medición de cualquier corriente mediante compensación como sea posible utilizando una retroacción, donde la señal de retroacción es una medida para la corriente.

55 [0030] Además, la presente invención se refiere a un método para medir la corriente en un conductor preferiblemente con una unidad de sensor como se detalla anteriormente, donde la bobina auxiliar es alimentada de forma continua y durante todo el proceso de medición de corriente con una corriente suficiente para inducir una saturación magnética en el sensor magnetorresistivo, y donde el campo magnético polarizado se orienta esencialmente en perpendicular al campo magnético que se ha de medir.

60 [0031] Otras formas de realización de la presente invención se detallan en las reivindicaciones dependientes.

Descripción breve de las figuras

65 [0032] En los dibujos anexos se muestran formas de realización preferidas de de la invención, donde:

- Fig. 1-4 son representaciones esquemáticas para los vectores del campo magnético en situaciones en las que se aplica un campo magnético polarizado, donde en la Fig. 1 ninguna corriente fluye en el conductor, en Fig. 2 una corriente pequeña fluye en el conductor, en la Fig. 3 una corriente media fluye en el conductor y en la Fig. 4 una corriente grande fluye en el conductor, y la representación está escalada en la dirección del campo magnético polarizado para indicar la situación límite;
- Fig. 5 proporciona la representación vectorial del ángulo α encerrado por la dirección de la corriente de sonda y el campo que se ha de medir;
- Fig. 6 da la resistencia medida en el sensor magnetorresistivo en la función del ángulo α ;
- Fig. 7 y 8 al igual que las Fig. 5 y 6 respectivamente, sin embargo la dirección de la corriente de sonda está inclinada 45° , lo que produce una respuesta lineal alrededor de $\alpha=0$;
- Fig. 9 vista en perspectiva esquemática sobre una medición configurada con dos sensores y una bobina para la generación del campo magnético polarizado;
- Fig. 10 una sección perpendicular al eje del conductor a través de un sensor según la Fig. 9 y los campos que actúan sobre los dos sensores; y
- Fig. 11 muestra un diagrama vectorial de las situaciones de los campos magnéticos y la corriente de sonda en los dos sensores según las Fig. 9 y 10 si se ven a lo largo de la flecha de la Fig. 10 desde el principio o igualmente en la rotación de 180° del fondo;
- Fig. 12 muestra una sección perpendicular al eje principal del conductor e igualmente de la unidad de sensor;
- Fig. 13 muestra una sección axial a través del elemento de soporte externo de la unidad de sensor;
- Fig. 14 muestra una vista del elemento de soporte interno de la unidad de sensor;
- Fig. 15 muestra una sección axial a través del elemento de soporte interno a lo largo de la línea A-A en la Fig. 12; y
- Fig. 16 muestra una sección axial a través del elemento de soporte interno a lo largo de la línea B-B en la Fig. 12.

Descripción detallada de las formas de realización preferidas

- [0033] Un elemento magnetorresistivo usado en un sensor magnetorresistivo es un objeto que cambia su resistencia como función de la dirección de su magnetización respecto a una corriente de sonda pequeña que se envía a través del elemento.
La resistencia depende aproximadamente del coseno cuadrado del ángulo entre esta corriente de sonda y la magnetización del material.
Si la corriente y la magnetización apuntan en la misma dirección, la resistencia será máxima.
Si el ángulo entre la corriente y la magnetización es de 90 grados, la resistencia será mínima.
El dispositivo se instala de manera que la corriente de sonda se incline a 45 grados respecto a un campo magnético principal, que se ha de medir, y un campo magnético polarizado se incline otros 45 grados más a 90 grados con respecto al campo magnético principal.
Con esto, la resistencia del elemento magnetorresistivo es sensible al campo magnético principal hasta el punto donde su magnitud es igual a la magnitud del campo magnético polarizado.
Así, la sensibilidad del elemento se ajusta mediante la fuerza del campo magnético polarizado.
Además, el punto cero se puede ajustar añadiendo un campo magnético adicional en la dirección opuesta al campo magnético principal.
Con esto, el sensor muestra una señal cero si el campo magnético principal cancela exactamente el campo magnético adicional.
- [0034] En referencia a los dibujos, que pretenden ilustrar las presente formas de realización preferidas de la invención y no limitarlas, las Fig. 1-4 muestran de forma correspondiente diferentes diagramas de vector para la situación donde un sensor magnetorresistivo se expone a un campo magnético polarizado H_{bias} (siempre la flecha de línea fina sólida) que satura la magnetización del sensor.
Si, como se ilustra en la Fig. 1, no fluye ninguna corriente a través del conductor, no hay generación de un campo magnético correspondiente H_{curr} que circula alrededor del conductor.
En esta situación, por lo tanto, toda la magnetización que actúa sobre el sensor H_{resul} es dada por H_{bias} .
Si una corriente baja fluye a través del conductor, resulta una situación como la ilustrada en la Fig. 2.
El campo magnético resultante H_{resul} que actúa sobre el sensor y que determina correspondientemente la señal de sensor es dado por la suma vectorial de H_{curr} y H_{bias} .

Para una corriente aún más fuerte, la situación se ilustra en la Fig. 3.

A partir de la comparación de las dos Fig. 2 y Fig. 3 se puede ver que para corrientes pequeñas (donde pequeñas significa que la H_{curr} resultante está dentro del rango de H_{bias} o es menor a él) tiene una dependencia angular fuerte del campo magnético resultante H_{resul} en el sensor.

5 En la Fig. 4 se ilustra la situación para el flujo de una corriente alta a través del conductor.

En esta situación, el ángulo entre H_{bias} y H_{resul} (designado como α) se acerca a 90° .

Así, generalmente para valores por encima de 45° , la sensibilidad de sensor es baja, si no es esencialmente nula.

Además, la señal de sensor para un ángulo α es idéntica a la señal para la corriente menor que corresponde con el ángulo de $90^\circ - \alpha$.

10 Por lo tanto, esta configuración particular es por ejemplo especialmente adecuada para situaciones en las que se han de analizar las características de decaimiento de amperios bajos después de la presencia de un alto valor máximo de corriente.

La configuración propuesta permite una medición precisa de la corriente sin efectos de retraso o histéresis.

15 Así, esta configuración particular es por ejemplo especialmente adecuada para situaciones en las que se necesita que un sensor de corriente de un circuito se necesita no se vea afectado por corrientes con altos valores máximos (por ejemplo cortocircuitos hasta 100kA) y mantenga su calibración sin alguna distorsión significativa de la señal inmediatamente después del trastorno.

La configuración propuesta permite una medición precisa de la corriente sin efectos de retrasos o histéresis.

20 Con unidades de sensor según el estado de la técnica, uno normalmente tiene una sensibilidad máxima de varios por ciento del valor máximo de la corriente (que en el ejemplo anterior estaría en el rango de varios 100A) o emplea un largo periodo de tiempo para recuperarse del trastorno.

Ya que el sensor nuevo, sin embargo, está libre de efectos de histéresis y retrasos, independiente de lo alto que sea el valor máximo corriente, siempre alcanza la misma resolución de por debajo de 0,1 A y puede medir con precisión en la situación anterior.

25 [0035] La resistencia de la sonda depende del ángulo entre una corriente de sonda en el sensor y la magnetización del material de sensor, que es dado nuevamente por la dirección del campo externo.

Esta configuración relativa de la corriente de sonda I_{curr} y del campo que se ha de medir H_{resul} y el ángulo incluido se ilustra en la Fig. 5.

30 La relación funcional 3 entre la resistencia medida en el sensor como función de este ángulo α se ilustra en la Fig. 6. La relación funcional en este caso es como sigue:

$$R = R_0 + R_1 (\cos(\alpha))^2.$$

35 [0036] El problema en esta configuración geométrica de la corriente de sonda y del campo magnético que se ha de medir es el hecho de que alrededor de la zona más interesante, es decir, alrededor de valores del ángulo dentro del rango de cero, la sensibilidad al ángulo es baja y hay una relación no lineal.

Además, no es posible distinguir entre valores positivos y negativos del ángulo.

40 [0037] Por lo tanto, en correspondencia a esto, se propone inclinar la corriente de sonda I_{probe} en el sensor 45° como se ilustra en la Fig. 7, lo que esencialmente cambia la función anterior por $\pi/4$ y la señal de salida se vuelve lineal con respecto al ángulo para ángulos pequeños y se alcanza la sensibilidad más alta:

$$R = R_0 + R_1 (\cos(\alpha - \pi/4))^2 = R_0 + R_1/2 + R_1/2 \sin(2\alpha).$$

45 [0038] La situación se ilustra en la Fig. 8, y la aproximación lineal se ilustra con la línea de puntos 4. De hecho, en tal modo operativo los valores de α dentro del rango de $\pm 45^\circ$ se pueden medir utilizando la relación funcional completa, y un rango por un factor de dos o tres más pequeño utilizando la aproximación lineal.

50 Cómo de grande es esta ventana de medición en realidad depende por supuesto de la amplitud del campo magnético polarizado, ya que, sin embargo, el campo magnético polarizado debe al menos ser lo suficientemente fuerte para saturar el sensor, y esto lleva a un rango mínimo de sensibilidad que iguala el anterior de $\pm 45^\circ$ de ± 300 A.

Para el régimen lineal, la ventana correspondiente es aproximadamente de ± 100 A.

55 Estos valores se aplican para sensores que están colocados según el presente estado de la técnica, donde cuatro sensores forman un sensor individual y estos cuatro sensores están conectados como un puente de Wheatstone.

Tales tipos de sensores están por ejemplo disponibles de NXP semiconductores bajo el nombre de tipo KMZ.

[0039] Así, como la resistencia R puede ser medida, el ángulo α puede ser calculado.

60 A partir del valor conocido del campo magnético polarizado H_{bias} se puede calcular, por trigonometría, el valor del campo magnético H_{curr} .

Además, como el campo magnético H_{curr} es directamente proporcional a la corriente soportada por el conductor 1, esta corriente se puede calcular a partir del campo magnético conocido H_{curr} .

Para recibir mediciones precisas, la unidad de sensor tal y como se describe más adelante debería ser calibrada.

[0040] Una configuración de sensor específica se ilustra en la Fig. 9 en una vista perspectiva esquemática.

En este caso específico, el conductor único 1 con sección transversal circular de alta exactitud lleva una corriente según indica la flecha 2.

En la configuración usada para realizar pruebas experimentales, el conductor tenía un diámetro de 20 mm y era específico para corrientes hasta 100 kA.

Esta corriente puede bien ser CA o CD, si uno o más bobinas adicionales están presentes para la compensación del campo generado por la corriente CD.

Si fluye en la dirección indicada por la flecha 2, induce un campo magnético circunferencial simétrico de manera rotatoria como se ilustra por las flechas gruesas sólidas H_{curr} .

La unidad de sensor comprende un sensor magnetorresistivo superior 5 y un sensor magnetorresistivo inferior 6.

Cada uno de estos sensores es por ejemplo del tipo anterior KMZ.

Así, cada sensor magnetorresistivo 5, 6 se construye con cuatro elementos magnetorresistivos que constituyen un puente de Wheatstone para maximizar la señal obtenida de los elementos.

[0041] Los sensores 5, 6 están situados tan exactamente como sea posible frente al conductor y de forma simétrica a éste, y están conectados y accionados de forma rotatoriamente equivalente.

Los sensores 5, 6 están situados tan cerca como sea posible de la superficie externa del conductor; típicamente la distancia entre la zona de detección de los sensores 5, 6 y la superficie externa del conductor está dentro del rango de 4-5 mm.

[0042] Alrededor del conductor 1 y también incluyendo los dos sensores 5, 6 se proporciona una bobina auxiliar 7.

Este arrollamiento de múltiples vueltas, si se alimenta con la corriente correspondiente, induce un campo magnético polarizado H_{bias} en la posición de los sensores 5, 6 que es esencialmente perpendicular al campo H_{curr} que se ha de medir.

La distancia de los arrollamientos más internos de la bobina auxiliar 7 de la superficie externa del conductor en la configuración usada aquí fue de alrededor de 12-15 mm.

Generalmente, se puede decir que el campo mínimo que esta bobina auxiliar 7 tiene que ser capaz de generar en la posición de los sensores 5, 6 es un campo que es suficiente para saturar el sensor.

Típicamente, esto significa que un campo magnético de al menos 3,5 mT, preferiblemente de al menos 3,75 mT (también depende del sensor usado y del material magnético en su interior) debe ser generado en la posición de sensor.

Además, la bobina debe ser dimensionada no sólo para la generación de campos pulsados de breve duración sino para la generación de campos continua en este rango de fuerza.

El campo debe ser aplicado durante el proceso de medición real, así que, ya que los procesos mencionados anteriormente ocurren en el rango de diferentes decenas de ms, un campo de la fuerza anterior debe ser proporcionado durante al menos 30ms, preferiblemente al menos 50 ms, y normalmente sólo mientras la cabeza del sensor accionada, así que durante horas o incluso más.

[0043] La situación general según la Fig. 9 se ilustra en la Fig. 10 en una sección axial vista en una dirección opuesta a la flecha de la Fig. 9.

Aquí se ve que, de hecho, el campo que se ha de medir H_{curr} , también indicado por las flechas pequeñas en los sensores, es perpendicular al campo de polarización H_{bias} .

Además, en la Fig. 10 se indica esquemáticamente una aportación de campo magnético externo general indicada con la referencia 22.

Típicamente, se observa que tales contribuciones de campo magnético externo, en la estructura dimensional de la unidad de sensor, son esencialmente homogéneos en cuanto a la amplitud y dirección.

Correspondientemente, como se puede ver por los signos correspondientes + y - dados, debido a la configuración rotatoriamente simétrica de los dos sensores 5, 6, las contribuciones de este campo magnético 22 externo se cancelan cuando se suman las señales de medición de los dos sensores.

Como todavía puede haber diferencias en la sensibilidad general de sensores individuales, al igual que diferencias geométricas, esta suma es preferiblemente una suma ponderada ajustable cuyo tiempo de espera se puede adaptar en situaciones estándar.

[0044] Para clarificar adicionalmente la orientación relativa de los varios vectores en la configuración propuesta, las condiciones en la otra vista de sensor según la flecha de la Fig. 10 se ilustran en la Fig. 11.

Se puede reconocer que, de hecho, el campo inducido por la corriente H_{curr} es perpendicular al campo polarizado H_{bias} , y que la corriente de sonda está esencialmente a 45° de estas dos direcciones.

Se debe destacar que se obtiene la misma situación vectorial si se rota la configuración como se proporciona en la Fig. 10 alrededor del eje principal del conductor y se ve el sensor inferior 6, ahora en la posición superior, a lo largo de la flecha.

[0045] Las características de la posible realización de tal unidad de sensor se ilustran en las Fig. 12-16.

La configuración, en referencia a la Fig. 12, comprende un elemento de soporte interno o cilindro interno 9, típicamente de PTFE, que comprende un orificio axial central 12, en el que el conductor 1 puede ser insertado.

En su superficie externa, este cilindro interno 9 comprende, en este caso donde se deben usar cuatro sensores, cuatro entrantes igualmente distribuidos 11 en los que los sensores se pueden poner y finalmente fijar.

Además, la unidad comprende un elemento de soporte externo o cilindro externo 10, situado en el exterior del cilindro interno y encerrándolo.

5 El cilindro externo 10 se puede desplazar sobre el cilindro interno 9 una vez que los sensores están situados en los entrantes 11, y posteriormente los sensores se insertan entre el cilindro interno y el externo y se sujetan firmemente en la configuración.

10 El cilindro interno 9 y el cilindro externo 10 después pueden ser conectados firmemente usando tornillos radiales que penetran a través de orificios como se ve en la Fig. 13 y que se acoplan en orificios correspondientes 13 del cilindro interno 9 como se ve en la Fig. 12 o en la Fig. 16.

[0046] En la Fig. 13 sólo se proporciona una sección axial del cilindro externo 10.

El cilindro externo 10 en la parte izquierda comprende un orificio central a través del cual el conductor penetra.

En esta zona también se proporciona el reborde terminal 18.

15 A la derecha del mismo se proporciona un entrante 14 en la superficie externa, en este entrante el arrollamiento de múltiples vueltas para la bobina auxiliar 7 puede ser colocado y fijado firmemente por ejemplo mediante el relleno con una resina y su reticulación/polimerización.

En esta parte derecha, el diámetro interno del orificio central es mayor y en la zona de transición entre los dos diámetros internos se proporciona una superficie de apoyo.

20 De hecho, si el cilindro interno 9, como se ilustra en la Fig. 15 en una sección axial, está equipado con los sensores, el cilindro externo 10 se desplaza hacia el cilindro interno hasta que la superficie 17 del cilindro interno colinda con la superficie 16 del cilindro externo.

25 En la configuración final, correspondientemente el lado izquierdo de la unidad de sensor está formado por el reborde 18, seguido a la derecha por el exterior del arrollamiento auxiliar situado en el entrante 14, y luego seguido de un reborde adicional fino 23 del cilindro externo 10 y un entrante en el que los tornillos mencionados anteriormente pueden ser colocados para penetrar a través de los agujeros 15 y para acoplarse con los agujeros ciegos 13 del cilindro interno 9 como se ilustra en la Fig. 16.

30 En el lado derecho, la unidad de sensor está rodeada por el reborde terminal 19 del cilindro interno (ver Fig. 14 y 16).

Por lo tanto, se proporciona una unidad de sensor claramente definida y muy compacta.

[0047] En la Fig. 14 se proporciona una vista lateral del cilindro interno.

En esta ilustración 1 se puede ver que el sensor 5/6 está situado en el entrante 11.

35 Las conexiones para y del sensor primero son guiadas axialmente a través del canal axial 20, y posteriormente son guiadas radialmente hacia afuera de la cabeza del sensor a través de canales 21.

Es posible que la influencia que provoca alteraciones de estos cables sobre los sensores magnetorresistivos pueda ser minimizada.

40 [0048] Para resumir, la cabeza del sensor se construye a partir de una barra de conducción 1, un soporte no conductor 9, 10, dos o un número par de sensores magnetorresistivos 5, 6, una bobina auxiliar 7, y si es necesario, una o más bobinas adicionales (no ilustradas en las figuras).

La barra cilíndrica de conducción 1 se necesita para pasar la corriente principal a través de la cabeza del sensor.

45 [0049] El soporte no conductor 9, 10 separa los sensores magnetorresistivos 5, 6 de la barra y, de este modo, los aísla del circuito principal.

Además, fija la bobina auxiliar 7 con respecto a los sensores magnetorresistivos 5, 6 y permite un ajuste preciso de la cabeza del sensor.

50 [0050] Los sensores magnetorresistivos 5, 6 están localizados a una distancia bien definida de la barra 1 y todos los pares de sensores están opuestos los unos a los otros en lados opuestos del portador de corriente 1.

Con esto, cualquier campo externo homogéneo se elimina de la medición y con cada par de sensores adicional la sensibilidad total y la relación de señal a ruido aumenta.

55 [0051] La bobina auxiliar 7 se necesita para generar un campo magnético polarizado homogéneo y con él define el rango de sensibilidad del sensor.

[0052] La bobina o bobinas adicionales permiten ajustar la señal cero (señal de referencia) para los sensores.

60 Tal bobina adicional puede situarse, por ejemplo, en la ilustración esquemática según la Fig. 11, como un arrollamiento de múltiples vueltas alrededor del sensor 5 con su principal eje siendo colineal con la flecha que indica H_{curr} .

El campo de compensación o de sustracción adicional de esta bobina adicional es entonces codireccional con la dirección del campo H_{curr} que se ha de medir y puede ser usado eficazmente para su compensación, en particular en caso de mediciones de corriente CD.

65 [0053] El sensor de corriente consiste en dos partes, la cabeza del sensor como se ha mencionado anteriormente, que detecta el campo magnético, y una unidad electrónica, que proporciona las corrientes para el campo auxiliar y/o

campo de sustracción y amplifica (típicamente alrededor de un factor de 10, en la configuración descrita con sensores 4 la amplificación es, de hecho, aproximadamente 10, o 2,5 por sensor) y procesa las señales.

5 [0054] La unidad electrónica consiste en dos partes, una o dos fuentes de corriente y una unidad de procesamiento de señales.

Las fuentes corrientes son responsables de las corrientes constantes a través de la bobina auxiliar y/o la bobina adicional, y generan así campos magnéticos estables como referencia para los sensores magnetorresistivos y definen la señal cero del sensor.

10 La unidad de procesamiento de señales se necesita para generar el voltaje de suministro de los sensores y para amplificar las señales de los sensores magnetorresistivos individuales y añadirlas a una señal proporcional a la corriente.

Como las sensibilidades de los sensores individuales son ligeramente diferentes, cada señal se pondera de acuerdo con ello.

15 Lista de números de referencia

[0055]

| | | |
|----|-------------|---|
| 20 | 1 | conductor/barra que conduce las corrientes que van a ser medidas |
| | 2 | dirección de la corriente en 1 |
| | 3 | resistencia medida en el sensor magnetoresistivo como función de ángulo α |
| | 4 | indicación del régimen lineal alrededor del punto cero |
| | 5 | primer sensor magnetorresistivo |
| | 6 | segundo sensor magnetorresistivo |
| 25 | 7 | bobina auxiliar para producir el campo magnético polarizado |
| | 8 | dirección de vista |
| | 9 | elemento de soporte interno de la unidad de sensor, cilindro interno |
| | 10 | elemento de soporte externo de la unidad de sensor, cilindro externo |
| | 11 | entrantes para sensores magnetorresistivos |
| 30 | 12 | orificio en 9 para 1 |
| | 13 | orificio en 9 para tornillo de fijación |
| | 14 | entrante para bobina auxiliar 7 |
| | 15 | orificio pasante en 10 para tornillo de fijación |
| | 16 | superficie de apoyo en el cilindro externo para cilindro interno |
| 35 | 17 | superficie de apoyo en el cilindro interno |
| | 18 | rebordo terminal del cilindro externo |
| | 19 | rebordo terminal del cilindro interno |
| | 20 | entrante axial en 9 para conexiones a 5/6 |
| | 21 | entrante radial en 19 de 9 para conexiones a 5/6 |
| 40 | 22 | aportación de campo magnético externo |
| | 23 | rebordo |
| | H_{curr} | campo magnético generado por la corriente en 1 que ha de ser medido |
| | H_{bias} | campo magnético polarizado |
| | H_{resul} | campo resultante de H_{curr} y H_{bias} |
| 45 | I_{probe} | corriente de sonda en el sensor magnetorresistivo |
| | R | resistencia en el sensor magnetorresistivo |
| | R_0 | valor mínimo de R en el sensor magnetorresistivo como función del ángulo α |
| | α | ángulo entre la corriente de sonda y H_{resul} |

REIVINDICACIONES

1. Unidad de sensor para la medición de una corriente en un conductor (1) que comprende al menos un sensor magnetorresistivo (5, 6) localizado a una distancia radial de la superficie externa del conductor (1), donde el conductor (1) tiene una sección transversal circular, donde la unidad de sensor comprende al menos una bobina auxiliar (7) para la generación de un campo magnético polarizado (H_{bias}) al menos un sensor magnetorresistivo (5, 6) lo suficientemente fuerte para inducir una saturación magnética en al menos un sensor magnetorresistivo (5, 6) continuamente durante todo el proceso de medición de corriente, donde la dirección del campo magnético polarizado (H_{bias}) proporcionado por la bobina auxiliar (7) está orientada a un ángulo de 88-92° con respecto a la dirección del campo magnético (H_{curr}) producido por la corriente en el conductor (1), donde la bobina auxiliar (7) está proporcionada como un arrollamiento de múltiples vueltas alrededor de y coaxial con el conductor (1), y donde el al menos un sensor magnetorresistivo (5, 6) está insertado entre el conductor y los arrollamientos de la bobina auxiliar, **caracterizada por el hecho de que** el campo magnético producido por la corriente en el conductor (1) es medido directamente por el al menos un sensor magnetorresistivo (5, 6) utilizando un campo magnético resultante (H_{resul}) que actúa en dicho al menos un sensor magnetorresistivo (5, 6) y que es dado por la suma vectorial del campo magnético (H_{curr}) producido por la corriente en el conductor (1) y el campo magnético polarizado (H_{bias}).
2. Unidad de sensor según la reivindicación 1, donde al menos un par de sensores magnetorresistivos (5, 6) está distribuido simétricamente alrededor de la circunferencia del conductor (1), donde los sensores (5, 6) de dicho al menos un par de sensores magnetorresistivos (5, 6) están localizados a una distancia dentro del rango de 0-10 mm, en relación a su zona de detección, de la superficie externa del conductor (1).
3. Unidad de sensor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el sensor magnetorresistivo (5, 6) es accionado con una corriente de sonda (I_{probe}) que está a un ángulo de 45° con respecto a la dirección del campo magnético polarizado (H_{bias}), donde se usa un sensor con una configuración de Wheatstone de cuatro elementos.
4. Unidad de sensor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se proporciona un elemento interno de soporte aislante (9), de forma cilíndrica, que incluye el conductor (1) y, en su superficie externa, o al menos parcialmente introducido en su interior, que lleva al menos un sensor magnetorresistivo (5, 6), donde las conexiones eléctricas al sensor son guiadas primero axialmente y luego radialmente lejos del sensor, y donde además se proporciona un elemento de soporte externo (10), de forma cilíndrica, que incluye radialmente el elemento interno y los sensores (5, 6) situados sobre el mismo/en el mismo y en su circunferencia externa o al menos parcialmente introducidos en su circunferencia externa que lleva la bobina auxiliar (7) como un arrollamiento de múltiples vueltas alrededor del eje del conductor (1) en la posición en la que los sensores (5, 6) están situados, donde además el elemento de soporte interno (9) y/o el elemento de soporte externo (10) están hechos de materiales fluorinados seleccionados de PTFE y modificaciones/mezclas químicas de éste.
5. Unidad de sensor según la reivindicación 4, donde el arrollamiento de múltiples vueltas es moldeado con resina sobre o en el elemento de soporte externo (10).
6. Unidad de sensor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye una bobina adicional para la generación de un campo magnético de sustracción para el campo magnético (H_{curr}) inducido por la corriente en el conductor (1).
7. Unidad de sensor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores para la medición de corrientes en el conductor (1) hasta 100 kA, o incluso hasta 200 kA o 500 KA, con un rango de medición de +/- 300 A alrededor del valor cero del campo magnético (H_{curr}) inducido por la corriente en el conductor (1), corregido para la compensación con una bobina adicional.
8. Unidad de sensor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la bobina auxiliar (7) está diseñada y situada para producir un campo magnético polarizado (H_{bias}) en la posición del al menos un sensor (5, 6) de al menos 3,5 mT, y donde además el campo magnético polarizado (H_{bias}) es controlado para variar a lo largo del tiempo dentro del rango inferior a 0,1 %.
9. Unidad de sensor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye una unidad electrónica para controlar los sensores magnetorresistivos (5, 6) y para alimentar la al menos una bobina auxiliar (7) y para amplificar y/o evaluar las señales de los sensores magnetorresistivos (5, 6), donde la unidad electrónica es alimentada exclusivamente mediante el uso de al menos una unidad de batería, y/o donde está construida por componentes de generación de ruidos de campos magnéticos y/o eléctricos bajos.
10. Uso de una unidad de sensor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores para la medición de variaciones pequeñas y/o de características de deterioro de la corriente en un conductor (1), en presencia de altos valores de pico de corriente en el rango de hasta 50 kA, o de hasta 100 kA o de hasta 200 kA o 500 kA, siendo sensible en el rango de +/- 300A.
11. Uso de una unidad de sensor según cualquiera de las reivindicaciones 1-9 con una bobina adicional para la

generación de un campo magnético de sustracción para el campo magnético (H_{curr}) inducido por la corriente en el conductor (1) para la medición de corrientes esencialmente directas en un conductor (1).

- 5 12. Uso de una unidad de sensor según cualquiera de las reivindicaciones 1-9 con una bobina adicional para la generación de un campo magnético de sustracción independiente del tiempo para la compensación del campo magnético (H_{curr}) inducido por una corriente específica en el conductor (1) para la medición precisa de corrientes cercanas a esta corriente específica.
- 10 13. Uso de una unidad de sensor según cualquiera de las reivindicaciones 1-9 con una bobina adicional para la generación de un campo magnético de sustracción en función del tiempo con el objetivo de mantener el campo resultante dentro del rango de sensibilidad del sensor, lo que permite una medición precisa de la diferencia entre el campo de compensación y el campo resultante, donde el campo de compensación es generado usando un mecanismo de retroacción, una medición de corriente de baja frecuencia, o una forma de onda predefinida.
- 15 14. Método para la medición de la corriente en un conductor (1) con una unidad de sensor según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, donde, durante todo el proceso medición de la corriente, la bobina auxiliar (7) es continuamente alimentada con una corriente suficiente para inducir una saturación magnética en el sensor magnetorresistivo (5, 6) y donde el campo magnético polarizado está orientado en perpendicular al campo magnético que se ha de medir.

Fig. 1

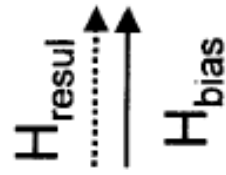


Fig. 2

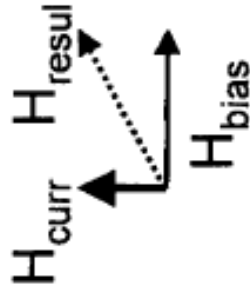


Fig. 3

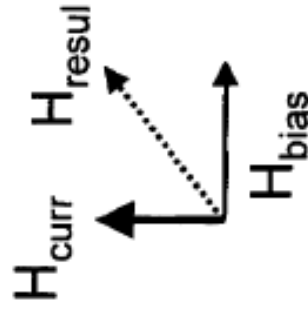


Fig. 4

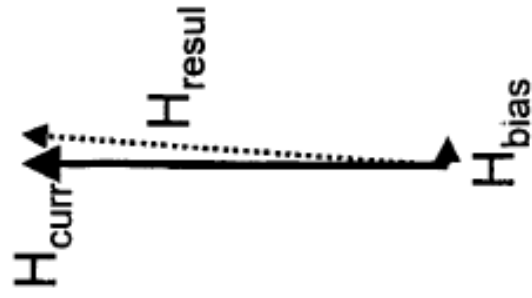


Fig. 5

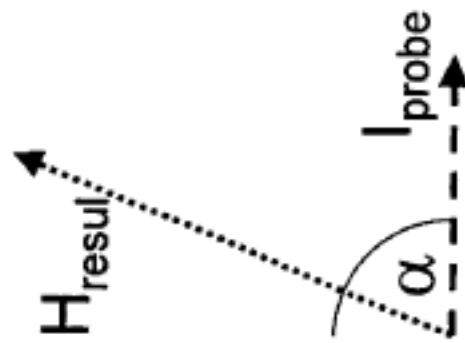


Fig. 6

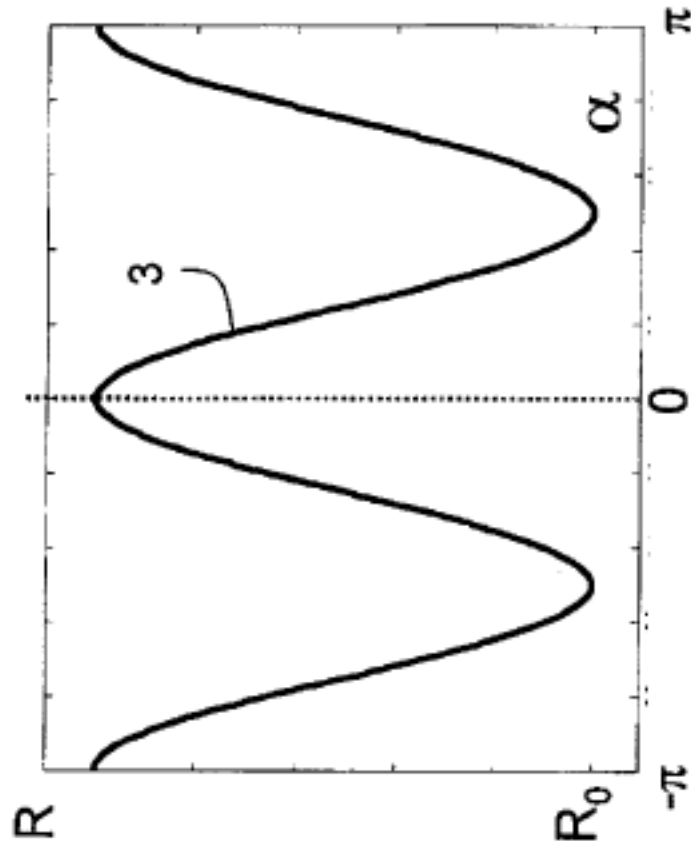


Fig. 7

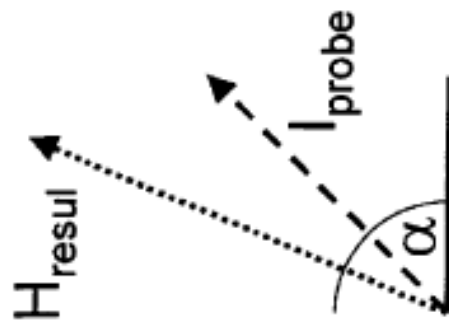
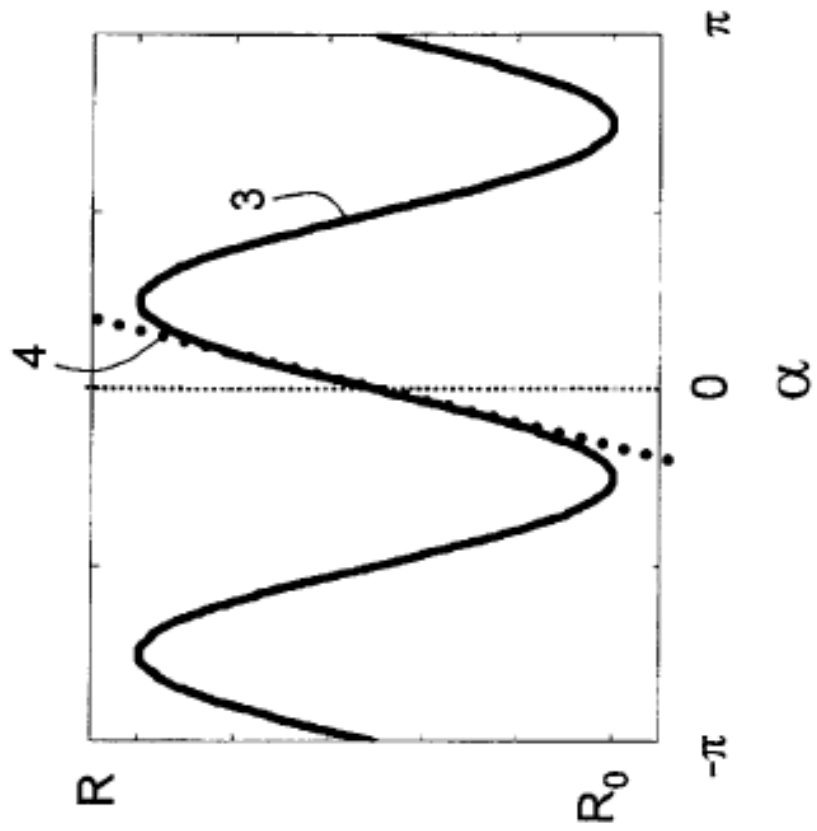


Fig. 8



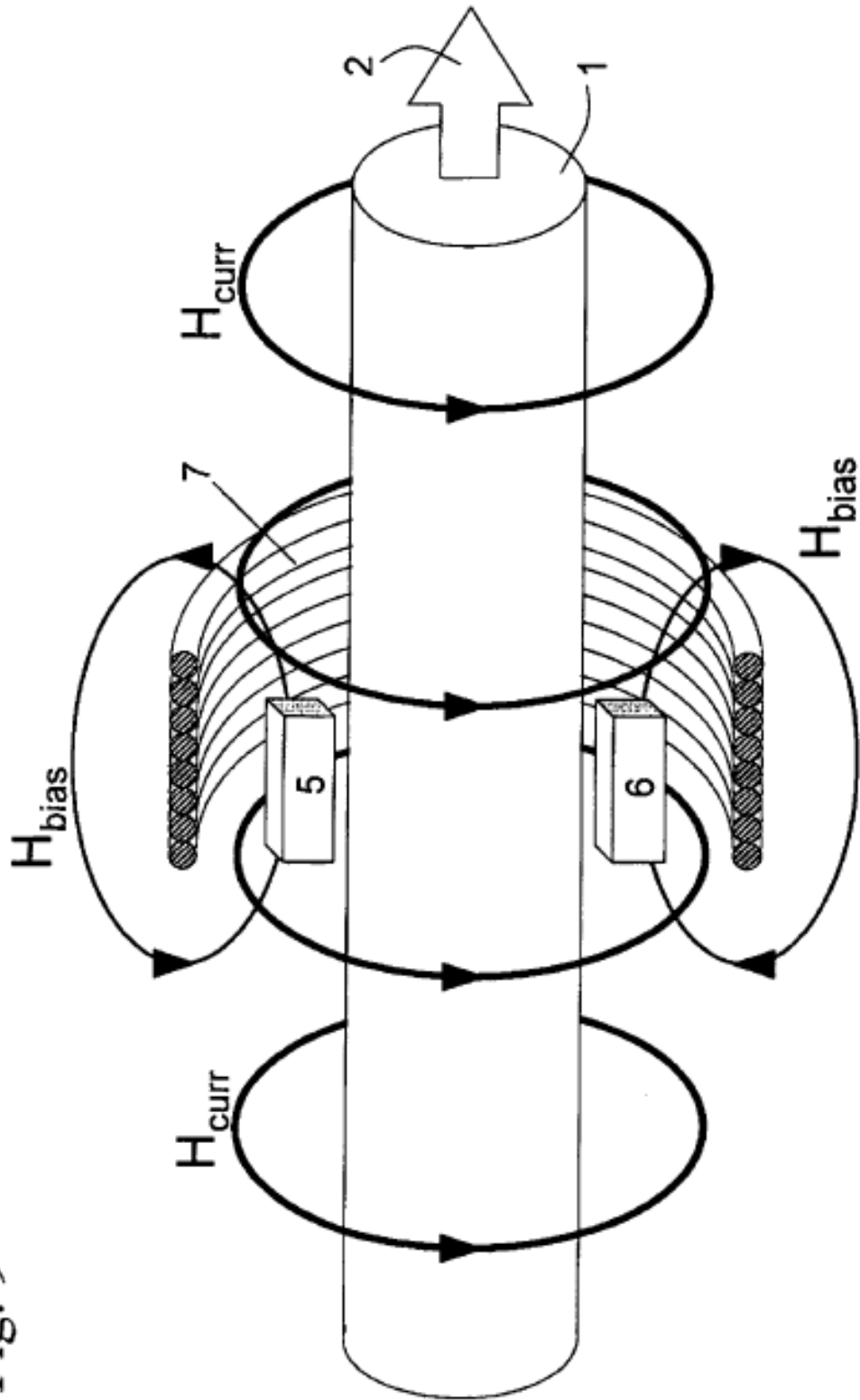


Fig. 9

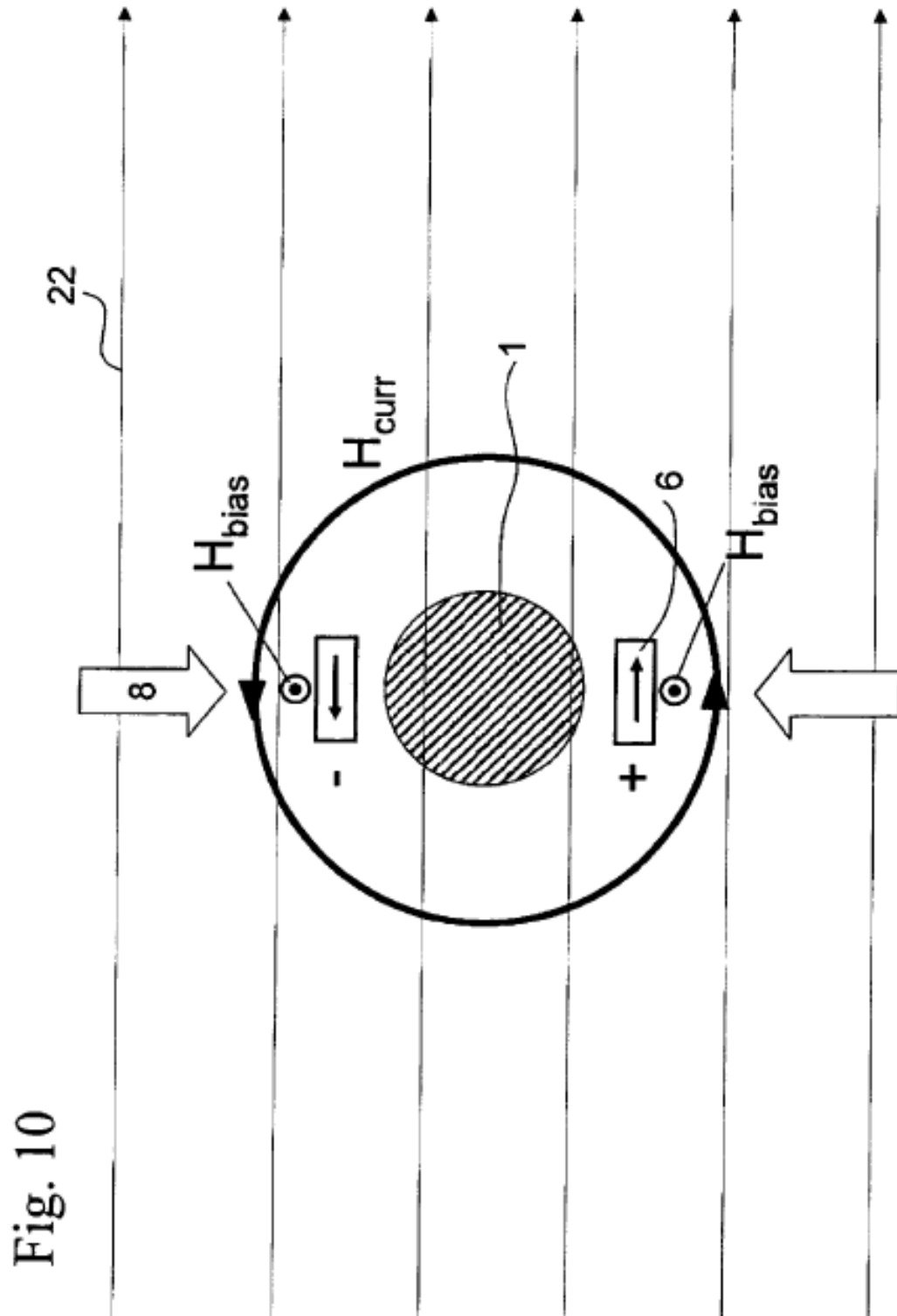


Fig. 10

Fig. 11

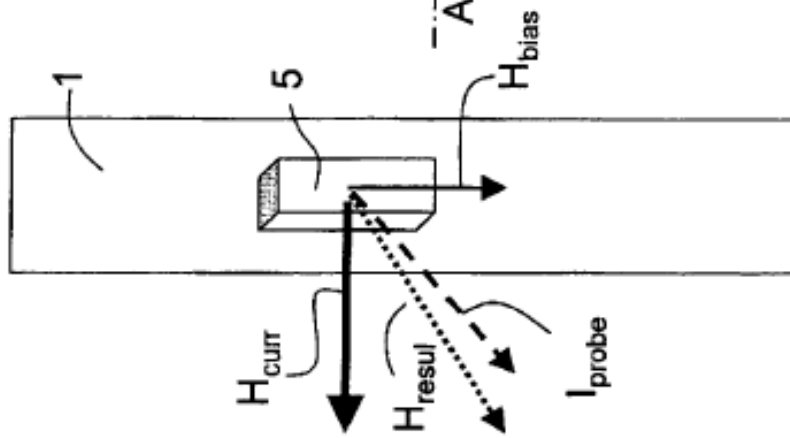


Fig. 12

