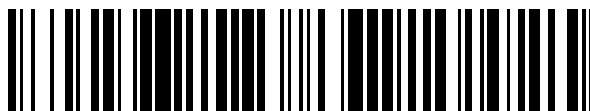


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 638**

51 Int. Cl.:  
**G01R 19/20** (2006.01)  
**G01R 15/18** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09765649 .0**  
96 Fecha de presentación: **17.06.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2291665**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.03.2011**

54 Título: **Disposición sensora de corriente para medir corrientes en un conductor primario**

30 Prioridad:  
**20.06.2008 DE 102008029475**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.04.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.04.2012**

73 Titular/es:  
**Vacuumschmelze GmbH & Co. KG**  
**Grüner Weg 37**  
**63450 Hanau, DE y**  
**Bosch GmbH**

72 Inventor/es:  
**KOCH, Ralf;**  
**SCHOETTLE, Juergen;**  
**BREMMER, Marcus;**  
**DOEBLITZ, Jens y**  
**WOLF, Michael**

74 Agente/Representante:  
**Lehmann Novo, Isabel**

**ES 2 378 638 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**

Disposición sensora de corriente para medir corrientes en un conductor primario.

5 La invención concierne a una disposición sensora de corriente para medir corrientes en un conductor primario a lo largo de un amplio intervalo de medición, especialmente una disposición sensora según el preámbulo de la reivindicación 1, así como a un procedimiento de medición de corriente correspondiente según el preámbulo de la reivindicación 7.

Disposiciones sensoras de corriente de este tipo genérico son conocidas, por ejemplo, por el documento DE 42 29 948. Una disposición semejante se encuentra revelada en el documento DE 36 11 683.

10 Para medir sin contacto y, por tanto, sin potencial la intensidad de una corriente eléctrica en un conductor son conocidos, por un lado, los llamados sensores de corriente de formación de imagen directa que detectan el flujo magnético originado por la corriente, por ejemplo por medio de un sensor de Hall en un circuito magnético hendido y generan una señal proporcional a la intensidad de la corriente. Estos sensores son muy baratos, pero presentan una exactitud relativamente pequeña. Sensores de corriente de formación de imagen directa son los llamados sensores de corriente de bucle abierto que no contienen un circuito de regulación cerrado.

15 Además, se conocen los llamados sensores de corriente de bucle cerrado en los que se genera continuamente con ayuda de un circuito de regulación cerrado un campo magnético contrario de la misma magnitud que el campo magnético de la corriente a medir, con lo que se presenta constantemente una compensación completa del campo magnético y se puede deducir de los parámetros para generar el campo contrario la magnitud de la corriente que se desea medir. Por tanto, los sensores de corriente de bucle cerrado pertenecen a la clase de sensores de corriente de compensación.

20

Una clase especial de sensores de corriente de compensación, pero que no contienen un circuito de regulación cerrado, son los sensores de puerta de flujo que se encuentran descritos, por ejemplo, en el documento DE 42 29 948. Dado que en tales sensores de corriente se evita un defecto de histéresis, estos son adecuados para la medición precisa de la corriente en un amplio intervalo dinámico de pocos miliamperios a cerca de un kiloamperio.

25 Los sensores de puerta de flujo no hacen posible una medición continua de la corriente, sino que la señal de salida del sensor es una señal periódica que se explora en momentos de exploración determinados. Los valores de exploración representan la corriente en el conductor primario (corriente primaria) en los instantes de exploración discretos.

30 Cuando la frecuencia de la corriente primaria es semejante o igual a la frecuencia de exploración, resultan visibles en la señal de salida explorada del sensor, debido a efectos espurios, unos batidos que se encuentran en un dominio de frecuencia que es importante para la medición de la corriente. Estos batidos perturban claramente la medición. Esto puede llegar hasta el punto de que en algunos casos resulta imposible una medición razonable de la corriente, con lo que el campo de aplicación práctica del sensor de corriente está fuertemente restringido. Además, tales sensores de corriente presentan intervalos de tiempo regularmente recurrentes en los que no es en absoluto posible una medición de la corriente.

35

Por tanto, la invención se basa en el problema de proporcionar una disposición sensora de corriente flexible para medir corrientes en un conductor primario, en la que no se presente el problema anteriormente descrito.

El problema se resuelve con una disposición sensora de corriente según la reivindicación 1 y con un procedimiento según la reivindicación 5. Otros ejemplos de la invención son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

40 La invención se refiere a una disposición sensora de corriente para medir una corriente primaria en un conductor primario. Ésta comprende un núcleo ferromagnético para acoplar magnéticamente el conductor primario a un conductor secundario; una fuente de tensión controlada que está unida con el conductor secundario; un dispositivo de activación unido con el conductor secundario para remagnetizar regularmente el núcleo ferromagnético, presentando el dispositivo de activación una fuente de tensión controlada que está unida con el conductor secundario y concebida para proporcionar una tensión periódica bipolar de una amplitud determinada, de modo que una corriente secundaria periódica resultante provoque la remagnetización periódica del núcleo ferromagnético de conformidad con una frecuencia del sensor; y un dispositivo de control para controlar la fuente de tensión, estando concebido el dispositivo de control para variar la frecuencia del sensor durante el funcionamiento de la disposición sensora de corriente.

45

50 La invención se refiere también a un procedimiento para medir una corriente primaria en un conductor primario que está acoplado magnéticamente con un conductor secundario a través de un núcleo ferromagnético. El procedimiento comprende los pasos siguientes: aplicación de una tensión de una amplitud determinada al conductor secundario, de modo que circule una corriente secundaria para remagnetizar el núcleo ferromagnético; medición de la corriente secundaria durante la remagnetización del núcleo para obtener un primer valor de medida; cambio de polaridad de la

5 tensión de modo que circule una corriente secundaria para realizar una nueva remagnetización del núcleo ferromagnético; medición de la corriente secundaria durante la remagnetización del núcleo para obtener un segundo valor de medida; y cálculo de la corriente primaria en función de los valores de medida primero y segundo, efectuándose regularmente el cambio de polaridad de la tensión con una frecuencia de sensor determinada y variándose continuamente la frecuencia del sensor.

Puede variarse aquí la amplitud de la tensión de modo que se varíe correspondientemente la frecuencia de la corriente secundaria. En el llamado procedimiento de histéresis parcial se tiene que, en el momento del cambio de polaridad de la tensión, se puede variar la excursión de magnetización durante el cambio de polaridad, con lo que se varía también la frecuencia de la corriente secundaria. En este caso, no se remagnetiza completamente el núcleo.

10 Se explica seguidamente la invención con más detalle ayudándose de figuras, en las que números de referencia iguales designan componentes iguales o señales iguales. Muestran:

La figura 1, un esquema de bloques de un ejemplo de la disposición sensora de corriente de la invención;

La figura 2, la evolución de las señales de la corriente secundaria, de la magnetización y de la intensidad del campo magnético en una disposición sensora de corriente libremente oscilante con una corriente primaria de cero;

15 La figura 3, la evolución de las señales de la corriente secundaria, de la magnetización y de la intensidad del campo magnético en una disposición sensora de corriente libremente oscilante con una corriente primaria mayor que cero;

La figura 4, el efecto espurio (a) posible en el sensor de corriente e intervalos de tiempo "ciegos" del sensor (b) con ayuda de las evoluciones de las señales de la corriente primaria y la corriente secundaria;

20 La figura 5, la evolución de las señales de la corriente secundaria, de la magnetización y de la intensidad del campo magnético en una disposición sensora de corriente en funcionamiento de histéresis parcial con una corriente primaria de cero y

La figura 6, el ejemplo de realización según la figura 1 en detalle.

25 En la figura 1 se representa con ayuda de un esquema de bloques el principio de construcción de un sensor de corriente de compensación sin error de histéresis. La corriente a medir (corriente primaria  $i_P$ ) circula por un devanado primario 1 que está acoplado magnéticamente a un devanado secundario 2 (número de espiras N) a través de un núcleo 10 magnético blando y, por ejemplo, no hendido. El devanado primario 1 puede estar constituido, por ejemplo, por una sola espira, es decir que el devanado primario 1 está formado por un conductor que se extiende a través del núcleo 1 (número de espiras 1). El devanado secundario 2 está conectado en serie con una fuente de tensión controlada Q que genera la corriente secundaria  $i_S$  a través del devanado secundario. Para medir la corriente secundaria  $i_S$  está conectada una resistencia en derivación  $R_{SH}$  entre el devanado secundario 2 y la fuente de tensión Q. La tensión  $U_{SH}$  a través de la resistencia en derivación  $R_{SH}$  es alimentada a una unidad de medida y control 20 que proporciona también una señal de control CTR para activar la fuente de tensión controlada Q.

35 El funcionamiento de la disposición de medida de corriente representada en la figura 1 se describe seguidamente con ayuda de las figuras 2 a 4. La figura 2a ilustra las propiedades ferromagnéticas del núcleo magnético blando 10 con ayuda de una curva característica de magnetización, estando registradas la intensidad de campo magnético H en el eje de abscisas y la magnetización M en el eje de ordenadas. La curva característica de magnetización presenta una histéresis aproximadamente rectangular con una determinada intensidad de campo coercitivo  $H_C$  y una determinada magnetización de saturación  $M_{SAT}$ . Para la intensidad de campo magnético H se cumple simplícidamente según la ley de Ampère que  $H = N \cdot i_S / l_{FE}$ , en donde el parámetro  $l_{FE}$  designa la longitud del recorrido magnético de las líneas del campo magnético en el núcleo 10.

40 Para la tensión  $u_i$  inducida en la bobina secundaria 2 se cumple según la ley de Faraday que

$$u_i = -N \cdot d\Phi / dt = -N \cdot A \cdot dB / dt \quad (1)$$

45 en donde el parámetro A designa la superficie de la sección transversal del núcleo 10, el símbolo  $\Phi$  designa el flujo magnético a través del núcleo 10 originado por la corriente secundaria  $i_S$  y el símbolo B designa la densidad de flujo magnético. La densidad de flujo magnético B se puede representar en general por la relación  $B = \mu_0 \cdot (H+M)$ ; se sigue de esto que durante la remagnetización del núcleo 10 (corresponde a la rama vertical izquierda o derecha de la curva característica de magnetización en la figura 2a) la tasa de variación de la magnetización  $dM/dt$  es proporcional a la tensión inducida  $u_i$  y la intensidad de campo magnético H y, por tanto, también la corriente secundaria  $i_S$  son constantes, es decir que

$$50 \quad u_i = -N \cdot A \cdot \mu_0 \cdot dM / dt \quad (\text{al remagnetizar}) \quad (2)$$

Se puede decir también que la inductividad diferencial de la bobina secundaria 2 es casi infinitamente grande durante la remagnetización. Tan pronto como la magnetización en el núcleo 10 haya alcanzado la magnetización de

saturación  $M_{SAT}$ , aumenta la corriente secundaria  $i_S$  y ésta no es limitada más que por la resistencia óhmica del devanado secundario 2 y la resistencia en derivación  $R_{SH}$ .

5 El aumento de la corriente secundaria  $i_S$  es reconocido por la unidad de medida y control 20, por ejemplo con ayuda de comparadores (véase la figura 2b). Tan pronto como la corriente secundaria sobrepasa un valor umbral positivo  $+i_{SMAX}$  o se queda por debajo de un valor umbral negativo  $-i_{SMAX}$ , la unidad de medida y control 20 genera una señal de control correspondiente CTR para cambiar la polaridad de la fuente de tensión Q e iniciar el siguiente ciclo de remagnetización.

10 La evolución temporal de la corriente secundaria para una corriente primaria  $i_P$  de cero está representada en la figura 2b. Durante la remagnetización (véanse las ramas aproximadamente verticales de la curva característica de magnetización de la figura 2a) la corriente secundaria es constante y corresponde a la corriente de magnetización  $+i_{\mu}$  o  $-i_{\mu}$ . El valor absoluto de la corriente de magnetización  $i_{\mu}$  depende de la anchura de la histéresis en la curva característica de magnetización, es decir, de la intensidad de campo coercitivo  $H_C$ , es decir que  $i_{\mu} = I_{FE}/N \cdot H_C$ . Tan pronto como la magnetización en el núcleo 10 alcanza la magnetización de saturación positiva o negativa, comienza a aumentar la corriente secundaria  $i_S$ , tal como ya se ha descrito más arriba. Debido a la simetría de la curva característica de histéresis la evolución temporal de la corriente secundaria  $i_S$  es también simétrica en torno a un valor de corriente medio.

15 Las figuras 3a y 3b muestran el mismo estado de cosas que las figuras 2a y 2b, pero para una corriente primaria  $i_P$  distinta de cero. El campo magnético generado por la corriente primaria  $i_P$  se superpone aditivamente en el núcleo magnético blando 10 al campo magnético de la corriente secundaria  $i_S$ , lo que puede representarse como un desplazamiento de la curva característica de magnetización a lo largo del eje de abscisas. Este estado de cosas está representado gráficamente en la figura 3a. La evolución temporal correspondiente de la corriente secundaria está representada en la figura 3b. Esta evolución es semejante a la de la figura 2b para una corriente primaria de cero, con la diferencia de que la corriente secundaria ya no discurre simétricamente en torno al eje de abscisas ( $i_S = 0$ ), sino simétricamente en torno a la recta horizontal ( $i_S = i_P/N$ ). Esto quiere decir que durante la remagnetización la corriente primaria y la corriente secundaria están en la misma relación  $\ddot{u} = 1:N$  que los números de espiras del devanado primario 1 y el devanado secundario 2, con excepción del decalaje de histéresis en la magnitud de la corriente de magnetización  $i_{\mu}$ . Para medir la corriente se explora la señal de corriente secundaria  $i_S$ , en sentido estricto la señal de tensión  $\mu_{SH}$  en la resistencia en derivación  $R_{SH}$ , durante el proceso de remagnetización. Se obtiene así en la primera mitad de un período de la corriente secundaria un valor de medida de corriente  $i_S[n-1] = (i_P/N) + i_{\mu}$  y en la segunda mitad del período se obtiene un valor de medida de corriente  $i_S[n] = (i_P/N) - i_{\mu}$ . Formando el valor medio se puede eliminar el error de histéresis originado por la corriente de magnetización y se calcula la corriente primaria en un instante n del modo siguiente:

$$i_P[n] = N \cdot (i_S[n-1] + i_S[n]) / 2 \quad (3)$$

35 Como quiera que la histéresis de la curva característica de magnetización no tiene ninguna influencia sobre el resultado de medida, este procedimiento de medida de corriente es muy adecuado para medir corrientes muy pequeñas. El intervalo de medida se extiende desde algunos miliamperios hasta un kiloamperio. Durante el proceso de remagnetización en el núcleo 10 la corriente secundaria  $i_S$  sigue a la corriente primaria  $i_P$  según la relación de transmisión 1: $\ddot{u}$ . Mientras tanto, la corriente secundaria es explorada al menos una vez para obtener un valor de medida ( $i_S + i_{\mu}$  o  $i_S - i_{\mu}$ ) destinado al cálculo de la corriente primaria. Sin embargo, durante la remagnetización se puede efectuar también repetidamente la exploración con una tasa de exploración que sea sensiblemente más alta que la frecuencia de oscilación del propio sensor, por ejemplo con frecuencias de exploración comprendidas entre 1 kHz y 1 MHz. Así, es posible detectar también procesos transitorios en la señal de corriente primaria  $i_P$  en tanto se presenten estos procesos transitorios durante la remagnetización. Mientras el núcleo 10 está en saturación magnética, no es posible ninguna medición razonable de la corriente. Esta problemática se describe más adelante con mayor precisión ayudándose de la figura 4b.

45 Debido al hecho de que la disposición sensora de corriente anteriormente descrita no permite una medición continua, sino que solamente se explora la corriente secundaria en instantes discretos, se pueden presentar efectos espurios no deseados que se manifiesten en el resultado de la medida sobre todo como batidos de baja frecuencia. La exploración puede ponerse en marcha siempre, por ejemplo, un tiempo fijo después del cambio de polaridad de la tensión  $U_S$  de la fuente de corriente Q, pudiendo elegirse el tiempo tan corto que se haya estabilizado la oscilación de la corriente secundaria  $i_S$ , es decir que ésta sigue a la corriente primaria  $i_P$ . La problemática mencionada de las perturbaciones espurias se representa a título de ejemplo en la figura 4a.

50 Si la frecuencia de la corriente primaria  $i_P$  es igual o al menos semejante a la frecuencia de oscilación de la disposición sensora, es decir, de la corriente secundaria  $i_S$ , o a un múltiplo entero de dicha frecuencia de oscilación, se pueden superponer entonces batidos no deseados a la señal de medida, de modo que no es posible una medición razonable. En el presente caso, la corriente primaria  $i_P$  se ha modulado con una señal rectangular cuya frecuencia está en un orden de magnitud semejante al doble de la frecuencia de oscilación  $f_{SENSOR}$  del sensor de corriente, es decir, cerca de la frecuencia de exploración. En este caso, se producen efectos espurios que

repercuten como batidos de baja frecuencia en un dominio de frecuencia que es importante para la medición.

En el ejemplo mostrado en la figura 4a se han superpuesto también a la corriente primaria  $i_P$  unos impulsos perturbadores 50 que se repiten con una frecuencia  $f_S$ . La frecuencia  $f_S$  de los impulsos perturbadores 50 está en un orden de magnitud semejante al doble de la frecuencia de oscilación del sensor  $f_{\text{SENSOR}}$ . La diferencia entre  $f_S$  y  $2f_{\text{SENSOR}}$  es justamente tan grande que resulta un batido con una frecuencia de batido de alrededor de la mitad de la frecuencia del sensor. Si la diferencia fuera más pequeña, la frecuencia de batido sería claramente también más pequeña.

Con ayuda de la figura 4b se ilustra un problema adicional de sensores de puerta de flujo convencionales. Durante la remagnetización del núcleo la corriente secundaria  $i_S$  sigue (véanse las figuras 2 y 3) a la corriente primaria  $i_P$  de conformidad con la relación de transmisión 1:1 y es posible una medición de corriente casi continua. En contraste con esto, en el rango de saturación magnética del núcleo 10 no es posible una medición razonable, es decir que el sensor está prácticamente "ciego" durante determinados intervalos de tiempo 53 en los que el núcleo se encuentra en saturación magnética. Estos intervalos de tiempo 53 se presentan periódicamente con el doble de la frecuencia de oscilación  $f_{\text{SENSOR}}$  del sensor de corriente, lo que tiene la consecuencia de que unas porciones de corriente 50 en forma de impulsos, que se presentan dentro del intervalo de tiempo 53, no son reconocidas en absoluto por el sensor, aún cuando estos impulsos de corriente 50 se presenten periódicamente. Unos impulsos de corriente 51, que se presentan durante la remagnetización del núcleo 10, pueden ser detectados sin mayores dificultades por el sensor cuando la exploración de la corriente secundaria  $i_S$  se efectúa con una frecuencia de exploración que es lo bastante grande como para resolver el impulso de corriente 51.

Se puede apreciar por la ecuación (2) que la velocidad del proceso de remagnetización es tanto mayor cuanto más alta sea la amplitud  $U_S$  de la tensión generada por la fuente de tensión Q, puesto que se sigue de la ecuación (2) que:

$$dM/dt = -u_i/(N \cdot A \cdot \mu_0) = -(U_S - R_{SH} \cdot i_S)/(N \cdot A \cdot \mu_0) \quad (4)$$

En consecuencia, la frecuencia de oscilación de la corriente secundaria es tanto mayor cuanto más alta sea la amplitud  $U_S$  de la tensión generada por la fuente de tensión Q. La frecuencia de oscilación  $f_{\text{SENSOR}}$  del sensor se deduce de la ecuación (4):

$$f_{\text{SENSOR}} = 1/(\Delta t_+ + \Delta t_-) \quad (5a)$$

en donde

$$\Delta t_+ = (\mu_0 \cdot \Delta M \cdot N \cdot A)/(U_S - i_P \cdot R_{SH}/N) \quad (5b)$$

$$\Delta t_- = (\mu_0 \cdot \Delta M \cdot N \cdot A)/(U_S + i_P \cdot R_{SH}/N) \quad (5c)$$

El parámetro  $\Delta M$  es aquí la excursión de magnetización durante un proceso de remagnetización. Se puede apreciar por las ecuaciones (5a) a (5c) que la frecuencia de oscilación  $f_{\text{SENSOR}}$  del sensor depende, por un lado, de la propia corriente primaria y también depende de la amplitud  $U_S$  de la tensión generada por la fuente de tensión Q y de la excursión de magnetización  $\Delta M$ .

Cuando en un caso de aplicación concreto la frecuencia de señal de la corriente primaria  $i_P$  es semejante o igual que la frecuencia de oscilación  $f_{\text{SENSOR}}$  del sensor o un múltiplo de ésta, se tiene entonces que, para evitar el efecto espurio no deseado descrito en relación con la figura 4a, se puede adaptar de manera correspondiente la frecuencia de oscilación  $f_{\text{SENSOR}}$  mediante una variación de la amplitud de tensión  $U_S$  o de la excursión de magnetización  $\Delta M$  a fin de evitar efectos no deseados. Se desplazan así también los intervalos de tiempo 53 en los que no es posible una medición razonable de la corriente (véase la figura 4b), con lo que unos impulsos 50 que se presenten periódicamente no son duraderamente "pasados por alto" por el sensor.

En una disposición sensora de corriente libremente oscilante, cuya evolución de la corriente secundaria se muestra en la figura 2, la excursión de magnetización  $\Delta M$  viene prefijada por la magnetización de saturación  $M_{\text{SAT}}$  ( $\Delta M = 2 \cdot M_{\text{SAT}}$ ), de modo que puede efectuarse una variación de la frecuencia de oscilación  $f_{\text{SENSOR}}$  de una manera sencilla a través de una variación de la amplitud de tensión  $U_S$  de la fuente de corriente Q. La amplitud de la tensión es activada por la unidad de medida y control 20, por ejemplo a través de una señal de control, de modo que varíe continuamente durante el funcionamiento la frecuencia de oscilación  $f_{\text{SENSOR}}$  de la disposición sensora de corriente. Se puede conseguir así que una perturbación 50 con una frecuencia determinada en la señal explorada del sensor (señal de medida) no aparezca ya como un batido. En lugar de esto, en la señal de medida no se pueden ver más que impulsos perturbadores irregulares, pero estos - en contraste con el batido - no perjudican seriamente a la medición.

La variación o adaptación de la frecuencia del sensor  $f_{\text{SENSOR}}$  es controlada por la unidad de medida y control 20 (véanse las figuras 1 y 6). La unidad de medida y control 20 puede estar concebida, por ejemplo, para variar

estocásticamente la frecuencia del sensor  $f_{\text{SENSOR}}$ . Como alternativa, la frecuencia del sensor  $f_{\text{SENSOR}}$  puede ser variada también según un patrón de frecuencia prefijado determinado. Esto puede conseguirse, por ejemplo, haciendo que el dispositivo de control module en amplitud la amplitud de la fuente de tensión Q (véase la figura 1), con lo que se modula en frecuencia la frecuencia del sensor  $f_{\text{SENSOR}}$ . En general, mediante una variación de la amplitud de la tensión de la fuente de tensión Q se puede variar la frecuencia del sensor dentro de un determinado intervalo (véanse las ecuaciones 5a-c). Si la frecuencia  $f_S$  de una perturbación 50 (véase la figura 4a) es conocida, puede ser razonable configurar la unidad de medida y control 20 de modo que la frecuencia del sensor  $f_{\text{SENSOR}}$  o un múltiplo entero de ésta se diferencie tan fuertemente de la frecuencia  $f_S$  de la perturbación 50 que el batido resultante se presente en un dominio de frecuencia que no sea relevante para la medición, por ejemplo en un dominio de frecuencia por encima del dominio de frecuencia de interés para la medición.

Como ya se ha insinuado más arriba, la frecuencia de oscilación  $f_{\text{SENSOR}}$  del sensor puede adaptarse también mediante una variación de la excursión de magnetización  $\Delta M$ . En este caso, la disposición sensora de medida ya no podrá oscilar libremente y al menos el proceso de remagnetización en una dirección tiene que efectuarse bajo control de tiempo. Se sigue de esto que ya no se recorre toda la histéresis de la curva característica de magnetización (véanse las figuras 2a y 3a), sino solamente una parte de la histéresis, por ejemplo de 20 a 30 por ciento. Este caso (método de histéresis parcial) está representado en las figuras 5a y 5b.

En el método de histéresis parcial está prefijada al menos la parte  $\Delta t_+$  o, alternativamente,  $\Delta t_-$  de la duración del período  $f_{\text{SENSOR}}^{-1}$  de la frecuencia de oscilación del sensor, es decir que la fuente de tensión Q es cambiada de polaridad después de un tiempo determinado  $\Delta t_+$  antes de que el núcleo 10 alcance su magnetización de saturación  $M_{\text{SAT}}$ . Seguidamente, se remagnetiza de nuevo el núcleo magnético blando 10 hasta la magnetización de saturación  $-M_{\text{SAT}}$  y comienza el ciclo desde delante. En principio, se podría efectuar también la remagnetización en ambas direcciones bajo control de tiempo, pero puede ocurrir entonces que la parte realmente recorrida de la curva de histéresis tenga "deriva" debido a imprecisiones inevitables dentro de toda la curva de histéresis. Para iniciar siempre la remagnetización a partir de un punto de referencia determinado de la curva de histéresis se puede efectuar al menos cada segundo proceso de remagnetización (como en el ejemplo de la figura 3) bajo el control de un comparador una vez que se haya magnetizado el núcleo hasta la saturación.

Por lo demás, un sensor que trabaje según el método de histéresis parcial funciona igual que ya se ha descrito con ayuda de las figuras 2 y 3. La única diferencia consiste en que sólo la remagnetización en una dirección se efectúa en forma controlada por un comparador, como en el método de la figura 2, mientras que la remagnetización en la otra dirección se efectúa bajo control de tiempo mediante la especificación del espacio de tiempo  $\Delta t_+$  o  $\Delta t_-$ , con lo que se ajusta la excursión de magnetización  $\Delta M$  de conformidad con la ecuación (5b).

Análogamente al caso anteriormente descrito, en el que se efectúa una adaptación de la amplitud de tensión  $U_S$ , en el método de histéresis parcial la excursión de magnetización  $\Delta M$  durante el espacio de tiempo  $\Delta t_+$  (o  $\Delta t_-$ ) puede ser adaptada por la unidad de medida y control 20, por ejemplo a través de una señal de control CTR, de modo que se varíe continuamente durante el funcionamiento la frecuencia de oscilación  $f_{\text{SENSOR}}$  de la disposición sensora de corriente. También en este caso la variación de la frecuencia del sensor  $f_{\text{SENSOR}}$  durante la variación de la excursión de magnetización  $\Delta M$  o del instante del cambio de polaridad de la fuente de tensión Q se puede efectuar aleatoriamente o según un patrón de frecuencia determinado.

Análogamente a la modulación en amplitud anteriormente descrita de la tensión  $U_S$  de la fuente de tensión Q se puede modular la excursión de magnetización  $\Delta M$  en el método de histéresis parcial mediante una modulación del espacio de tiempo  $\Delta t_+$  o  $\Delta t_-$ . Para conseguir una modulación en frecuencia de la frecuencia del sensor  $f_{\text{SENSOR}}$ , se puede modular el instante del cambio de polaridad de la fuente de tensión Q en torno a un valor medio. Si la frecuencia  $f_S$  de una perturbación 50 (véase la figura 4a) es conocida, se puede ajustar la frecuencia del sensor  $f_{\text{SENSOR}}$  de modo que ésta o un múltiplo entero de ella se diferencie tan fuertemente de la frecuencia  $f_S$  de la perturbación que el batido resultante se presente en un dominio de frecuencia que no sea relevante para la medición.

La figura 6 muestra un ejemplo de una implementación práctica de la disposición sensora de la figura 1. La fuente de tensión Q está formada por dos etapas finales en contrafase A1 y A2 con resistencia de salida de bajo ohmioje, las cuales son alimentadas a través de un regulador de tensión REG. En las salidas de las etapas finales A1 y A2 está unido un respectivo terminal del devanado secundario 2. La resistencia en derivación  $R_{\text{SH}}$  está conectada en la vía amperimétrica de alimentación de las etapas finales; en el presente caso, un terminal de la resistencia en derivación  $R_{\text{SH}}$  está unido con el potencial de masa para obtener una señal de corriente  $U_{\text{SH}}$  referida a masa. La señal de corriente  $U_{\text{SH}}$ , es decir, la tensión decreciente a través de la resistencia en derivación  $R_{\text{SH}}$ , es alimentada a la unidad de medida y control 20. Las entradas de las etapas finales en contrafase están unidas con sendos puertos E/S (entrada/salida) de la unidad de medida y control 20 y son activadas siempre en sentidos contrarios. En la vía amperimétrica de alimentación de las etapas finales puede estar conectado opcionalmente un pasabajos LP para limitar la tasa de variación máxima de la corriente secundaria  $i_S$ . La unidad de medida y control 20 comprende también un amplificador OP para amplificar la señal de medida de corriente  $U_{\text{SH}}$ . Esta señal, por ejemplo procesada o sin procesar, es alimentada a un convertidor analógico-digital (ADC) para obtener un valor de medida digital. Para

## ES 2 378 638 T3

determinar el instante de una remagnetización del núcleo magnético blando 10, la unidad de medida y control 20 puede presentar también un comparador K que compare la señal de media de corriente  $U_{SH}$  con una señal de referencia  $U_{REF}$  que represente el valor máximo  $i_{S_{MAX}}$  de la corriente secundaria.

**REIVINDICACIONES**

1. Disposición sensora de corriente para medir una corriente primaria ( $I_1$ ) en un conductor primario, que presenta:  
un núcleo ferromagnético para acoplar magnéticamente el conductor primario a un conductor secundario;  
una fuente de tensión controlada (G) que está unida con el conductor secundario;
- 5 un dispositivo de activación unido con el conductor secundario para remagnetizar regularmente el núcleo ferromagnético, en donde  
el dispositivo de activación presenta una fuente de tensión controlada (G) que está unida con el conductor secundario y concebida para proporcionar una tensión periódica bipolar ( $\pm U$ ) de una amplitud determinada, de modo que una corriente secundaria periódica resultante ( $I_2$ ) provoque la remagnetización periódica del núcleo ferromagnético en correspondencia con una frecuencia del sensor, y
- 10 un dispositivo de control para controlar la fuente de tensión,  
**caracterizada** porque el dispositivo de control está concebido para variar la frecuencia del sensor durante el funcionamiento de la disposición sensora de corriente.
- 15 2. Disposición sensora de corriente según la reivindicación 1, en la que el dispositivo de control está concebido para variar estocásticamente la frecuencia del sensor.
3. Disposición sensora de corriente según la reivindicación 1, en la que el dispositivo de control está concebido para variar la frecuencia del sensor según un patrón de frecuencia determinado.
4. Disposición sensora de corriente según la reivindicación 1, en la que la corriente primaria presenta porciones de señal de una frecuencia de señal determinada y en la que el dispositivo de control está concebido para variar la frecuencia del sensor en función de la frecuencia de la señal de modo que la frecuencia del sensor o un múltiplo entero de ésta se diferencie de la frecuencia de la señal.
- 20 5. Disposición sensora de corriente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el dispositivo de control está concebido para variar la amplitud de la tensión de la fuente de tensión, con lo que se varía la frecuencia del sensor.
- 25 6. Disposición sensora de corriente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el dispositivo de control está concebido para variar el instante del cambio de polaridad de la fuente de tensión, con lo que se varía la frecuencia del sensor.
7. Procedimiento para medir una corriente primaria en un conductor primario que está acoplado con un conductor secundario a través de un núcleo ferromagnético, con los pasos siguientes:
- 30 aplicación de una tensión de una amplitud determinada al conductor secundario, de modo que circule una corriente secundaria para remagnetizar el núcleo ferromagnético;  
medición de la corriente secundaria durante la remagnetización del núcleo para obtener un primer valor de medida;  
cambio de polaridad de la tensión de modo que circule una corriente secundaria para realizar una remagnetización renovada del núcleo ferromagnético;
- 35 medición de la corriente secundaria durante la remagnetización el núcleo para obtener un segundo valor de medida;  
cálculo de la corriente primaria en función de los valores de medida primero y segundo,  
**caracterizado** porque el cambio de polaridad de la tensión se efectúa regularmente con una frecuencia de sensor determinada y se varía continuamente la frecuencia del sensor.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que se varía estocásticamente la frecuencia del sensor.
- 40 9. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que se varía la frecuencia del sensor según un patrón de frecuencia determinado.
10. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que la corriente primaria presenta porciones de señal de una frecuencia de señal determinada y en el que la frecuencia del sensor se varía en función de la frecuencia de la señal de modo que la frecuencia del sensor o un múltiplo entero de ésta se diferencia de la frecuencia de la señal.
- 45 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que se varía la amplitud de la tensión, con



lo que se varía la frecuencia del sensor.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que se modula en amplitud la amplitud de la tensión, con lo que la frecuencia del sensor queda modulada en frecuencia.

5 13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, en el que se varía el instante del cambio de polaridad de la tensión, con lo que se varía la frecuencia del sensor.

14. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que se modula periódicamente el instante del cambio de polaridad de la tensión en torno a un valor medio.

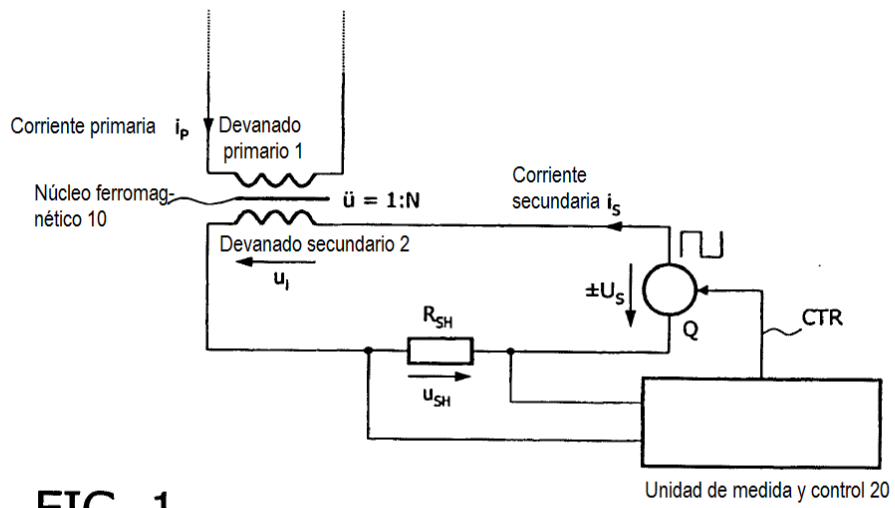


FIG. 1

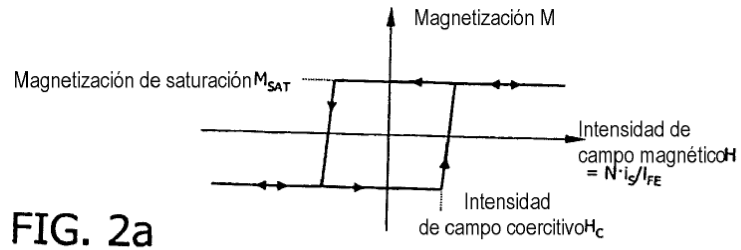


FIG. 2a

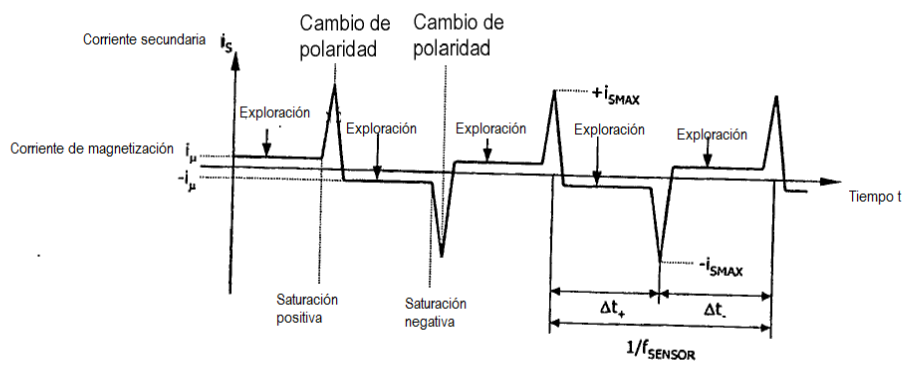
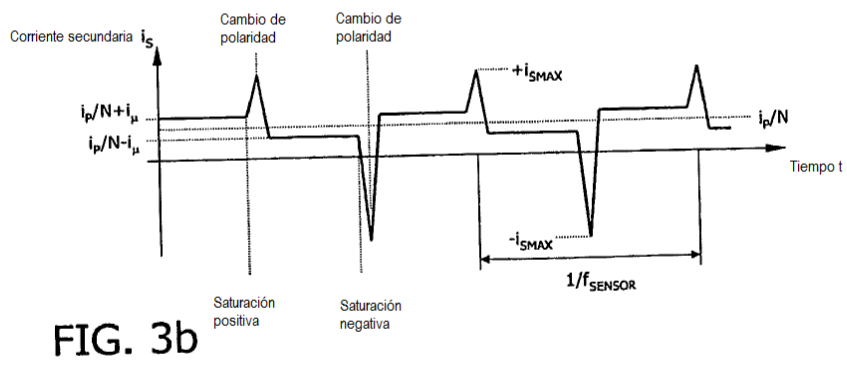
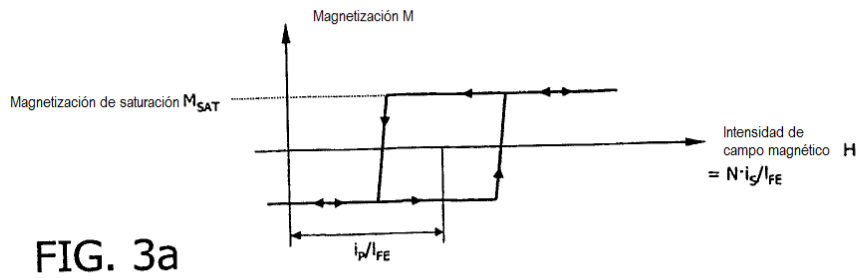


FIG. 2b



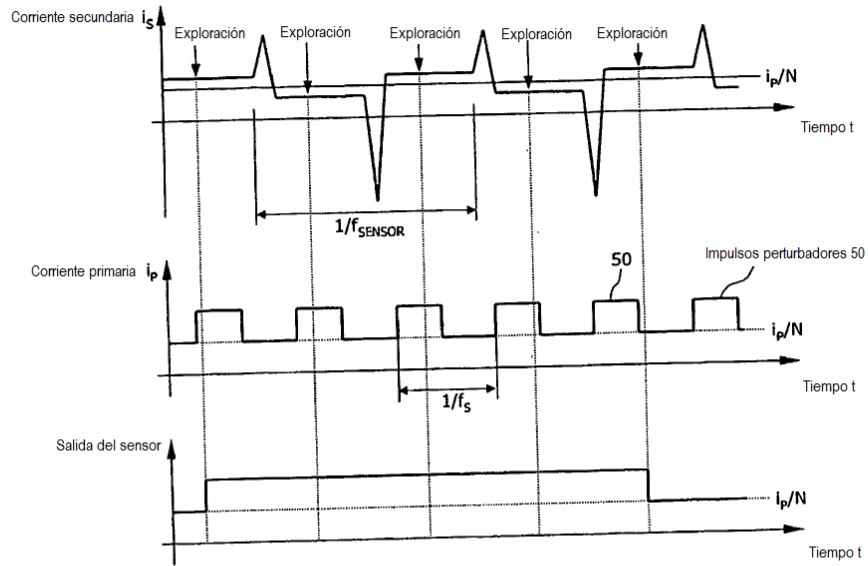


FIG. 4a

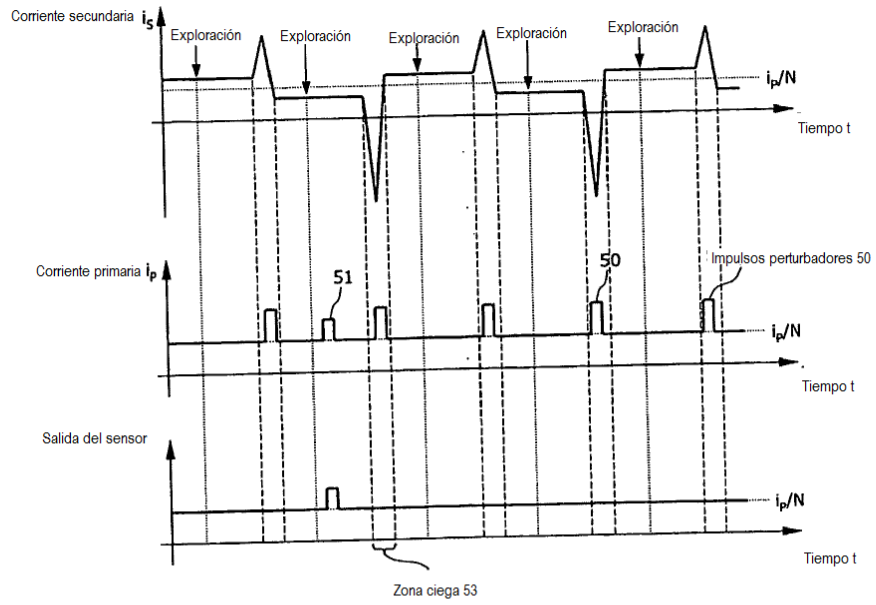


FIG. 4b

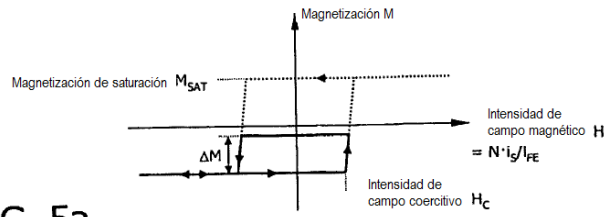


FIG. 5a

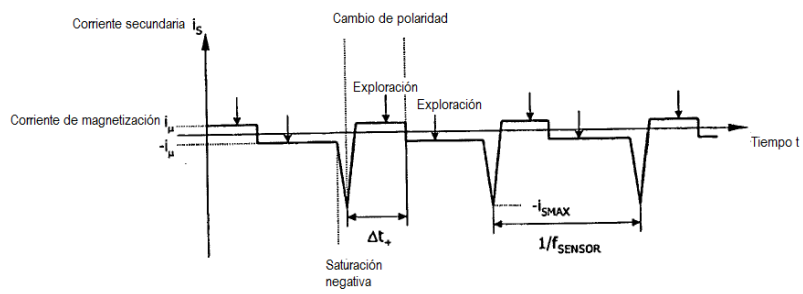


FIG. 5b

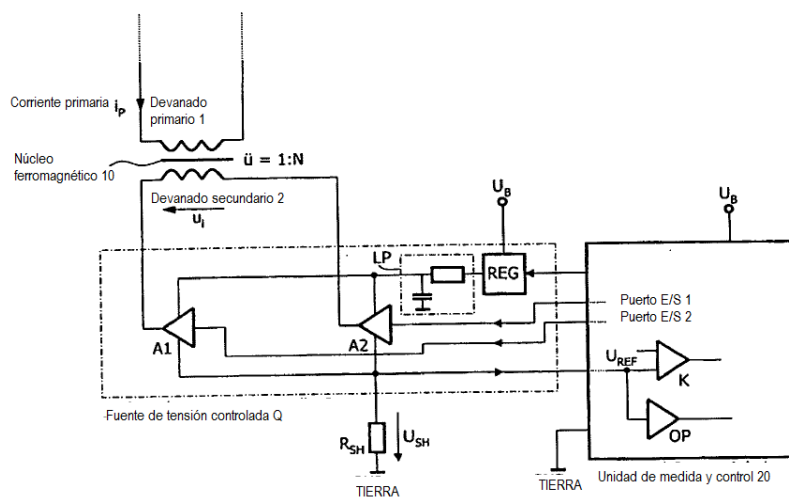


FIG. 6