

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 866 478**

51 Int. Cl.:

G01D 3/02 (2006.01)

G01R 15/08 (2006.01)

G01R 15/18 (2006.01)

G01R 15/20 (2006.01)

G01R 33/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.04.2018** **PCT/EP2018/058588**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.10.2018** **WO18185151**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2018** **E 18716986 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.01.2021** **EP 3589961**

54 Título: **Procedimiento para la medición de corriente y dispositivo de medición de corriente**

30 Prioridad:

07.04.2017 EP 17165542

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

19.10.2021

73 Titular/es:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE

72 Inventor/es:

CHAHID, ABDERRAHIM;
HOFFMANN, INGOLF;
ITZKE, ALEXANDER y
WEISS, ROLAND

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 866 478 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

Procedimiento para la medición de corriente y dispositivo de medición de corriente

La presente invención hace referencia a un procedimiento para la medición de corriente mediante un dispositivo de medición de corriente.

5 Los dispositivos para la medición de corriente, denominados también como sensores de corriente, se utilizan para medir o determinar corrientes en determinados puntos dentro de instalaciones eléctricas. De este modo se consideran una disposición de sensor para un dispositivo de medición de corriente y un procedimiento de evaluación correspondiente que posibilitan una medición, eficiente en cuanto a la energía, de corriente entre 400A y 10kA, sin
10 concentrador de flujo (circuito de flujo). Esa disposición de sensor puede prescindir de un circuito de hierro y posibilita una sensibilidad con respecto a la corriente mejorada en comparación con el estado del arte, frente a conductores de interferencia, tal como son habituales en un sistema de corriente trifásica de tres fases. Los sensores de corriente de esa clase pueden emplearse en convertidores para tensión media y baja, o en la monitorización de baterías. Ante todo los convertidores para accionamientos de buques o de trenes, o las instalaciones de energía eólica, se mueven en ese rango de corriente y con frecuencia se estructuran de forma tan compacta que son habituales campos externos elevados, pero también campos propios superpuestos (retorno de
15 carril conductor) en el lugar de la medición de corriente. Debido al funcionamiento "de lazo abierto", el rango de medición de la disposición de sensor es limitado por el rango de medición del sensor individual. Además, los sensores del campo magnético, que poseen el rango de medición necesario para los campos máximos (aproximadamente 50mT), presentan un error de desplazamiento relativamente grande, de marcadamente más del
20 1% del valor máximo. En ese rango del campo trabajan casi exclusivamente los sensores de efecto Hall, que son conocidos por sus errores de desplazamiento. Puesto que el error de desplazamiento de los sensores individuales varía con la temperatura y a lo largo del tiempo, es difícil una estabilización del desplazamiento analógica o digital adicional.

Hasta el momento la corriente se mide por ejemplo con resistencias shunt, transformadores toroidales, bobinas de Rogowski o sondas de campo individuales (sonda de efecto Hall o sensor GMR). En las estructuras de medición
25 conocidas hasta el momento se acepta el error de desplazamiento comparativamente grande y la precisión reducida, asociada a ello, en el caso de corrientes reducidas. Debe mencionarse que solo con dificultad es posible una compensación directa sencilla del error de desplazamiento observado, debido a su comportamiento temporal determinista y al comportamiento de temperatura no lineal en alto grado. El rango de medición de la disposición de sensor resulta del rango de medición de los sensores individuales disponibles. Puesto que la tecnología Hall
30 disponible posibilita sensores con un rango de medición de aproximadamente 25mT y más, y una muy buena precisión, y la tecnología MR disponible de forma alternativa a ello posibilita sólo sensores con un rango de medición de hasta 1mT, desde hace tiempo existe un gran vacío en el rango de medición para sensores de campo magnético "de escala de chip". Además, los sensores MR, en el caso de campos de más de aproximadamente 20mT, se descalibran en un grado que empeora marcadamente la precisión. Dispositivos de medición de corriente con
35 sensores del campo magnético se conocen por las solicitudes US2010/001716, US2005/156587 y US2014/218018.

El objeto de la presente invención consiste en proporcionar un dispositivo de medición de corriente que posibilite una precisión más elevada en la medición de corriente. Dicho objeto se soluciona mediante un procedimiento para la
40 medición de corriente mediante un dispositivo de medición de corriente, donde el dispositivo de medición de corriente presenta al menos dos sensores de un primer tipo y al menos dos sensores de un segundo tipo, donde los sensores del primer tipo son sensores de campo fluxgate y los sensores del segundo tipo son sensores de efecto Hall, donde los sensores del primer tipo presentan una sensibilidad más elevada que los sensores del segundo tipo, donde los primeros sensores están dispuestos con simetría radial sobre una primera trayectoria circunferencial, en particular una elipsis, o una primera trayectoria circular, y los segundos sensores están dispuestos con simetría
45 radial sobre una segunda trayectoria circunferencial, en particular una elipsis o una segunda trayectoria circular, donde respectivamente un sensor del primer tipo está dispuesto de forma contigua con respecto a un sensor del segundo tipo, donde para determinar la intensidad de la corriente se evalúa al menos uno de los sensores del primer tipo, en caso de que los valores de medición de al menos dos sensores del segundo tipo se encuentren dentro del rango de medición, y de lo contrario se evalúa al menos un sensor del segundo tipo.

50 Otras configuraciones ventajosas de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes.

La invención toma como base el conocimiento de que la precisión de medición de una disposición anular de sensores individuales se mejora debido a que respectivamente en el punto de medición o los puntos de medición se disponen sensores de diferente tipo, de manera que los mismos, por una parte, se encuentran en una proximidad lo más directa posible unos con respecto a otros y, por otra parte, todos los sensores de un tipo forman una disposición
55 de medición independiente, en lo posible una disposición de medición con simetría radial. De este modo, los dos sensores de diferente tipo están dispuestos de forma contigua uno con respecto a otro, en un punto de medición. Esto significa que su distancia de uno con respecto a otro es menor que una extensión de uno de los sensores.

Junto con una mejora de la precisión de medición, mediante esta disposición puede ampliarse además el rango de medición. De este modo, los sensores de diferente tipo pueden estar dispuestos de forma contigua, de modo tangencial o radial.

Por sensibilidad, denominada también como resolución, se entiende la propiedad de poder detectar una variación de un valor de medición. Cuanto más elevada es la sensibilidad, pueden detectarse variaciones tanto más reducidas de la variable de medición.

La ampliación del rango de medición, así como el aumento de la precisión de medición, mediante el dispositivo de medición de corriente, pueden alcanzarse mediante un procedimiento para la medición de corriente. De este modo, esas ventajas pueden alcanzarse mediante un método de conmutación ventajoso entre los sensores de diferente tipo. Mediante estudios en base a datos de medición reales, considerando interferencias debido a otros conductores que conducen corriente, pudo demostrarse que una conmutación de sensores en cuanto a los tipos es superior a todos los otros métodos, en un grado significativo. La conmutación de sensores en cuanto al tipo tiene lugar de manera que todos los sensores del primer tipo con una sensibilidad elevada se utilizan entonces siempre para calcular el valor de corriente, cuando varios sensores, es decir, al menos dos sensores, del primer tipo, respectivamente proporcionan valores válidos individuales dentro de su rango de medición. En este caso, son valores de medición válidos individuales aquellos que se encuentran dentro del rango de medición admisible del sensor. En caso contrario se utilizan siempre los sensores del segundo tipo para calcular el valor de corriente. Es decir, que cuando al menos dos sensores del primer tipo se encuentran al mismo tiempo dentro de su rango de medición del campo magnético, se utilizan las señales de los sensores del primer tipo para el cálculo de corriente, de lo contrario se utilizan las señales de los sensores del segundo tipo para el cálculo de corriente.

Los sensores del primer tipo y del segundo tipo forman de ese modo respectivamente dos disposiciones anulares concéntricas de sensores con orientación paralela de la dirección sensible en cuanto al campo. Sin embargo, en caso de una saturación de un sensor individual no tiene lugar una conmutación en cuanto al sensor. Para lograr buenos resultados de medición se efectúa una conmutación en cuanto al tipo. Las ventajas de este procedimiento se encuentran en una ampliación del rango de medición, en un aumento general de la precisión y en una posible reducción del error de desplazamiento.

Los sensores del primer tipo son sensores de campo fluxgate y los sensores del segundo tipo son sensores de efecto Hall. Esos sensores están disponibles en el mercado de forma accesible. Además, su tamaño de construcción es correspondientemente reducido, de manera que el mismo puede integrarse de modo sencillo en un dispositivo de medición.

Como se describe por ejemplo en la enciclopedia Wikipedia de libre acceso, el experto conoce que el rango de medición es aquel rango en una variable de medición, en el cual las desviaciones de medición permanecen dentro de límites establecidos. Los límites de error establecidos sólo son válidos en el rango de medición definido. Por fuera del rango de medición no se garantiza nada en cuanto a la precisión. También en los sensores de campo fluxgate y en los sensores de efecto Hall el rango de medición está indicado en la hoja de datos.

En la conformación de la invención, los sensores del primer tipo presentan una sensibilidad más elevada en el factor 5 a 20, que los sensores del segundo tipo. Se ha demostrado que con ello puede alcanzarse un error de desplazamiento especialmente reducido. Si la sensibilidad de los sensores del primer tipo en el factor de 5 a 20, comparado con los sensores del segundo tipo, es mayor, en la práctica, referido al rango de medición, puede alcanzarse un error de desplazamiento muy reducido. De este modo, los rangos de medición de los sensores individuales de distintos tipos pueden graduarse de modo conveniente, para mantener reducido el error de medición.

En otra variante ventajosa de la invención, para determinar la intensidad de la corriente se evalúa al menos uno de los sensores del primer tipo, en caso de que los valores de medición de al menos dos sensores del segundo tipo se encuentren dentro del rango de medición, y de lo contrario se evalúa al menos un sensor del segundo tipo.

Esto significa que tan pronto como uno de los sensores del primer tipo abandone su rango de medición, la corriente se calcula mediante al menos un sensor del segundo tipo, en particular mediante una suma ponderada de los sensores del segundo tipo. Sólo cuando los valores de medición de todos los sensores del primer tipo provengan del rango válido, el valor de corriente se calcula mediante al menos uno de los sensores del primer tipo, en particular mediante una suma ponderada de los sensores del primer tipo. De este modo, todos los sensores contribuyen a una determinación mejorada de la corriente, y un valor de medición puede determinarse con una precisión especialmente elevada.

En otra variante ventajosa de la invención, durante la determinación de la intensidad de la corriente mediante los sensores del primer tipo (Typ I) se determina un valor de corrección para el desplazamiento de los sensores del segundo tipo (Typ II) en función de los valores de medición de los sensores del segundo tipo, en particular adicionalmente en función de la intensidad de la corriente determinada mediante los sensores del primer tipo. Si se

calcula precisamente el valor de corriente válido de los sensores del primer tipo, paralelamente con respecto a ello, en una clase de cálculo secundario, se calcula también la corriente de los sensores del segundo tipo. El cálculo, de este modo, puede tener lugar en ambos, y en uno de los casos, mediante una suma ponderada de los valores de medición de los sensores individuales. En base a ello se determina el valor de corrección real para el desplazamiento de la disposición de sensor del segundo tipo. De este modo, la corriente medida mediante los sensores del segundo tipo se determina en

$$I_{Typ II} = \sum a_j^{Typ II} \cdot S_j^{Typ II} - I_{off,II} - \overline{K_{off,II}}.$$

De ello resulta un valor individual para el factor de corrección en

$$K_{off,II} = \sum a_j^{Typ II} \cdot S_j^{Typ II} - I_{off,II} - (\sum a_j^{Typ I} \cdot S_j^{Typ I} - I_{off,I}).$$

10 De manera ventajosa se determina el valor de corrección para el desplazamiento de la disposición de sensor del segundo tipo $K_{off,II}$ en un rango lo más grande posible de valores válidos de la disposición de sensor del primer tipo. Para la corrección del valor de corriente, en el caso de un cálculo válido mediante la suma ponderada de los sensores del segundo tipo, se utiliza entonces el valor medio de los últimos valores de corrección para el desplazamiento de la disposición de sensor del segundo tipo $K_{off,II}$.

15 A continuación, la invención se explica y describe en detalle mediante los ejemplos de ejecución representados en las figuras. Muestran:

Figura 1 un primer ejemplo de ejecución de un dispositivo de medición de corriente,

Figura 2 un segundo ejemplo de ejecución de un dispositivo de medición de corriente, y

Figura 3 una posible realización de un procedimiento para la corrección de desplazamiento.

20 La figura 1 muestra un primer ejemplo de ejecución de un dispositivo de medición de corriente 1, alrededor de un conductor eléctrico 2. El dispositivo de medición de corriente 1 presenta en este caso una pluralidad de sensores 11 de un primer tipo, y respectivamente de forma contigua a ello una pluralidad de sensores 12 de un segundo tipo. De forma contigua, en este ejemplo de ejecución, significa que la distancia entre dos sensores es más reducida que la extensión más reducida de los sensores. Los tipos se diferencian por ejemplo en sus principios de medición. Los sensores de diferente tipo están dispuestos sobre una trayectoria circular K en común. De este modo, la disposición
25 tiene lugar de manera que la dirección del campo 20, que puede medirse mediante el respectivo sensor, está orientada tangencialmente con respecto a la trayectoria circular. Para poder evaluar las señales de medición de los sensores individuales, el dispositivo de medición de corriente 1 presenta un sistema electrónico de evaluación 13. Para disponer el dispositivo de medición 1 de manera sencilla alrededor del conductor eléctrico, ha resultado ventajoso proporcionar una abertura 21 en forma de un ángulo en la estructura circular del dispositivo de medición de corriente 1. Cuanto más flexible sea el dispositivo de medición de corriente 1, tanto más reducida puede estar diseñada la abertura 21 en forma de un ángulo.

La figura 2 muestra otro ejemplo de ejecución del dispositivo de medición de corriente 1. Para evitar repeticiones se remite a la descripción con respecto a la figura 1 y a los símbolos de referencia que figuran en la misma. En este
35 ejemplo de ejecución, los sensores de los diferentes tipos están dispuestos de forma contigua, respectivamente sobre diferentes trayectorias circulares K_1 , K_2 concéntricas. De forma contigua, en este ejemplo de ejecución, significa que la distancia entre dos sensores es más reducida que la extensión más reducida de los sensores. Con esta disposición también puede alcanzarse un resultado de medición comparativamente bueno, como en la estructura del ejemplo de ejecución antes explicado.

40 La figura 3 muestra un diagrama de operaciones para un procedimiento de medición ventajoso para una corrección de desplazamiento. En una primera etapa 101 tiene lugar la medición de corriente mediante los sensores del primero y del segundo tipo. En una decisión 102 se verifica si todos los valores de medición de los sensores del primer tipo se encuentran en el rango de medición permitido. Si no es ése el caso, en la ruta N (para no), se retorna a la etapa 101, y se registran nuevos valores de medición. En el otro caso Y (para yes, sí), en el que los valores de medición de los sensores del primer tipo se encuentran en el rango permitido, el desplazamiento K_{offB} se determina a partir de
45 los valores de los sensores 12 del segundo tipo, en la etapa 103. Sólo después de alcanzarse una cantidad mínima de valores para K_{offB} se establece un valor de desplazamiento para los sensores del segundo tipo, en la etapa 105.

De lo contrario, la decisión 104 se encarga de que nuevamente se continúe con la determinación de los nuevos valores de medición en la etapa 101.

- 5 A modo de resumen, la invención hace referencia a un dispositivo de medición de corriente. Para mejorar la precisión de medición se propone que el dispositivo de medición de corriente presente al menos dos sensores de un primer tipo y al menos dos sensores de un segundo tipo, donde los sensores del primer tipo presentan una sensibilidad más elevada que los sensores del segundo tipo, donde los primeros sensores, con simetría radial, están dispuestos sobre una primera trayectoria circular, y los segundos sensores, con simetría radial, están dispuestos sobre una segunda trayectoria circular, donde respectivamente un sensor del primer tipo está dispuesto de forma continua con respecto a un sensor del segundo tipo. Además, la invención hace referencia a un procedimiento para
- 10 la medición de corriente mediante un dispositivo de medición de corriente de esa clase, donde para determinar la intensidad de la corriente se evalúa al menos uno de los sensores del primer tipo, en caso de que los valores de medición de al menos dos sensores del segundo tipo se encuentren dentro del rango de medición, y de lo contrario se evalúa al menos un sensor del segundo tipo.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la medición de corriente mediante un dispositivo de medición de corriente, donde el dispositivo de medición de corriente (1) presenta

- al menos dos sensores (11) de un primer tipo

5 - al menos dos sensores (12) de un segundo tipo, donde los sensores (11) del primer tipo presentan una sensibilidad más elevada que los sensores (12) del segundo tipo, donde los sensores (11) del primer tipo están dispuestos con simetría radial sobre una primera trayectoria circular (K₁), y los sensores (12) del segundo tipo están dispuestos con simetría radial sobre una segunda trayectoria circular (K₂), donde respectivamente un sensor (11) del primer tipo está dispuesto de forma contigua con respecto a un sensor (12) del segundo tipo,

10 caracterizado porque los sensores (11) del primer tipo son sensores de campo fluxgate y los sensores (12) del segundo tipo son sensores de efecto Hall, donde los sensores (11) del primer tipo presentan una sensibilidad más elevada en el factor 5 a 20, que los sensores (12) del segundo tipo, donde para determinar la intensidad de la corriente se evalúa al menos uno de los sensores (11) del primer tipo, en caso de que los valores de medición de al menos dos sensores (11) del segundo tipo se encuentren dentro del rango de medición, y de lo contrario se evalúa al menos un sensor (12) del segundo tipo.

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde para determinar la intensidad de la corriente se evalúa al menos uno de los sensores (11) del primer tipo, en caso de que los valores de medición de todos los sensores (11) del primer tipo se encuentren dentro del rango de medición, y de lo contrario se evalúan los sensores (12) del segundo tipo.

20 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, donde durante la determinación de la intensidad de la corriente mediante los sensores (11) del primer tipo se determina un valor de corrección para el desplazamiento de los sensores del segundo tipo en función de los valores de medición de los sensores (12) del segundo tipo, en función de la intensidad de la corriente determinada mediante los sensores (11) del primer tipo.

FIG 1

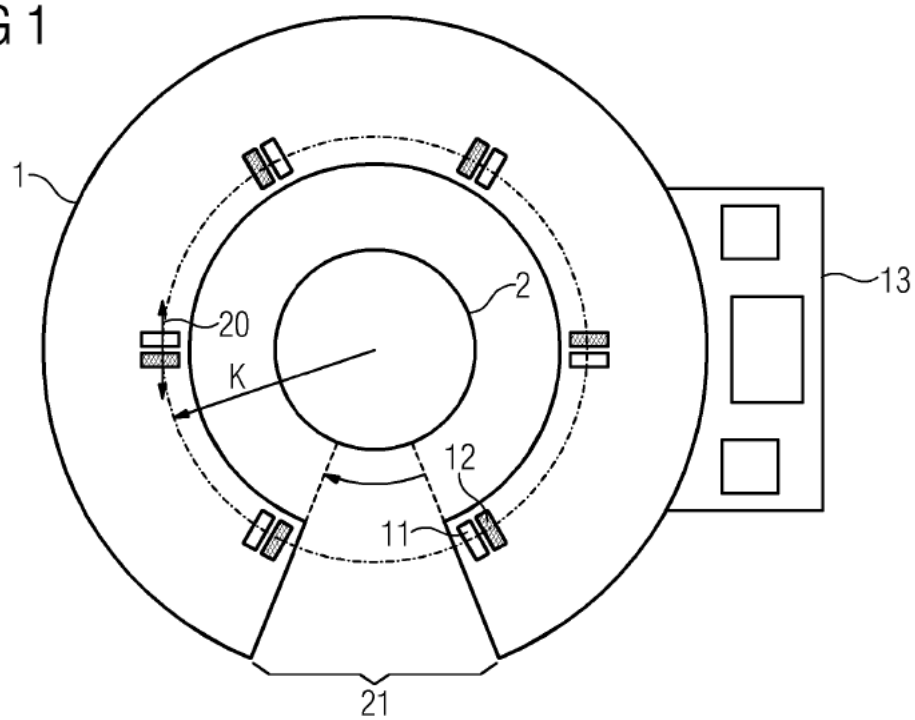


FIG 2

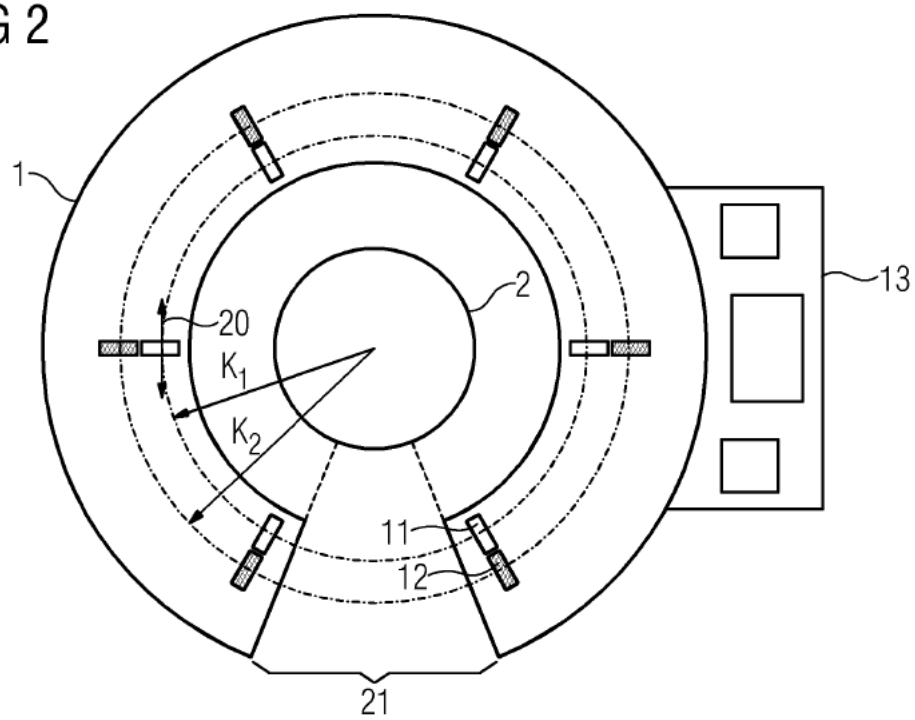


FIG 3

