

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 597**

51 Int. Cl.:

**G01R 19/00** (2006.01)

**G01R 35/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2014 E 14166947 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2824464**

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

30 Prioridad:

**10.07.2013 DE 102013213508**

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

**03.10.2018**

73 Titular/es:

**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH (100.0%)  
Dr. Johannes-Heidenhain-Strasse 5  
83301 Traunreut, DE**

72 Inventor/es:

**BRENDEL, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 684 597 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).

**DESCRIPCION**

Procedimiento y dispositivo para la medición de la corriente en un convertidor

5 La invención se refiere a un procedimiento para la medición de la corriente en un convertidor de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 así como a un dispositivo previsto para ello de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 12. En este caso, en las salidas del convertidor de dispositivos de medición de la corriente se mide la corriente de fases respectiva, para poder alimentarla a un dispositivo de control o de regulación asociado al convertidor.

10 A través de un convertidor, en cuyas salidas deben medirse en este caso las corrientes de fases, se puede accionar, por ejemplo, un motor eléctrico, que es controlado de tal forma que con una máquina herramienta asociada al motor eléctrico u otras instalaciones industriales se consigue una posición determinada prevista del valor teórico. A tal fin , el motor eléctrico (en cada una de sus fases) debe ser alimentado con corriente de tal forma que la corriente de alimentación corresponde con la corriente de referencia que es necesaria para la consecución de la posición del valor de referencia. Esto requiere de nuevo una medición muy exacta de las corrientes de fases individuales en las salidas del convertidor, a través del cual se acciona el motor eléctrico para poder ajustar las corrientes de fases, de tal manera que sus valores reales corresponden al valor de referencia respectivo de la corriente de fases.

15 Para la descripción detallada de esta problemática se remite al documento WO 2012/028 390 A2, en el que se indica a este respecto una relación determinada entre medios para la medición de las corrientes de fases de un motor eléctrico y otros componentes del circuito de regulación de un motor eléctrico.

20 Se conoce a partir del documento JP 2005160136 A un procedimiento para la medición de la corriente en un convertidor, en el que se mide una corriente de fases por dos dispositivos de medición de la corriente. A través de una comparación de las dos m ediciones se puede reconocer un sensor defectuoso.

25 Se conoce a partir del documento US 2006/0181289 A1 un circuito, que sirve para la medición de la corriente con la ayuda de una caída de la tensión a través de una resistencia.

30 Se conoce a partir del documento WO 2012/117275 A2 un procedimiento para la medición de la corriente, que prevé por medio de dos dispositivos de medición de la corriente separados una medición más exacta de la corriente a través del promedio de los resultados y, además, posibilita una calibración durante la operación de medición, de manera que los dispositivos de medición de la corriente individuales de forma alterna miden o bien realizan una calibración.

35 Por último, se conoce a partir del documento DE 10240243 A1 corregir la desviación del punto cero por sensores de corriente. En este caso, se emplean en cada caso dos sensores de corriente con diferente sensibilidad, de manera que según la magnitud de la corriente se conmuta a un sensor adecuado. Pero los sensores propiamente dichos no son conmutables con respecto a su zona de medición, de manera que una desviación del punto cero sólo se puede corregir en determinados estados de funcionamiento. Para una medición de alta exactitud de la corriente, esto puede ser un inconveniente cuando no aparece este estado de funcionamiento o no aparece con la frecuencia suficiente.

40 La invención se basa en el problema de posibilitar con medios sencillos una medición de alta exactitud de la corriente en las salidas de un convertidor.

Este problema se soluciona con respecto al procedimiento por medio de las características de la reivindicación 1.

45 De acuerdo con ello, la corriente de fases respectiva, que debe calcularse en una salida del convertidor, se mide de manera independiente en al menos dos, de manera especialmente exacta en dos dispositivos de medición de la corriente, que están dispuestos en particular paralelos entre sí, de manera que para la determinación de la corriente de fases respectiva se utilizan los resultados de medición de ambos (todos) dispositivos de medición de la corriente. Esto se puede realizar, por ejemplo, de tal manera que se promedian (dado el caso, se ponderan) los valores de medición, obtenidos en los dispositivos de medición de la corriente, de la corriente de fases.

50 A través de la determinación de las corrientes de fases en virtud de valores de medición de (al menos) dos dispositivos de medición de la corriente, en particular a través del promedio de los valores de medición obtenidos en los dispositivos de medición de la corriente para la corriente de fases respectiva, se puede elevar la relación de señal/ruido del resultado, que resulta del promedio u otro procesamiento de los valores individuales de medición de la corriente, para la corriente de fases respectiva, lo que conduce a una precisión elevada en la determinación de las corrientes de fases.

60 El procedimiento de acuerdo con la invención se puede aplicar, en principio, en sistemas de varias fases

discrecionales. Es especialmente adecuado para la aplicación en el caso más frecuente en la práctica, a saber, un sistema trifásico.

5 Con preferencia, los al menos dos dispositivos de medición de la corriente están constituidos por los mismos componentes y acceden de la misma manera a la corriente de fases a medir en cada caso, de manera que la corriente de fases a medir se puede determinar de una manera sencilla a través del promedio de los valores de medición obtenidos a tal fin en los dispositivos de medición de la corriente individuales.

10 Para la medición de la corriente por medio de un dispositivo de medición de la corriente respectivo se puede procesar en particular una tensión de medición, que cae en función de la corriente de fases a medir en cada caso en una resistencia (que se encuentra en la trayectoria de la corriente) que está asociada al dispositivo de medición de la corriente. Una medición de la corriente a través de procesamiento de una tensión de medición, que cae en función de la corriente que fluye en la salida respectiva del convertidor en una resistencia (la llamada "resistencia de derivación" o bien resistencia de medición), se describe en el documento DE 102 37 920 B3.

15 Con la medición de la corriente de alta precisión debe posibilitarse, en particular, también calcular de una manera muy exacta las llamadas desviaciones de derivación y/o desviaciones de amplificación. Un error de derivación existe cuando el valor medido por un dispositivo de medición de la corriente está desviado, frente a la corriente real, en un importe determinado (= derivación). Y existe una desviación de amplificación cuando el factor de amplificación de un dispositivo de medición de la corriente se desvía del factor de referencia.

20 Para la consideración de tales desviaciones de derivación y de ampliación se calibran los dispositivos de medición de la corriente. Para la calibración de un dispositivo de medición de la corriente respectivo se puede utilizar una tensión de calibración, que se genera por separado de la tensión de medición, que cae en función de la corriente de fases a medir en cada caso en una resistencia asociada al dispositivo de medición de la corriente. A tal fin, se pueden asociar a un dispositivo de medición de la corriente respectivo unos medios de conmutación, por ejemplo en forma de conmutadores o en forma de un multiplexor, por medio de los cuales se alimenta la tensión de medición o la tensión de calibración a un procesamiento en el dispositivo de medición de la corriente.

30 Un error de medición en forma de un error de derivación se puede determinar muy fácilmente porque la tensión de calibración se coloca en un valor definido, especialmente igual a cero, y a continuación se calcula si una tensión resultante generada a través del procesamiento de la tensión de calibración en el dispositivo de medición de la corriente tiene un valor predeterminado de la tensión, en particular delante del valor de la tensión cero. Esto alude a un error de derivación, que debe compensarse de manera correspondiente.

35 Para la determinación del error de medición en forma de una llamada desviación de amplificación (error de amplificación), es decir, una desviación del factor de amplificación en un dispositivo de medición de la corriente respectivo desde el valor de referencia, se predetermina de manera ventajosa una tensión de calibración (definida) con un valor distinto de cero. En particular, cuando previamente se ha calculado ya un error de derivación posible y ha sido compensado o bien corregido, se puede determinar entonces el factor de amplificación real de manera sencilla como cociente a partir de la tensión calculada en el dispositivo de medición de la corriente y la tensión de calibración y de esta manera se puede calcular y corregir o bien compensar una desviación del valor de referencia del factor de amplificación.

45 Además, hay que tener en cuenta que las desviaciones de derivación y de ampliación de un dispositivo de medición de la corriente se pueden modificar con el tiempo, por lo que no es suficiente, para la compensación o bien la corrección de tales errores, calibrar sólo una vez un dispositivo de medición de la corriente antes o bien durante la puesta en servicio. De esta manera, las influencias exteriores, como por ejemplo la temperatura, pueden conducir a una modificación de las desviaciones de derivación y de ampliación. Por lo tanto, es conveniente calibrar repetidas veces un dispositivo de medición de la corriente respectivo (por ejemplo, en instantes determinados previstos), para que sea posible también en la operación de medición una compensación o bien una corrección (repetida, en curso) de errores de medición, en particular de desviaciones de derivación y de ampliación, en los dispositivos de medición de la corriente individuales.

55 En este caso es posible de manera ventajosa realizar una calibración de los dispositivos de medición de la corriente en el modo de medición en curso y en concreto especialmente durante la preparación continua de valores de medición para las corrientes de fases individuales en las salidas del convertidor. Puesto que a una salida respectiva del convertidor para la determinación de la corriente de fases respectiva están asociadas al menos dos dispositivos de medición de la corriente, que determinan la corriente de fases de manera independiente entre sí (en canales separados), se pueden calibrar de manera alterna los dispositivos de medición de la corriente que están asociados a una salida respectiva del convertidor para la medición de la corriente de fases local. Es decir, que mientras se calibra uno de los dispositivos de medición de la corriente, y se impulsa a tal fin, por ejemplo, con una tensión de calibración, al menos otro dispositivo de medición de la corriente asociado a la misma salida del convertidor y, por lo tanto, a la misma corriente de fases, mide en adelante la corriente de fases que se aplica actualmente.

La duración típica de un proceso de calibración del tipo decisivo aquí es aproximadamente 1 ms. El intervalo de tiempo de calibraciones sucesivas, para poder tener en cuenta modificaciones de influencias externas, como por ejemplo, la temperatura del sistema está, en cambio, de manera ventajosa en el orden de magnitud de 1 s o más.

5 De acuerdo con la invención, en los dispositivos de medición de la corriente individuales se puede conmutar la zona de medición y, en concreto, entre al menos dos zonas de medición diferentes. De esta manera, se puede mejorar adicionalmente la relación de señal y ruido de la medición de la corriente. De este modo, en determinadas aplicaciones de un convertidor, en las que éste se emplea para la alimentación de la corriente de un motor eléctrico, se trata de poder mover objetos, por una parte, de una manera muy rápida, pero, por otra parte, de conseguir con  
10 precisión una posición de referencia determinada (posición final). Éste es el caso, por ejemplo, en motores eléctricos, que se emplean en los llamados "microprocesadores". Para el movimiento rápido de un objeto por medio del convertidor y del motor eléctrico asociado deben regularse con precisión corrientes grandes, mientras que cuando se alcanza la posición final deben ajustarse con alta precisión corrientes comparativamente más pequeñas. A tal fin, puede ser ventajoso poder modificar la zona de medición de los dispositivos de medición de la corriente  
15 para adaptarse de manera selectiva a los requerimientos de una fase de movimiento respectiva.

A tal fin es necesario poder realizar la conmutación de la zona de medición de un dispositivo de medición de la corriente respectivo en el funcionamiento corriente y, en concreto, especialmente de tal manera que esto no conduzca a una interrupción de la medición de las corrientes de fases individuales del convertidor. Esto se puede  
20 conseguir porque de los al menos dos dispositivos de medición de la corriente asociados a una salida respectiva del convertidor (y, por lo tanto, a una corriente de fases respectiva) sólo en uno se realiza una conmutación de la zona de medición, mientras que otro dispositivo de medición de la corriente mide en adelante la corriente de fases que se aplica en la salida respectiva del convertidor.

25 La conmutación de la zona de medición de un dispositivo de medición de la corriente se inicia porque en primer lugar se ignoran los datos de medición generados por este dispositivo de medición de la corriente durante la determinación del valor resultante para la corriente de fases y solamente se tienen en cuenta los valores de medición, relacionados con aquella corriente de fases, del al menos otro dispositivo de medición de la corriente. De esta manera, se conmuta la zona de medición del primer dispositivo de medición de la corriente mencionado y se  
30 espera el tiempo de estabilización. Sólo entonces se tienen en cuenta también los datos de medición de este dispositivo de medición de la corriente de nuevo en la determinación de la corriente de fases resultante.

Durante la calibración correcta de los dispositivos de medición de la corriente, se realiza la conmutación de la zona de medición sin un salto reconocible en los datos de medición. A tal fin, es ventajoso seleccionar la tensión de referencia utilizada durante la calibración del dispositivo de medición de la corriente de tal manera que se pueda  
35 aplicar para ambas zonas de medición. Es decir, que la calibración de un dispositivo de medición de la corriente respectivo se realiza - tanto en la puesta en servicio como también en la operación de medición - respectivamente, utilizando las mismas tensiones de referencia en las diferentes zonas de medición, en particular dos zonas de medición. A tal fin se selecciona de manera ventajosa la tensión de referencia de modo que se encuentra con  
40 respecto a la zona de medición (mínima) comparativamente más sensible en la proximidad de su límite de zona.

Una vez realizada la conmutación de un dispositivo de medición de la corriente, se puede conmutar a continuación de manera correspondiente el al menos otro dispositivo de medición de la corriente, que está asociado a la misma salida del convertidor y, por lo tanto, a la corriente de fases correspondiente.  
45

Un dispositivo para la medición de la corriente en un convertidor, que es especialmente adecuado también para la realización del procedimiento según la invención, se caracteriza por las características de la reivindicación 12. Los desarrollos ventajosos del dispositivo se deducen a partir de las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 12.  
50

Otros detalles y ventajas de la invención se muestran claramente en la descripción siguiente de ejemplos de realización con la ayuda de las figuras. En este caso:

55 La figura 1 muestra un convertidor con una pluralidad de salidas para el funcionamiento de un motor, en cuyas salidas están previstos en cada caso medios para la medición de la corriente.

La figura 2 muestra una estructura posible de los medios para la medición de la corriente de la figura 1.

60 La figura 3 muestra una representación esquemática de diferentes zonas de medición de los medios para la medición de la corriente.

La figura 4 muestra una variación de la disposición de la figura 2.

En la figura 1 se representa un convertidor U, que presenta una pluralidad de salidas ("salidas de fases"), en las que

fluye en el funcionamiento del convertidor, respectivamente, una corriente  $i_1, i_2, i_3$  ("corriente de fases"). En el ejemplo de realización, se trata de un llamado sistema trifásico con tres salidas del convertidor U y de manera correspondiente tres corrientes de salida o bien corrientes de fases  $i_1, i_2$  y  $i_3$ . El convertidor U sirve aquí para el funcionamiento de un motor eléctrico M, al que se alimentan las corrientes  $i_1, i_2, i_3$ , que se aplican en las salidas del convertidor U.

Además, en las salidas del convertidor U están dispuestos en cada caso unos medios para la medición de la corriente  $A_1, A_2, A_3$ , con los que se puede determinar la corriente  $i_1, i_2, i_3$ , que se aplica en la salida respectiva. Es decir, que los medios respectivos para la medición de la corriente  $A_1, A_2$  y  $A_3$  sirven en cada caso para la determinación de la corriente  $i_1, i_2$  o bien  $i_3$ , que fluye desde la salida respectiva del convertidor U hacia el motor eléctrico M.

Las corrientes determinadas por los medios para la medición de la corriente  $A_1, A_2$  y  $A_3$  se pueden alimentar a un dispositivo de regulación asociado al convertidor U, integrado en este caso, por ejemplo, en el convertidor U, para poder regular de esta manera las corrientes  $i_1, i_2, i_3$ , que se aplican en las salidas del convertidor U. La suma de las tres corrientes de fases  $i_1, i_2, i_3$  debería dar como resultado siempre cero, puesto que en otro caso fluye una corriente  $i_E$  no deseada hacia tierra. Esta condición se puede utilizar para el reconocimiento de errores.

Una estructura posible de los medios para la medición de la corriente  $A_1, A_2, A_3$  se representa en la figura 2 de forma ejemplar con la ayuda de un medio para la medición de la corriente  $A_j$  en una de las salidas del convertidor U. Los medios para la medición de la corriente  $A_j$  comprenden una resistencia 1 (resistencia de medición o bien resistencia de derivación  $R_S$ , por ejemplo con un valor típico entre  $100 \mu\Omega$  y  $100 m\Omega$ ), en la que se puede tomar una tensión de medición  $U_S$  dependiente en cada caso de la corriente  $i_j$  a medir. Ésta se amplifica por medio de un amplificador 4 y se alimenta como valor de la tensión (analógico)  $U_A$  resultante a un convertidor analógico-digital 5. Las señales digitales de la tensión  $m$ , que se aplican detrás del convertidor analógico-digital 5 representan como valores de medición del dispositivo de medición de la corriente 4, 5 la corriente  $i_j$  a medir ("medición de la corriente"). El principio de un dispositivo de medición de la corriente se describe, por ejemplo, en el documento DE 102 37 920 B3.

En este caso, los medios  $A_j$  para la determinación de una corriente de fases  $i_j$  respectiva no se limitan, sin embargo, a la medición de aquella corriente  $i_j$  por medio de un dispositivo de medición de la corriente 4, 5 sino que a tal fin se utiliza adicionalmente también un segundo dispositivo de medición de la corriente 4', 5' que trabaja separado. Este dispositivo de medición de la corriente 4', 5' adicional presenta en el ejemplo de realización la misma estructura y se basa en componentes de la misma construcción que el primer dispositivo de medición de la corriente 4, 5 mencionado.

El segundo dispositivo de medición de la corriente 4', 5' para la determinación de la corriente  $i_j$  toma en el ejemplo de realización de la misma manera la tensión de medición  $U_S$  que cae en la resistencia 1, que se amplifica a continuación por medio de un amplificador 4' y se alimenta como valor de la tensión (analógico)  $U_A'$  resultante a un convertidor analógico-digital 5'. Los valores digitales de medición de la tensión  $m'$  que se aplican detrás del convertidor analógico-digital 5' representan como valores de medición del dispositivo de medición de la corriente 4', 5' de la misma manera la corriente  $i_j$  a medir.

Los dos dispositivos de medición de la corriente 4, 5 y 4', 5' que sirven para la determinación de una y la misma corriente de fases  $i_j$  están conectados en paralelo entre sí. Acceden a la misma tensión de medición  $U_R$  de la resistencia 1 y de esta manera suministran dos valores de medición independientes  $U_A, U_A'$  o bien  $m, m'$  que representan la tensión de medición  $U_R$  dependiente de la corriente  $i_j$  a medir.

A través del promedio de los resultados de medición obtenidos por los dispositivos de medición de la corriente se puede calcular un valor resultante para la corriente  $i_j$  y en concreto con una relación de señal y ruido mejorada comparada con la determinación de la corriente  $i_j$  utilizando sólo un dispositivo de medición de la corriente 4, 5.

El potencial de los dispositivos de medición de la corriente 4, 5; 4', 5' está relacionado con la resistencia 1. Para superar la diferencia de potencial con respecto a un circuito de control dispuesto a continuación, a través de la cual debe accionarse, por ejemplo, un motor por medio del convertidor U, se pueden utilizar acopladores de señales 6, 6' y convertidores-DC-DC 7. De esta manera se pueden generar valores de salida (digitales)  $n, n'$  corregidos de manera correspondiente de los dispositivos de medición de la corriente 4, 5; 4', 5' con respecto al potencial de tierra.

En resumen, los medios  $A_j$  respectivos para la determinación de la corriente de fases  $i_j$  en una salida del convertidor U presentan en cada caso los dos dispositivos de medición de la corriente 4, 5; 4', 5', que miden la corriente  $i_j$  de manera independiente entre sí y, en concreto, a través del procesamiento de la misma tensión de medición  $U_R$  que depende de la corriente  $i_j$  a medir. A partir de los valores de medición de los dos dispositivos de medición de la corriente 4, 5; 4', 5' se puede calcular a continuación a través de promedio un valor resultante de la corriente  $i_j$ .

En el funcionamiento de tales medios para la medición de la corriente se pueden producir errores de medición (sistemáticos), por ejemplo, por que el factor de ampliación  $\alpha(t)$  y la derivación  $\beta(t)$  se modifican en el tiempo en el

dispositivo de medición de la corriente 4, 5; 4', 5' respectivo. Las desviaciones del valor de medición a compensar o bien a corregir a través de calibración aparecen especialmente en la cadena de medición desde la resistencia 1 sobre los amplificadores 4, 4' respectivos hacia el convertidor digital-analógico 5, 5'.

5 En este caso, se aplica:

$$U_A = U_S \cdot \alpha(t) + \beta(t).$$

10 De esta manera, es necesario calibrar los dispositivos de medición de la corriente 4, 4' 5; 4', 5' (regularmente) para poder compensar o bien corregir errores de medición en forma de desviaciones del valor de medición (variables en el tiempo) respecto de los valores verdaderos (para las corrientes a medir). Para la calibración, delante del amplificador 4 o bien 4' de un dispositivo de medición de la corriente 4, 5; 4', 5' respectivo están conectados unos medios de conmutación 3, 3', a través de los cuales se puede alimentar al amplificador opcionalmente la tensión de medición  $U_S$  tomada en la resistencia 1 o una tensión de calibración  $U_K$ , para generar a partir de ello en primer lugar a través de ampliación una tensión  $U_A$  o bien  $U_A'$  y a continuación el valor de medición digital  $m$  o bien  $m'$  correspondiente.

20 En este caso, los medios de conmutación 3, 3' se forman, respectivamente, por dos conmutadores 31, 32 o bien 31', 32', en función cuya posición de conmutación se aplica o bien la tensión de medición  $U_S$  o una tensión de calibración  $U_K$  en el amplificador 4, 4' del dispositivo de medición de la corriente 4, 5 o bien 4', 5' respectivo. En principio, para la conmutación sería suficiente un conmutador individual 32 o bien 32' de los medios de conmutación 3, 3' respectivos. Por medio de la conexión en serie de dos conmutadores 31, 32 o bien 31', 32' en los medios de conmutación 3, 3' respectivos se puede reducir, sin embargo, claramente una penetración de la señal, lo que es ventajoso para una medición de precisión.

25 Por medio de otro conmutador 21 se puede colocar la tensión de calibración  $U_K$  o bien a través de una fuente de calibración 2 sobre un valor de referencia  $U_{ref}$  o a masa y, por lo tanto, en el valor 0.

30 La calibración de los dispositivos de medición de la corriente 4, 5; 4', 5' se describirá a continuación de forma ejemplar (para la simplificación de la anotación) con la ayuda de uno de los dispositivos de medición de la corriente 4, 5; no obstante, se aplica de la misma manera para el otro dispositivo de medición de la corriente 4', 5'. A tal fin, en las consideraciones siguientes sólo se complementan en cada caso los signos de referencia y los valores de medición por medio de una " ' ".

35 Para la determinación de una desviación del valor de medición en forma de una derivación se genera por medio de la fuente de calibración 2 una tensión de calibración  $U_K$  con un valor determinado previsto, por ejemplo con el valor  $U_K = 0V$ . Esta tensión de calibración  $U_K$  (por ejemplo con el valor 0V) se da a través de los medios de conmutación 3, 21 (en lugar de la tensión de medición  $U_S$ ) sobre la entrada del amplificador 4.

40 A partir de la relación anterior  $U_A = U_S \cdot \alpha(t) + \beta(t)$  resulta para el caso  $U_K = 0$ :

$$U_A = \beta(t).$$

45 De esta manera, se determina el valor actual (en general en función del tiempo) de la derivación  $\beta(t)$  como la señal de la tensión  $U_A$  (analógica) que se aplica actualmente en la salida del amplificador  $V$  o bien como valor digital  $m$  correspondiente.

50 Esto posibilita una compensación o bien una corrección de errores de derivación, restando la derivación  $\beta(t)$  calculada anteriormente del valor de la tensión  $U_A$  calculado en cada caso en el dispositivo de medición de la corriente 4, 5 correspondiente durante la medición de la corriente. Entonces en el valor de la tensión  $U_A$ , que se aplica detrás del amplificador  $V$  no existe ya ninguna derivación relevante, de manera que  $U_A$  está presente ahora como  $U_A = U_K \cdot \alpha(t)$ .

55 Si se utiliza ahora en otra (segunda) medición una tensión de calibración  $U_K$  con un valor de referencia  $U_{ref}$  diferente de cero ( $U_K = U_{ref}$ ), entonces se aplica:  $U_A = U_{ref} \cdot \alpha(t)$ . A partir de ello se determina el valor momentáneo del valor de ampliación  $\alpha(t)$  como

$$60 \quad \alpha(t) = \frac{U_A}{U_{ref}}$$

Por lo tanto, con sólo dos mediciones se determina, en el modo de calibración de un dispositivo de medición de la corriente  $A_j$  utilizando en cada caso una tensión de calibración  $U_K$  definida, que se coloca en este caso de forma ejemplar para la primera medición igual a cero y se coloca para la segunda medición en un valor  $U_{ref}$  diferente de

cero, la derivación  $\beta(t)$  en función del tiempo así como la desviación en función del tiempo del factor de ampliación  $\alpha(t)$  y a continuación se tienen en cuenta, es decir, que se compensan o bien se corrigen durante la determinación de los valores (analógicos) de medición de la tensión  $U_A$  o bien de los valores digitales  $n$  correspondientes.

5 La utilización de dos dispositivos de medición de la corriente 4, 5; 4', 5' independientes (conectados en paralelo) para la determinación de un corriente de fases  $i_j$  respectiva en las salidas del convertidor  $U$  posibilita en este caso una calibración sin problemas de los dispositivos de medición de la corriente no sólo antes o bien durante la puesta en servicio sin o especialmente también en el modo de medición corriente y en concreto sin su interrupción. Esto es importante porque no es suficiente una compensación o bien una corrección una sola vez de las desviaciones de derivación y de ampliación antes de la puesta en servicio del sistema, en cualquier caso cuando se requieren mediciones de la corriente de alta precisión. Puesto que las desviaciones de derivación y de ampliación se pueden modificar con el tiempo, por ejemplo en función de condiciones ambientales variables, como la temperatura. Por lo tanto, es ventajosa una nueva calibración periódica de los dispositivos de medición de la corriente, en particular a intervalos de tiempo predeterminados, tal vez en el intervalo de 1 s.

15 En este caso, la calibración de un dispositivo de medición de la corriente 4, 5 ó 4', 5' respectivo se puede realizar de manera sencilla en el modo 0 de medición corriente, calibrando de manera alterna en cada caso sólo uno de los dos dispositivos de medición de la corriente 4, 5 ó 4', 5', que sirven para la medición de la misma corriente de fases  $i_j$ . Es decir, que mientras se calibra un dispositivo de medición de la corriente 4, 5, el otro dispositivo de medición de la corriente 4', 5' mide en adelante la corriente  $i_j$  y a la inversa. Solamente un promedio de los resultados de la medición no se puede realizar evidentemente durante la calibración.

20 La duración de un proceso de calibración es típicamente inferior a 1 ms. Esto es tres órdenes de magnitud menor que un intervalo de tiempo conveniente entre calibraciones sucesivas, que es aproximadamente 1 s. De esta manera, en el modo de medición la calibración de uno de los dos dispositivos de medición de la corriente 4, 5; 4', 5' (considerada en el tiempo) es un caso excepcional. De manera muy predominante, en cada caso, ambos dispositivos de medición de la corriente 4, 5; 4', 5' están disponibles para determinar una corriente de fases  $i_j$  respectiva a través de promedio sobre los valores de medición de ambos dispositivos de medición de la corriente 4, 5; 4', 5'.

30 También durante la calibración de un dispositivo de medición de la corriente 4, 5 ó 4', 5' respectivo se puede proseguir, por lo tanto, la medición de la corriente; solamente se suprime el promedio unido con otra elevación de la relación de señal y ruido sobre dos resultados de la medición.

35 En el ejemplo de realización de la figura 2, además, está prevista una conmutación entre diferentes zonas de medición de un dispositivo de medición de la corriente 4, 5 ó 4', 5' respectivo y, en concreto, en este caso entre dos zonas de medición. Esta posibilidad de conmutación sirve para una mejora adicional de la relación de señal y ruido durante la medición de la corriente. De esta manera, puede ser conveniente la utilización de diferentes zonas de medición para la medición de la corriente cuando a través del convertidor  $U$ , en cuyas salidas deben medirse las corrientes de fases individuales, se controla un motor eléctrico, con el que deben moverse rápidamente, por una parte, determinados objetos y, por otra parte, deben transferirse de forma precisa a determinadas posiciones finales. Mientras que con el movimiento rápido de los objetos va unido el requerimiento de una regulación de corrientes mayores, para la consecución precisa de posiciones finales predeterminadas es necesario un ajuste de alta precisión de corrientes comparativamente menores. A través de una conmutación de la zona de medición se pueden adaptar los dispositivos de medición de la corriente a tales requerimientos diferentes.

50 Para la conmutación de la zona de medición de un dispositivo de medición de la corriente 4, 5 ó 4', 5' respectivo, en este caso al amplificador 4 o bien 4' del dispositivo de medición de la corriente respectivo está asociado un conmutador 41 o bien 41', con el que se puede conmutar su ampliación y, por lo tanto, como resultado la zona de medición del dispositivo de medición de la corriente 4, 5 ó 4', 5' respectivo.

55 Dos zonas de medición diferentes de un dispositivo de medición de la corriente se representan de forma esquemática en la figura 3 y, en concreto, tanto con respecto a la tensión  $U$  medida como también con respecto a la corriente  $I$  correspondiente. En la primera zona de medición más pequeña se pueden registrar valores de la tensión entre  $U_{\max 1}$  y  $-U_{\max 1}$  o bien valores de la corriente  $I_{\max 1}$  y  $-I_{\max 1}$ . En la segunda zona de medición mayor se encuentran los valores de la tensión entre  $U_{\max 2}$  y  $-U_{\max 2}$  o bien  $I_{\max 2}$  y  $-I_{\max 2}$ .

60 De acuerdo con un ejemplo concreto, tal vez puede ser el valor  $I_{\max 1} = 5,3$  A y el valor de  $I_{\max 2} = 38$  A; esto corresponde a tensiones de 53 mV o bien 380 mV con una resistencia  $R$  de 10 m $\Omega$ .

La disposición de la figura 2 posibilita en este caso una conmutación entre diferentes zonas de medición no sólo antes o bien durante la puesta en servicio del sistema, sino también en el modo de medición corriente y, en concreto, sin interrupción de la medición de la corriente. A tal fin, durante la conmutación de la zona de medición de

- 5 uno de los dos dispositivos de medición de la corriente 4, 5 ó 4', 5' se procede de la siguiente manera: en primer lugar, se ignoran los datos del dispositivo de medición de la corriente a conmutar (por ejemplo, 4, 5) durante la determinación de la corriente resultante; es decir, que la determinación de la corriente resultante no se realiza ya a través del promedio de los valores de medición de los dos dispositivos de medición de la corriente 4, 5 ó 4', 5', sino que sólo se utilizan los valores de medición del dispositivo de medición de la corriente (por ejemplo, 4', 5') que no debe conmutarse actualmente. Entonces se conmuta la ampliación en el dispositivo de medición de la corriente a ajustar con respecto a la zona de medición (por medio del conmutador 41 previsto a tal fin) y se espera el tiempo de estabilización. Sólo entonces se utilizan los valores de medición del dispositivo de medición de la corriente (4, 5) que se acaba de conmutar de nuevo para la determinación de la corriente de fases resultante.
- 10 A continuación se puede conmutar la zona de medición del otro dispositivo de medición de la corriente 4', 5', mientras que ahora un dispositivo de medición de la corriente 4, 5 suministra en adelante valores de medición para la corriente de fases a determinar.
- 15 Si se utiliza durante la calibración de los dispositivos de medición de la corriente una tensión de referencia  $U_{ref}$ , que se aplica para ambas zonas de medición, por lo que se encuentra dentro de la primera zona de medición más pequeña, entonces no resulta durante la conmutación de la zona de medición de un dispositivo de medición de la corriente 4, 5 o bien 4', 5' ningún salto en los datos de medición (aunque una conmutación de la ampliación de un dispositivo de medición de la corriente 4, 5 o bien 4', 5' respectivo conduce a otro desplazamiento de derivación).
- 20 Tan pronto como ambos dispositivos de medición de la corriente 4, 5 y 4', 5' han sido conmutados a la nueva zona de medición deseada, se promedian para la determinación de la corriente de fases resultante de nuevo los valores de medición de la corriente de los dos dispositivos de medición de la corriente 4, 5 y 4', 5'.
- 25 En el caso de una medición muy precisa de la corriente puede aparecer un error de medición, porque el potencial de referencia no es exactamente igual en general en al circuito. Por lo tanto, puede ser necesaria una medición diferencial, puesto que para ua tensión diferencial no tiene ninguna importancia el potencial de referencia. Por lo tanto, la figura 4 muestra una variación del ejemplo de realización de la figura 2. Una diferencia consiste en que la disposición de la figura 4 trabaja sobre la base de una guía diferencial de la señal. Es decir, que de los dispositivos de medición de la corriente 4, 5 y 4', 5' – a diferencia de la disposición de la figura 2 – no se toma simplemente la tensión  $U_S$  que cae en la resistencia 1, sino más bien una diferencia de esta tensión, como se representa en la figura 4. Los medios de conmutación 3, 3' así como los dispositivos de medición de la corriente 4, 5 y 4', 5' está adaptados, en cuanto a la estructura, a esta guía de la señal diferencial. Por lo demás, la disposición de la figura 4 coincide con la disposición de la figura 2.
- 35

## REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la medición de la corriente en un convertidor, en el que en las salidas del convertidor (U) se determina por dispositivos de medición de la corriente la corriente de fases ( $i_j$ ) respectiva, para alimentarla a un dispositivo de regulación asociado al convertidor (U), en el que la corriente de fases ( $i_j$ ) respectiva, a determinar en una salida del convertidor (U) se mide independientemente por al menos dos dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5'), en el que para la determinación de la corriente de fases respectiva se utilizan los resultados de medición de ambos dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5'), **caracterizado** porque la zona de medición de los dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5') es ajustable en el modo de medición, en el que la zona de medición es conmutable en cada caso entre al menos dos zonas de medición predeterminada y porque la zona de medición es conmutada de manera alterna por dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5'), que miden la corriente de fases ( $i_j$ ) en la misma salida del convertidor (U), de manera que durante la conmutación de la zona de medición de un dispositivo de medición de la corriente (4, 5) al menos otro dispositivo de medición de la corriente (4', 5') mide en adelante la corriente de fases ( $i_j$ ).
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque los dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5'), en los que se mide en cada caso una corriente de fases ( $i_j$ ), están conectados en paralelo entre sí.
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque para la determinación del valor resultante de la corriente de fases ( $i_j$ ) se promedian los valores de medición de los dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5').
- 4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque para la medición de la corriente por medio de uno de los dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5') respectivos, se procesa una tensión de medición ( $U_s$ ), que cae en función de la corriente de fases ( $i_j$ ) a medir en cada caso en una resistencia (1) que está asociada al dispositivo de medición de la corriente (4, 5; 4', 5').
- 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5') son calibrados de forma periódica en el funcionamiento del convertidor (U).
- 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque para la corrección de errores de mediciones calibran individualmente los dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5') que sirven para la medición de una corriente de fases ( $i_j$ ), mientras que al menos otro dispositivo de medición de la corriente, que sirve para la medición de una corriente de fases ( $i_j$ ), se encuentra en el modo de medición.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5 ó 6, **caracterizado** porque como errores de medición se corrigen un desplazamiento de derivación y/o un error de amplificación del dispositivo de medición de la corriente (4, 5; 4', 5') a través de calibración.
- 8.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado** porque un dispositivo de medición de la corriente (4, 5; 4', 5') respectivo está desactivado durante su calibración para la medición de la corriente, es decir, que no se calcula ningún valor de medición de la corriente de fases ( $i_j$ ) respectiva.
- 9.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado** porque para la calibración de un dispositivo de medición de la corriente (4, 5; 4', 5') respectivo, se procesa una tensión de calibración ( $U_k$ ), que se genera separada de la tensión de medición ( $U_s$ ).
- 10.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado** porque a un dispositivo de medición de la corriente (4, 5; 4', 5') respectivo están asociados unos medios de conmutación (3; 3'), por medio de los cuales se alimenta de manera opcional la tensión de medición ( $U_s$ ) o la tensión de calibración ( $U_k$ ) para un procesamiento en el dispositivo de medición de la corriente (4, 5; 4', 5').
- 11.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado** porque durante la calibración de los dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5') se utiliza como tensión de calibración ( $U_k$ ) una tensión de referencia ( $U_{ref}$ ), que está dentro de todas las zonas de medición ajustables para los dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5').
- 12.- Dispositivo para la medición de la corriente en un convertidor, con una pluralidad de dispositivos de medición de la corriente, que están conectados para la medición de la corriente de fases ( $i_1, i_2, i_3$ ) respectiva en cada caso en una salida del convertidor (U), para accionar con la ayuda de las corrientes de fases medidas un dispositivo de regulación asociado al convertidor (U), en el que detrás de una salida respectiva del convertidor (U) están conectados al menos dos dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5'), que miden de manera independiente unos de los otros la corriente de fases ( $i_j$ ) respectiva, de manera que para la determinación de la corriente de fases

respectiva se utilizan los resultados de medición de ambos dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5'), **caracterizado** porque la zona de medición de los dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5') es ajustable en el modo de medición, de manera que la zona de medición es conmutable en cada caso entre al menos dos zonas de medición predeterminadas y porque la zona de medición es conmutable de forma alterna por dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5'), que miden la corriente de fases ( $i_j$ ) en la misma salida del convertidor (U), de manera que durante la conmutación de la zona de medición de un dispositivo de medición de la corriente (4, 5) al menos otro dispositivo de medición de la corriente (4', 5') mide en adelante la corriente de fases ( $i_j$ ).

5  
10  
13.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado** porque los dispositivos de medición de la corriente (4, 5; 4', 5'), en los que se mide en cada caso una corriente de fases ( $i_j$ ), están conectados paralelos entre sí.

15  
14.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12 ó 13, configurado y previsto para la realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11.

FIG 1

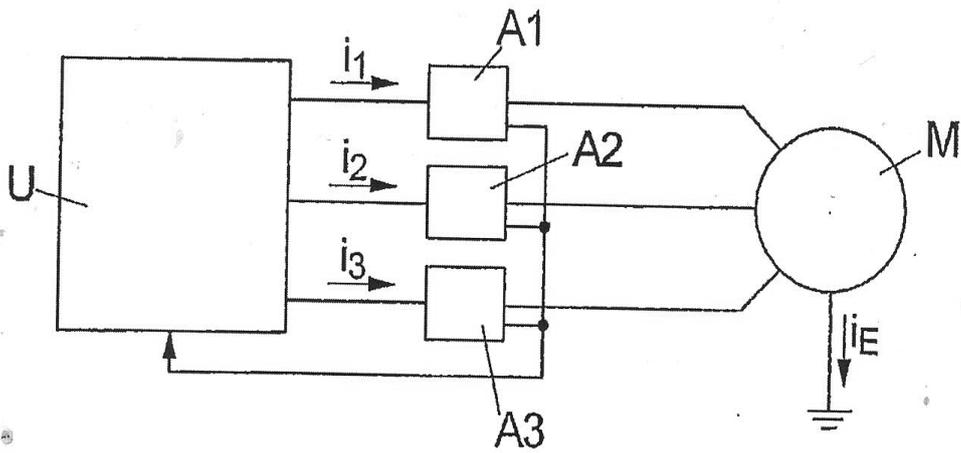


FIG 3

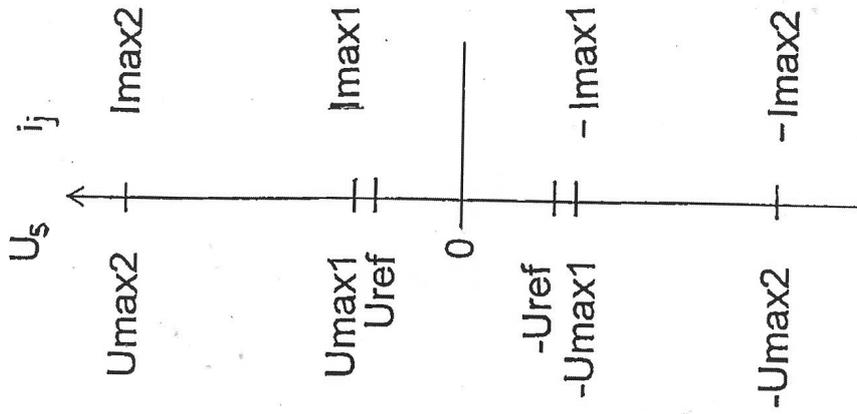


FIG 2

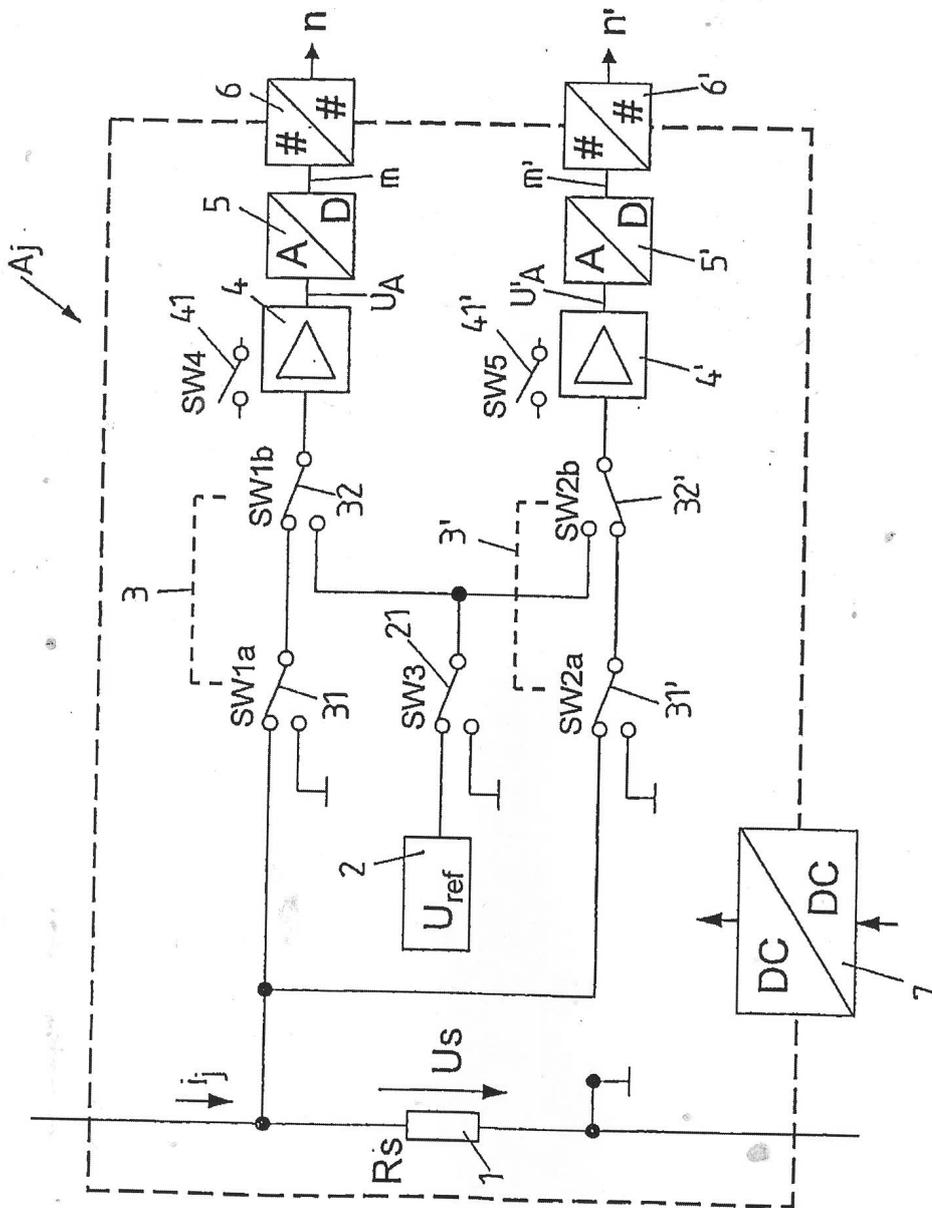


FIG 4

