

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 407 815**

51 Int. Cl.:

H02M 1/04 (2006.01)

H02M 7/505 (2006.01)

H02M 7/5387 (2007.01)

G01R 19/175 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2005 E 05784457 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2013 EP 1797439**

54 Título: **Procedimiento para la determinación del paso por cero de corriente en un convertidor**

30 Prioridad:

08.10.2004 EP 04405635

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

14.06.2013

73 Titular/es:

**ABB RESEARCH LTD. (100.0%)
AFFOLTERNSTRASSE 52
8050 ZÜRICH, CH**

72 Inventor/es:

**AKDAG, ALPER;
STEFANUTTI, PHILIPPE;
MEYSENC, LUC y
HUGO, NICOLAS**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 407 815 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 determinación del paso por cero de corriente en un convertidor

5 **Campo técnico**

La invención se refiere al campo de la electrónica de potencia. Ésta se refiere a un procedimiento para la determinación del momento del paso por cero de corriente en un convertidor con al menos dos brazos de convertidor de corriente, fluyendo la corriente de manera alterna por al menos un primer brazo de convertidor de corriente y por al menos un segundo brazo de convertidor de corriente, a un dispositivo para la realización de este procedimiento y a un convertidor.

Estado de la técnica

Los convertidores conducidos por corriente sirven para la transformación de una corriente de entrada en una corriente alterna de una o múltiples fases. Los convertidores contienen dos brazos de convertidor de corriente, por los que puede fluir una corriente $I(t)$. Cada uno de los brazos de convertidor de corriente puede conectarse mediante una válvula de corriente en un estado de conducción o en un estado de bloqueo. Una primera válvula de corriente en el primer brazo de convertidor de corriente se conecta en estado de conducción durante una semionda de la corriente, en la que la corriente es positiva o negativa continuamente. Cuando la corriente cambia su signo de polaridad, se conecta la primera válvula de corriente en estado de bloqueo y una segunda válvula en el segundo brazo de convertidor de corriente que estaba en estado de bloqueo durante el período en el que la primera válvula de corriente estaba en estado de conducción, se conecta ahora en estado de conducción. Si se realiza la transición de un brazo de convertidor de corriente en el otro sin embargo no de manera exacta con respecto al momento en el que la corriente cambia su signo de polaridad, se produce una zona de solapamiento en la que los dos brazos de convertidor de corriente conducen corriente o se produce una zona en la que en ninguno de los brazos de convertidor de corriente fluye corriente. Esta zona de solapamiento o la zona en la que en ninguno de los brazos de convertidor de corriente fluye corriente conduce sin embargo a grandes pérdidas de energía y fenómenos transitorios.

Para la determinación del momento en el que las válvulas de corriente deben conectarse se han desarrollado procedimientos complejos que implican una medición de la corriente. Un procedimiento de este tipo se describe en un documento de S. Väliiita, Ovaska S.J., Kyyrä J. ("adaptive signal processing system for accurate zerocrossing detection of cycloconverter phase currents"; IEEJ 1997 - PCC Nagoka, pág. 467-472). En el procedimiento se usa un filtro previo de baja frecuencia para filtrar partes de frecuencia de baja frecuencia no deseadas de la señal de corriente y mediante un filtro digital adaptativo de múltiples fases se reconstruye un recorrido sinusoidal de la señal de corriente, a partir de la cual puede predecirse a continuación el momento del paso por cero de corriente.

Este procedimiento es, sin embargo, costoso y caro. Ciertos fallos en las mediciones de corriente y del desplazamiento de corriente disminuyen la fiabilidad y exactitud de la determinación del momento del paso por cero de corriente.

El documento US 6.535.402 B1 describe un procedimiento para la determinación del paso por cero de corriente para una compensación de tiempo muerto en un convertidor, añadiéndose una corriente adicional constante a la corriente de la que ha de determinarse el paso por cero de corriente. De esta corriente total se determina el paso por cero. Mediante la adición de la corriente adicional se genera una asimetría de los periodos de la semionda positiva y negativa. La diferencia de los periodos de las dos semiondas se usa para corregir desde el paso por cero de corriente medido el supuesto momento real.

50 **Descripción de la invención**

Es objetivo de la invención crear un procedimiento y un dispositivo del tipo mencionado anteriormente que posibiliten una predicción exacta y más sencilla del momento del paso por cero de corriente en un convertidor.

Este objetivo se soluciona de acuerdo con la invención mediante un procedimiento para la determinación del paso por cero de corriente en un convertidor con las características de la reivindicación 1, un dispositivo para la determinación del momento del paso por cero de corriente con las características de la reivindicación 8 y un convertidor con las características de la reivindicación 9.

En el procedimiento de acuerdo con la invención se mide la corriente en el convertidor por medio de un dispositivo para la determinación del momento del paso por cero de corriente, el valor de corriente medido se compara en el dispositivo con un valor umbral de corriente y mediante el momento en el que el valor de corriente obtiene el valor del valor umbral de corriente antes del paso por cero de corriente se determina un periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente por medio del dispositivo. Dado que sólo ha de determinarse una magnitud de medición y son necesarios sólo cálculos sencillos, esté procedimiento es fácil de realizar.

En caso de un recorrido sinusoidal o aproximadamente sinusoidal de la corriente puede dividirse la corriente en dos semiondas, de las que cada semionda comprende el periodo en el que la corriente es continuamente mayor o continuamente menor que cero. A partir de las corrientes medidas en una semionda positiva o las corrientes medidas en una semionda negativa se determina una amplitud máxima de la corriente de la semionda $I_{m\acute{a}x}$ y se usa la amplitud máxima de la corriente para la determinación del momento del paso por cero de corriente. Mediante la determinación de la amplitud máxima de la corriente de una semionda aumenta la exactitud del procedimiento.

El periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente I_{set} hasta la obtención del paso por cero de corriente puede determinarse con la obtención del valor umbral de corriente antes del paso por cero de corriente a partir de una magnitud del valor umbral de corriente $|I_{set}|$, de la amplitud máxima de la corriente $I_{m\acute{a}x}$ y de una

frecuencia ω de la corriente por medio de la ecuación: $\Delta t = \frac{1}{\omega} * \frac{|I_{set}|}{I_{m\acute{a}x}}$, usándose como valor umbral de corriente

I_{set} en la semionda negativa un valor umbral de corriente negativo $I_{set,n}$ y en la semionda positiva un valor umbral de corriente positivo $I_{set,p}$. Es ventajoso de esta forma de realización que sólo algunos valores de medición fáciles de determinar entran en la determinación del paso por cero de corriente, y la determinación del momento del paso por cero de corriente se realiza por medio de una ecuación sencilla y por tanto rápidamente.

Otras variantes y formas de realización ventajosas resultan de las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción del dibujo

A continuación se explica en más detalle el procedimiento de acuerdo con la invención y el objeto de la invención por medio de un ejemplo de realización preferente que está representado en el dibujo adjunto. La figura muestra un recorrido de la corriente durante el tiempo en un convertidor y comportamiento de conexión de una primera válvula de corriente en un primer brazo de convertidor de corriente.

Modo de realizar la invención

En el siguiente ejemplo se describe un convertidor con dos brazos de convertidor de corriente, sin embargo la invención puede usarse también en un convertidor de una o múltiples fases con al menos dos brazos de convertidor de corriente.

La figura muestra el recorrido de corriente durante el tiempo y el comportamiento de conexión de una primera válvula de corriente en un primer brazo de convertidor de corriente. La corriente en el convertidor se mide por medio de un dispositivo para la determinación del momento del paso por cero de corriente del convertidor. Por medio de la curva 1 se muestra que por la semionda negativa partiendo de los valores de corriente medidos del convertidor se determina la amplitud máxima de la corriente $I_{m\acute{a}x}$ de la semionda negativa (no representada en la figura por motivos de claridad). La determinación se realiza con un procedimiento de cálculo corriente. Con la obtención de un valor umbral de corriente negativo $I_{set,n}$ tras el recorrido de la amplitud máxima de la corriente y antes del paso por cero de corriente 2 se determina un periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente. En la semionda positiva se determina la amplitud máxima de la corriente $I_{m\acute{a}x}$ y con la obtención de un valor umbral de corriente positivo $I_{set,p}$ tras el recorrido de la amplitud máxima de la corriente y antes del paso por cero de corriente 3 se determina el periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente.

La corriente momentánea $I(t)$ resulta de la amplitud máxima de la corriente $I_{m\acute{a}x}$, de la frecuencia ω y del tiempo t según la siguiente ecuación:

$$I(t) = I_{m\acute{a}x} \sin(\omega t)$$

Con valores pequeños de (ωt) puede establecerse $|\sin(\omega t)| \approx \omega t$. Debido a ello se simplifica la ecuación para la corriente momentánea y puede determinarse para una magnitud del valor de corriente $|I(t)|$ el periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente:

$$\Delta t = \frac{1}{\omega} * \frac{|I(t)|}{I_{m\acute{a}x}}$$

Con la obtención de un valor umbral de corriente predeterminado I_{set} antes del paso por cero de corriente puede determinarse el periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente con la ecuación indicada anteriormente y una magnitud del valor umbral de corriente $|I_{set}|$ tal como sigue.

$$\Delta t = \frac{1}{\omega} * \frac{|I_{set}|}{I_{m \acute{a}x}}$$

usándose como valor umbral de corriente I_{set} en la semionda negativa $I_{set,n}$ y en la semionda positiva $I_{set,p}$.

- 5 La curva 1 muestra que debido a la determinación del periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente se activa de manera retardada la conmutación entre dos brazos de convertidor de corriente en el periodo Δt tras la obtención del valor umbral de corriente predeterminado. En la figura está mostrado por motivos de claridad sólo el estado del primer brazo de convertidor de corriente. En la semionda negativa, el primer brazo de convertidor de corriente está en estado de conducción 11 y el segundo brazo de convertidor de corriente está en estado de bloqueo. Tras el transcurso del periodo Δt tras la obtención del valor umbral de corriente negativo predeterminado $I_{set,n}$ se conecta el primer brazo de convertidor de corriente en estado de bloqueo 12 y el segundo brazo de convertidor de corriente en estado de conducción. En la semionda positiva, tras el transcurso del periodo Δt tras la obtención del valor umbral de corriente positivo predeterminado $I_{set,p}$ se conecta el primer brazo de convertidor de corriente de nuevo en estado de conducción 11 y el segundo brazo de convertidor de corriente en estado de bloqueo.

- El valor umbral de corriente $I_{set,n}$ para la semionda negativa y $I_{set,p}$ para la semionda positiva puede determinarse con dependencia del funcionamiento. En caso de que la corriente se vea influida por ruido, puede seleccionarse el valor ventajosamente tan grande que el valor de corriente pueda diferenciarse claramente del ruido. Por otro lado, el valor de corriente debería ser tan bajo que el fallo que se realiza mediante la aproximación de $|\sin(\omega t)| \approx \omega t$ siguiera siendo pequeño.

- La amplitud máxima de la corriente puede determinarse nuevamente dentro de cada semionda, sin embargo es concebible también determinar nuevamente, sólo para cada dos o como máximo cada dos semiondas, una amplitud máxima de la corriente. Cuando la amplitud máxima se determina dentro de una semionda y este valor se usa para la determinación del periodo hasta el paso por cero de corriente directamente siguiente o posterior, se obtiene un resultado especialmente exacto. Cuando la amplitud máxima de la corriente se usa primeramente para la determinación del periodo hasta un paso por cero de corriente posterior o cuando la amplitud máxima no se determina nuevamente para cada semionda, puede realizarse el procedimiento de manera especialmente rápida.

- El procedimiento será especialmente sencillo también cuando la magnitud del valor umbral de corriente negativo $|I_{set,n}|$ sea igual a la magnitud del valor umbral de corriente positivo $|I_{set,p}|$. Entonces puede determinarse una constante del producto de la frecuencia ω y del valor umbral de corriente y en cada semionda se necesita calcular únicamente el cociente de la constante y la amplitud máxima de la corriente de una semionda para determinar el periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente.

- El procedimiento de acuerdo con la invención para la determinación del paso por cero de corriente en un convertidor puede realizarse por medio de un dispositivo que comprende un medio para la medición de la corriente y un sistema de procesamiento de datos para la comparación de los valores umbrales de corriente y para la determinación del periodo previsible desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente. Con el procedimiento se mide la corriente por medio del dispositivo, se compara el valor de corriente medido en el sistema de procesamiento de datos con un valor umbral de corriente I_{set} y mediante el momento en el que la corriente obtiene el valor del valor umbral de corriente antes del paso por cero de corriente se determina un periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente por medio del sistema de procesamiento de datos.

- Un programa informático para la determinación del paso por cero de corriente puede cargarse en el sistema de procesamiento de datos y puede ejecutarse en el sistema de procesamiento de datos. Cuando el programa informático se ejecuta, éste compara el valor de corriente medido con un valor umbral de corriente I_{set} y determina, mediante el momento en el que la corriente obtiene el valor del valor umbral de corriente antes del paso por cero de corriente, un periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente.

- En otra variante del procedimiento se determina el paso por cero de corriente en un convertidor por medio de un dispositivo que comprende un medio para la medición de la corriente y un circuito eléctrico para la comparación del valor umbral de corriente así como para la determinación del periodo previsible desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente.

- En los convertidores puede estar incorporada una válvula delante de cada brazo de convertidor de corriente, mediante la cual puede conectarse un brazo de convertidor de corriente en un estado de bloqueo o estado de conducción. Cuando una válvula de este tipo realiza la conmutación del respectivo brazo de convertidor de corriente de manera temporalmente retardada desde el momento en el que se activa la conmutación, puede considerarse el

retraso temporal hasta la conmutación de manera que el valor umbral de corriente se seleccione tan grande de modo que el periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente sea mayor o igual al retraso temporal hasta la conmutación. El retraso temporal puede considerarse en la determinación del periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente de manera que la respectiva válvula se conecte en un momento antes de un paso por cero de corriente que corresponde al retraso temporal y se bloquee o se abra la válvula en el momento de paso por cero de corriente.

5 El procedimiento descrito anteriormente para el funcionamiento de un convertidor puede usarse en un convertidor en el que se transporte un flujo de corriente continuo y en el que el flujo de corriente no debe interrumpirse por un proceso activamente originado tal como la conexión de una válvula.

10 Otro uso del procedimiento tiene lugar en un convertidor conducido por corriente. En un convertidor conducido por corriente, la corriente que se alimenta al convertidor se comporta como una fuente de corriente y en la salida del convertidor se desprende una cantidad de corriente independientemente de la tensión de salida (como una fuente de corriente).

15 El procedimiento puede usarse también en un convertidor directo en el que la corriente alterna de una frecuencia predeterminada se convierte en corriente alterna de otra frecuencia directamente sin que se convierta la corriente alterna mientras tanto en corriente continua.

20

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación del paso por cero de corriente en un convertidor con al menos dos brazos de convertidor de corriente, fluyendo la corriente de manera alterna por al menos un primer brazo de convertidor de corriente y por al menos un segundo brazo de convertidor de corriente y con un dispositivo para la determinación del momento del paso por cero de corriente, **caracterizado por que** la corriente se mide por medio del dispositivo, a partir de los valores de corriente medidos se determina una amplitud máxima de la corriente $I_{m\acute{a}x}$ en una semionda positiva y/o negativa, el valor de corriente medido se compara en el dispositivo con un valor umbral de corriente I_{set} y mediante el momento en el que la corriente obtiene el valor del valor umbral de corriente I_{set} antes del paso por cero de corriente y del valor de la amplitud máxima de la corriente $I_{m\acute{a}x}$ de una semionda se determina un periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente I_{set} hasta la obtención del paso por cero de corriente por medio del dispositivo.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la corriente presenta un recorrido sinusoidal.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado por que** el periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente I_{set} hasta la obtención del paso por cero de corriente se determina dentro de la misma semionda desde la que se determina la amplitud máxima de la corriente $I_{m\acute{a}x}$.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 ó 3, **caracterizado por que** el periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente I_{set} hasta la obtención del paso por cero de corriente se determina a partir de una magnitud del valor umbral de corriente $|I_{set}|$, de la amplitud máxima de la corriente $I_{m\acute{a}x}$ y de una frecuencia w de la corriente por medio de la ecuación:
$$\Delta t = \frac{1}{\omega} * \frac{|I_{set}|}{I_{m\acute{a}x}}$$
, usándose como valor umbral de corriente I_{set} en la semionda negativa un valor umbral de corriente negativo $I_{set,n}$ y en la semionda positiva un valor umbral de corriente positivo $I_{set,p}$.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado por que** una magnitud del valor umbral de corriente negativo $|I_{set,n}|$ y una magnitud del valor umbral de corriente positivo $|I_{set,p}|$ son iguales de grande.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** tras el transcurso del periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente en al menos un brazo de convertidor de corriente se conecta respectivamente una válvula de corriente que conmuta respectivamente un brazo de convertidor de corriente entre un estado de conducción y un estado de bloqueo.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado por que** la al menos una válvula de corriente tras un proceso de conexión no bloquea o abre el respectivo brazo de convertidor de corriente hasta un retraso temporal y el valor umbral de corriente I_{set} es tan grande que el periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente es mayor o igual al retraso temporal hasta el bloqueo o la apertura y se considera el retraso temporal en la determinación del periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente de manera que la respectiva válvula se conecta en un momento antes de un paso por cero de corriente que corresponde al retraso temporal y la válvula se bloquea o se abre en el momento del paso por cero de corriente.
8. Dispositivo para la determinación del momento del paso por cero de corriente, **caracterizado por que** el dispositivo para la determinación del momento del paso por cero de corriente comprende medios para la medición de la corriente en la entrada de un brazo de convertidor de corriente, medios para la comparación del valor de corriente medido con un valor umbral de corriente, medios para la determinación de una amplitud máxima de la corriente $I_{m\acute{a}x}$ en una semionda positiva y/o negativa a partir de los valores de corriente medidos y medios para la determinación del periodo previsible Δt desde la obtención del valor umbral de corriente hasta la obtención del paso por cero de corriente mediante el momento en el que la corriente obtiene el valor del valor umbral de corriente antes del paso por cero de corriente y del valor de la amplitud máxima de la corriente $I_{m\acute{a}x}$ de una semionda.
9. Convertidor que contiene al menos dos brazos de convertidor de corriente, fluyendo la corriente de manera alterna por un primer brazo de convertidor de corriente y por un segundo brazo de convertidor de corriente, **caracterizado por que** el convertidor comprende un dispositivo para la determinación del momento del paso por cero de corriente según la reivindicación 8.

