(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 637 275**

(51) Int. Cl.:

H02J 3/44 (2006.01)
H02M 7/42 (2006.01)
H02J 3/26 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.06.2011 PCT/EP2011/059717**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **15.12.2011 WO11154532**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2011 E 11724254 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017 EP 2580835**

(54) Título: **Procedimiento para la alimentación de energía eléctrica en una red de tensión alterna trifásica**

(30) Prioridad:

10.06.2010 DE 102010029951

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.10.2017

(73) Titular/es:

WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Dreekamp 5
26605 Aurich, DE

(72) Inventor/es:

ADLOFF, STEPHAN

(74) Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 637 275 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 alimentación de energía eléctrica en una red de tensión alterna trifásica

La presente invención se refiere a un procedimiento para la alimentación de una corriente trifásica asimétrica en una red de tensión alterna trifásica. Además, la presente invención se refiere a un dispositivo correspondiente para la alimentación de una corriente asimétrica en una red de tensión alterna trifásica, así como una instalación de energía eólica provista de un dispositivo semejante.

La energía eléctrica se distribuye en gran medida en una red de tensión alterna trifásica, se distribuye en particular de generadores de energía, como centrales eléctricas de gran potencia, instalaciones de energía eólica o similares al consumidor. En particular los consumidores se adaptan en este caso a la red de tensión alterna que presenta propiedades determinadas. A ello pertenece una frecuencia y fase determinada de las tensiones individuales entre sí, la amplitud de tensión de cada fase y finalmente también una cierta simetría de la red de tensión alterna. Idealmente cada fase del sistema trifásico presenta, por ejemplo, para la red de distribución europea un valor efecto de la tensión de 235 V, una frecuencia de 50,0 Hz y una posición de fase respecto a las otras dos fases correspondientes de 120º o 240º. El cumplimiento de propiedades semejantes es un requisito importante y las desviaciones solo están permitidas en pequeños límites. Las desviaciones demasiado intensas pueden poner en peligro tanto la estabilidad de la red de tensión alterna trifásica correspondiente, como también provocar daños en los consumidores sensibles.

Para conseguir que las propiedades requeridas se cumplan, en particular que la red de tensión alterna trifásica sea simétrica, los generadores de energía, en particular grandes centrales eléctricas, alimentan de forma simétrica en esta red de tensión alterna. Los mayores consumidores, como fábricas con grandes máquinas, deben garantizar que la red de tensión alterna no se cargue de forma asimétrica o solo en un margen muy bajo.

Para pequeños consumidores se parte de que estos en conjunto solo cargan la red de tensión alterna esencialmente de forma simétrica por motivos estadísticos.

Sin embargo, puede ocurrir que exista una carga asimétrica o eventualmente una alimentación asimétrica. Una red asimétrica puede ser – al menos por secciones – la consecuencia. En este caso es deseable o incluso necesario – según la intensidad de de la asimetría – compensar la asimetría en la red de tensión alterna. Las centrales eléctricas de gran potencia con frecuencia no pueden efectuar una compensación semejante, ya que estas alimentan con frecuencia a través de un generador síncrono acoplado directamente con la red de tensión alterna. En las fases individuales del generador síncrono no se puede intervenir individualmente de forma práctica durante el funcionamiento y en función de la necesidad.

En el caso de alimentación de una instalación de energía eólica mediante un convertidor completo sería concebible básicamente la predeterminación, generación y alimentación de una corriente alterna trifásica asimétrica, si el convertidor completo usado presenta una capacidad semejante. En un caso semejante cada rama del puente del convertidor toral alimenta diferentes cantidades de corriente en la red de tensión alterna.

Tal alimentación de corriente diferente puede conducir a una carga desigual y eventualmente a cargas demasiado grandes. Si el convertidor completo se hace funcionar hasta el límite de potencia permitido y a este respecto alimenta de forma asimétrica, entonces esto puede significar un sobrepaso del límite de carga para una rama del puente individual. Correspondientemente se debe contar con un envejecimiento elevado de los elementos constructivos o incluso con un mal funcionamiento agudo.

El documento WO 2008/061698 describe una instalación de energía eólica con regulación del sistema de secuencia negativa. La solicitud de patente japonesa publicada JP 06038532 (Fuji Electric Co. Ltd.) describe un convertidor de corriente trifásico con la capacidad de generar un sistema asimétrico en su salida, comprendiendo el convertidor de corriente un convertidor del sistema de secuencia positiva para la generación de una componente del sistema de secuencia positiva y un convertidor del sistema de secuencia negativa para la generación de una componente del sistema de secuencia negativa, y combinándose las dos componentes del sistema mediante un transformador.

La presente invención tiene el objetivo de remediar o reducir al menos uno de los problemas arriba mencionados. En particular se puede crear una solución para la compensación o compensación parcial de una situación asimétrica en una red de tensión alterna trifásica, debiéndose evitar o reducir al menos uno de los problemas arriba mencionados. Preferentemente se debe proponer una solución para la alimentación de una corriente alterna trifásica asimétrica en una red de tensión alterna evitando al menos uno de los problemas arriba mencionados. Al menos se debe proponer

una solución alternativa.

Según la invención se propone un procedimiento para la alimentación de una corriente trifásica asimétrica en una red de tensión alterna trifásica según la reivindicación 1.

La invención se basa en el conocimiento de que un sistema de tensión alterna trifásica asimétrica se puede representar básicamente por una componente del sistema de secuencia positiva y una componente del sistema de secuencia negativa. Por la electrotecnia se conoce básicamente el método de las componentes simétricas, para efectuar un análisis simplificado de un error desbalanceado en un sistema de corriente trifásica, es decir, un sistema de corriente alterna trifásica. A este respecto, un sistema asimétrico de así denominados fasores se subdivide en sistemas de secuencia positiva, sistemas de secuencia negativa y sistemas de secuencia nula.

El sistema de secuencia positiva, que se puede designar también como componente del sistema de secuencia positiva, posee la misma dirección de giro que el sistema original. El sistema de secuencia negativa, que también se puede designar como componente del sistema de secuencia negativa, tiene una dirección opuesta respecto al sistema original. En un principio equilibra la desviación de los fasores por el desplazamiento de fase de 120º habitual. El sistema de secuencia positiva como tal y también el sistema de secuencia negativa como tal son cada vez simétricos en sí.

El sistema de secuencia cero designa un sistema, en el que todos los fasores presentan la misma dirección y la misma longitud. Este sistema de secuencia cero equilibra una desviación eventual de cero de la adición del sistema original. No obstante, en cuestión se ha reconocido que con frecuencia se puede prescindir de un sistema de secuencia cero o una componente del sistema de secuencia cero. En cualquier caso según una forma de realización se propone prescindir de un sistema de secuencia cero.

La teoría que sirve de base de las componentes simétricas se ha usado hasta ahora para analizar y describir un sistema trifásico asimétrico. Así se puede describir respectivamente el sistema de secuencia positiva y la componente del sistema de secuencia negativa mediante la magnitud y fase. Con estos valores es posible un análisis adicional.

Ahora se propone generar tanto un sistema de secuencia positiva como también un sistema de secuencia negativa y superponer los sistemas de secuencia positiva y secuencia negativa así generados formando el sistema asimétrico deseado a alimentar, a saber, en particular la corriente alterna trifásica asimétrica. La corriente total trifásica asimétrica así originada por la superposición se puede alimentar luego en la red de tensión alterna trifásica.

Ahora es posible generar un sistema de secuencia positiva simétrica con ayuda de un módulo inversor trifásico. Para este módulo inversor trifásico solo se plantea por ello una tarea estándar, a saber, una corriente alterna trifásica simétrica. Ya que este módulo inversor solo debe generar una corriente alterna trifásica simétrica, tampoco se producen problemas mediante una carga o sobrecarga asimétrica eventual de una rama del puente.

Otro módulo inversor puede generar un sistema de secuencia negativa. Para este módulo inversor solo se plante por ello una tarea estándar de generar una corriente alterna trifásica simétrica.

La superposición de este sistema de secuencia positiva y del sistema de secuencia negativa se puede realizar de forma sencilla, porque las fases correspondientes se conexionan respectivamente en un nodo común. Esto se puede realizar antes o después de la bobina de salida.

Los dos módulos inversores pueden presentar componentes comunes parcialmente. En particular en el caso respectivamente de uno módulo inversor que usa un circuito intermedio de tensión continua, para ambos módulos inversores se puede usar un circuito intermedio de tensión alterna común y correspondientemente también un rectificador común o varios rectificadores comunes para la alimentación de energía eléctrica en el circuito intermedio de tensión continua.

El ejemplo de un módulo inversor para el sistema de secuencia positiva y de un módulo inversor para el sistema de secuencia negativa es una forma de realización que también es apropiada adecuadamente para la explicación de una idea fundamental.

Según otra forma de realización se propone usar más de dos módulos inversores, a saber, un segundo módulo inversor al menos para el sistema de secuencia positiva o para el sistema de secuencia negativa. Preferentemente se usan muchos módulos inversores. Para la corriente alterna trifásica asimétrica a generar se calculan el sistema

de secuencia positiva necesario y el sistema de secuencia negativa necesario. Según la amplitud de los sistemas correspondientes se usan correspondientemente muchos módulos inversores para la generación del sistema de secuencia positiva y correspondientemente muchos módulos inversores para la generación del sistema de secuencia negativa. Así es posible usar varios módulos inversores igualmente dimensionados. La amplitud del sistema de secuencia positiva o del sistema de secuencia negativa solo se implementan entonces mediante el número de los módulos inversores usados, dimensionados igualmente. De este modo se puede conseguir esencialmente una división uniforme.

Correspondientemente el sistema de secuencia positiva correspondiente está compuesto por varios subsistemas de secuencia positiva y/o el sistema de secuencia negativa por varios subsistemas de secuencia negativa. Los subsistemas de secuencia positiva o los subsistemas de secuencia negativa se generan respectivamente mediante un módulo inversor y luego se superponen. En el caso de la superposición se pueden superponer en primer lugar los subsistemas de secuencia positiva formando el sistema de secuencia positiva y/o superponerse los subsistemas de secuencia negativa formando el sistema de secuencia negativa, a fin de superponerse entonces conjuntamente formando la corriente alterna trifásica asimétrica, o los subsistemas de secuencia positiva y subsistemas de secuencia negativa se superponen todos conjuntamente formando la corriente alterna trifásica asimétrica global a alimentar.

Preferentemente las fases y amplitudes correspondientes de los sistemas de secuencia positiva, eventualmente de los subsistemas de secuencia positiva, de los sistemas de secuencia negativa y/o eventualmente de los subsistemas de secuencia negativa se predeterminan mediante una unidad central común. Mediante una unidad central semejante se puede ajustar la corriente alterna trifásica asimétrica a alimentar por cálculo en los sistemas de secuencia positiva y sistemas de secuencia negativa a prever y a generar, eventualmente también en la subdivisión ulterior en los subsistemas de secuencia positiva o subsistemas de secuencia negativa. La unidad central – a la que se presenta habitualmente la información de los módulos inversores que están a disposición – puede efectuar por consiguiente una división global y de este modo ocuparse de que la corriente alterna trifásica asimétrica se componga en principio mediante una multiplicidad de componentes de corriente trifásica simétrica iguales. Preferentemente la unidad central tiene en cuenta en este caso la potencia activa total que está a disposición de los módulos inversores que están a disposición. En particular en el caso de alimentación de energía o potencia eléctrica producida por una instalación de energía eólica se puede detectar esta en la amplitud y realizarse correspondientemente la división de la corriente a generar.

Con un dispositivo preparado para ello también es posible sin más controlar una alimentación simétrica – es decir, una alimentación no según la invención –. En este caso solo se debe generar un sistema de secuencia positiva y no un sistema de secuencia negativa.

Preferentemente todos los subsistemas de secuencia positiva presentan las mismas fases y/o amplitudes y/o todos los subsistemas de secuencia negativa presentan por su lado las mismas fases y amplitudes.

Esto permite una división uniforme, mediante la que se minimizan las cargas eventuales de los componentes usados y por lo que se puede conseguir una simplificación tanto del cálculo como también de la generación.

Preferentemente se propone un procedimiento, que está caracterizado porque el sistema de secuencia positiva y el sistema de secuencia negativa se generan respectivamente mediante al menos un módulo inversor propio y/o una o la unidad de control central predetermina cuál o cuáles de los módulos inversores genera(n) un sistema de secuencia positivo y cuál o cuáles de los módulos inversores genera(n) un sistema de secuencia negativa.

Mediante la generación tanto del sistema de secuencia positiva como también del sistema de secuencia negativa respectivamente mediante al menos un módulo inversor propio se puede limitar cada módulo inversor a la generación de una corriente alterna trifásica simétrica. Preferentemente la unidad de control predetermina cuál o cuáles de los módulos inversores genera o generan un sistema de secuencia positiva y cuál o cuáles un sistema de secuencia negativa. Esto también significa que los módulos inversores usados no están fijados a la generación de un sistema de secuencia positiva o la generación de un sistema de secuencia negativa. Mejor dicho, en función de la necesidad, se puede usar respectivamente un número diferente de módulos inversores para la generación de un sistema de secuencia positiva y asimismo usar un número diferentes de módulos inversores para la generación de un sistema de secuencia negativa.

Preferentemente, en el caso de necesidad variable, se modifica un módulo inversor o varios módulos inversores en su uso. Por consiguiente un módulo inversor a modo de ejemplo puede generar en primer lugar un sistema de secuencia positiva y más tarde cambiar para la generación de un sistema de secuencia negativa o a la inversa.

Además, según la invención se propone un dispositivo para la alimentación de una corriente trifásica asimétrica en una red de tensión alterna trifásica según la reivindicación 6. Un dispositivo semejante comprende al menos un primer módulo inversor para la generación de un sistema de secuencia positiva de la corriente a alimentar y un segundo módulo inversor para la generación de un sistema de secuencia negativa de la corriente a alimentar. Los dos módulos inversores están acoplados de modo que se superpone el sistema de secuencia positiva con el sistema de secuencia negativa formando una corriente a alimentan, a saber, una corriente total a alimentar. Para ello los módulos inversores están conexionados correspondientemente en particular en su salida de corriente. Esto puede estar previsto antes o detrás de una bobina.

Preferentemente el primer módulo inversor se puede apoyar mediante otros módulos inversores en la generación del sistema de secuencia positiva y el segundo módulo inversor se puede apoyar en la generación del sistema de secuencia negativa por otros módulos inversores.

Preferentemente el al menos un primer módulo inversor y el al menos un segundo módulo inversor está acoplado a través de un circuito intermedio de tensión continua común, a fin de generar el sistema de secuencia positiva o sistema de secuencia negativa correspondiente a partir de la tensión continua del circuito intermedio de tensión continua común. En este sentido diferentes módulos inversores generan diferentes componentes de la corriente trifásica asimétrica a alimentar, pero usan una fuente común. En particular un circuito intermedio de tensión continua común semejante se puede alimentar por una fuente común, como por ejemplo una instalación fotovoltaica o una instalación de energía eólica o la corriente generada por un generador de una instalación de energía eólica. Además, esto tiene la ventaja de que las modificaciones respecto a la generación del sistema de secuencia positiva y del sistema de secuencia negativa quedan en principio sin repercusión para el circuito intermedio de tensión continua y por consiguiente la fuente alimentadora preconectada. Así también se puede dividir nuevamente al menos uno de los módulos inversores, a saber, generar un subsistema de secuencia positiva en lugar de un subsistema de secuencia negativa o a la inversa, sin que esto deba tener una repercusión sobre la fuente que alimenta el circuito intermedio de tensión continua.

Como una forma de realización preferida se produce por consiguiente que al menos uno del al menos primer módulo inversor y/o del al menos segundo módulo inversor está preparado para generar opcionalmente un sistema de secuencia positiva o una parte de él o un sistema de secuencia negativa o una parte de él.

Preferentemente se prevé un dispositivo que está caracterizado porque está prevista una unidad de control central para la predeterminación de los valores de consigna para la magnitud y fase para la generación del sistema de secuencia negativa o sistema de secuencia positiva correspondiente y/o para la determinación de cuál de los primeros y segundos módulos inversores se usa para la generación de un sistema de secuencia positiva y cuál para la generación de un sistema de secuencia negativa.

Por consiguiente se puede prever de manera sencilla y eficiente un dispositivo controlado conjuntamente, que facilite no obstante diferentes componentes de corriente que se superponen para la alimentación.

Preferentemente está previsto un sistema de bus de datos para la comunicación de los módulos inversores entre sí y eventualmente para la comunicación con la unidad de control central. De este modo, de manera sencilla se pueden intercambiar datos entre los módulos inversores individuales y la unidad de central, a fin de controlar las componentes individuales y conseguir un comportamiento global adaptado entre sí del dispositivo. Un sistema de bus de datos semejante también es ventajoso cuando está prevista una pluralidad de módulos inversores, que eventualmente no están alojados en una y la misma carcasa. Así pueden estar previstos, por ejemplo, una pluralidad de módulos inversores en el pie de torre de la instalación de energía eólica, que presentan un circuito intermedio de tensión continua común, en particular un circuito intermedio de tensión continua, que está configurado como así denominado carril colector. Si están previstas distancias entre los módulos inversores individuales, esto puede ser ventajoso para el enfriamiento mismo. En el caso del cambio o del mantenimiento de un módulo inversor también se puede separar este de manera sencilla del circuito intermedio de tensión continua y también separarse del bus de datos e insertarse en el lugar un módulo de sustitución o el módulo mantenido. Esto posibilita una estructura modular y no obstante un control central del dispositivo de alimentación global.

Un modo constructivo modular semejante también posibilita prever los mismos módulos inversores para dispositivos de alimentación que presentan diferentes potencias totales. Estas potencias totales diferentes – p. ej. para el uso en instalaciones de energía eólica de diferente tamaño – se pueden conseguir de manera sencilla mediante la previsión del número correspondiente de módulos inversores.

Preferentemente se propone una instalación de energía eólica con un dispositivo según la invención para la alimentación de una corriente trifásica asimétrica. Una instalación de energía eólica semejante presenta en particular un rotor con un buje de rotor y una o varias palas de rotor, para transformar el viento en un movimiento de rotación del rotor. Además, está previsto un generador eléctrico, en particular un generador síncrono con un rotor electromagnético, que se acciona por el rotor aerodinámico recién descrito, a fin de generar la corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica se usa para alimentarse en la red de tensión alterna después de la transformación correspondiente mediante el dispositivo para la alimentación. Para ello se puede rectificar, por ejemplo, la corriente generada por el generador y alimentarse a un circuito intermedio de tensión alterna, con el que están conectados los módulos inversores para efectuar la alimentación. Preferentemente el dispositivo está dispuesto en o sobre una torre de la instalación de energía eólica, sobre la que están dispuestos y se soportan el rotor y generador descrito.

Una ventaja especial del uso de una instalación de energía eólica con un dispositivo según la invención para la alimentación de una corriente trifásica asimétrica en una red de tensión alterna trifásica consiste en que en particular en las secciones descentralizadas de una tensión de red alterna pueden aparecer asimetrías. Mediante el uso de una instalación de energía eólica es posible erigir esta asimismo de forma descentralizada y de este modo contrarrestan de forma dirigida una asimetría en esta sección de red descentralizada.

Por lo demás también entra en consideración en este caso tomar energía eléctrica de una red de tensión alterna que presenta una asimetría y transformarla en una corriente trifásica asimétrica que contrarresta la simetría mencionada. Por consiguiente una misma instalación de energía eólica puede contribuir en el caso de calma, en caso de necesidad, a la simetrización de una asimetría en una red de tensión alterna.

La presente invención también está prevista en particular para aplicar los requisitos que se requieren por las directivas, como la directiva técnica “BDEW, Technische Richtlinie Erzeugungsanlage am Mittelspannungsnetz, Richtilinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz, Junio 2008 [BDEW (Asociación federal para la gestión del agua y energía), Directiva técnica de instalaciones de generación en la red de media tensión, Directiva para la conexión y funcionamiento en paralelo de instalaciones de generación en la red de media tensión, junio 2008]”. Asimismo la invención está prevista para trabajar conforme con las directivas de alimentación y aplicar en particular los requisitos más nuevos en la calidad de red de tales directivas. Esto también se refiere en particular al reglamento sobre las potencias de servicio de sistemas mediante instalaciones de energía eólica, 10 de julio de 2009.

Según una forma de realización, el dispositivo según la invención para la alimentación de una corriente trifásica asimétrica forma una unidad de generación o una parte de una unidad de generación en el sentido de la BDEW Directiva de media tensión.

A continuación la presente invención se explica más en detalle a modo de ejemplo mediante ejemplos de realización en referencia a las figuras adjuntas.

Figura 1 muestra esquemáticamente una estructura de una unidad de generación según la presente invención.

Fig. 2a a 2c explican la relación de una corriente alterna trifásica asimétrica (figura 2c) a partir del sistema de secuencia positiva (figura 2a) y sistema de secuencia negativa (figura 2b).

Figura 3 muestra esquemática un convertidor completo con varios módulos convertidores según la presente invención.

La unidad de generación 1 según la representación esquemática de la figura 1 comprende una sección de transformación de energía 2, que produce energía eléctrica a partir de otra forma de energía. Así, por ejemplo, mediante una instalación de energía eólica se puede convertir la energía del viento a través de un rotor aerodinámico y un generador eléctrico en corriente eléctrica. Entre el rotor aerodinámico y el generador eléctrico puede estar prevista una transmisión, en lo que no se entra en cuestión. Como otro ejemplo para la obtención de energía eléctrica de otra forma de energía se menciona una célula solar que puede producir energía eléctrica a partir de la radiación solar.

Está previsto un convertidor completo 4 para preparar esta energía eléctrica producida en la sección de transformación de energía 2 para la alimentación en la red eléctrica de tensión alterna. En principio toda la energía eléctrica producida mediante la sección de transformación de energía 2 se conduce a través de este convertidor completo 4, a fin de alimentarse en la red de tensión alterna. El convertidor completo genera en este caso según la invención al menos un sistema de secuencia positiva y al menos un sistema de secuencia negativa, que se

superponen en el punto de referencia 6 para alimentarse luego como corriente total asimétrica común en la red. Para ello está representado un bloque de alimentación de red 8 para la ilustración.

En el caso de unidades de generación, como la unidad de generación 1 con convertidor completo 4, el comportamiento de alimentación se caracteriza por el convertidor o convertidor completo. El tipo de la alimentación, por ejemplo, respecto a la potencia activa / reactiva y ángulo de fase se fija mediante la excitación en el convertidor de semiconductor de potencia obtenido. Una alimentación de potencia asimétrica se podría implementar mediante una alimentación de corriente asimétrica. En un caso semejante la corriente alimentada se compone según la invención por un sistema de secuencia positiva y uno de secuencia negativa, lo que conduce a una corriente total asimétrica de la unidad de generación.

La generación de la corriente alterna trifásica asimétrica a alimentar se explica mediante los diagramas de fasores en las figuras 2a a 2c. Por sencillez esta explicación tiene la base de una composición de una corriente total trifásica asimétrica a partir de un sistema de secuencia positiva y un sistema de secuencia negativa. El sistema de secuencia positiva está representado en la figura 2a. Muestra la amplitud y fase de las tres corrientes I_{L1m}, I_{L2m} y I_{L3m}. La frecuencia del circuito del sistema de fasores representado está especificada con ω. La frecuencia del circuito ω conduce a una secuencia de fases I_{L1m}, I_{L2m} e I_{L3m}. La fase entre las tres corrientes I_{L1m}, I_{L2m} e I_{L3m} es de respectivamente 120º o 240º. Las amplitudes de las tres corrientes I_{L1m}, I_{L2m} e I_{L3m} son iguales. En este sentido existe una corriente trifásica simétrica.

El sistema de secuencia negativa según la figura 2b muestra tres fasores para las tres corrientes I_{L1g}, I_{L3g} y I_{L2g}, que presentan igualmente un ángulo de fase de 120º o 240º, y que tienen respectivamente la misma amplitud. La frecuencia del circuito también se muestra para el sistema de secuencia negativa con ω. El sistema de secuencia negativa también es por consiguiente simétrico.

Por consiguiente se generan al menos dos corrientes trifásicas simétricas.

El sistema total se produce luego por la superposición del sistema de secuencia positiva y del sistema de secuencia negativa. Esto significa que se añaden respectivamente las corrientes de una fase de los dos sistemas. El sistema así superpuesto está representado en la figura 2c. Los fasores I_{L1}, I_{L2} e I_{L3} representan las tres corrientes de la corriente total trifásica, superpuesta asimétrica resultante. Correspondientemente el fasor I_{L1} se produce mediante la adición vectorial del fasor I_{L1m} del sistema de secuencia positiva según la figura 2a y I_{L1g} según el sistema de secuencia negativa de la figura 2b. Correspondientemente se añaden I_{L2m} e I_{L2g} formando I_{L2} y se añaden I_{L3m} e I_{L3g} formando I_{L3}. Esto está representado en la figura 2c. La revolución de este sistema global asimétrico también está dada por ω. La revolución ω es igual para el sistema de secuencia positiva según la figura 2, el sistema de secuencia negativa según la figura 2b y la corriente total según la figura 2.

Por la figura 2c se puede reconocer por consiguiente que se produce una corriente total asimétrica trifásica a partir de la superposición de dos corrientes simétricas trifásicas.

Para generar una corriente total I_{L1}, I_{L2} e I_{L3} representada en la figura 2c, un convertidor completo no construido de forma modular, que tiene a disposición por ejemplo un puente inversor por fase, en el caso de una alimentación de una corriente asimétrica debe permitir una excitación asimétrica de sus válvulas, en particular interruptores de semiconductor. Pero también en el caso de un convertidor completo construido de forma modular, que presenta varios módulos inversores que generan cada uno por sí una corriente trifásica, se puede generar una corriente total asimétrica, en tanto que cada módulo inversor genera una corriente parcial asimétrica y todas las corrientes parciales asimétricas generadas se superponen formando la corriente total asimétrica. En particular cada módulo inversor podría generar una corriente parcial asimétrica, que en la fase y posición de fase se corresponde con la corriente total asimétrica, pero presenta amplitudes más pequeñas.

No obstante, en el caso de un convertidor completo construido de forma modular, no es necesaria una excitación asimétrica de las válvulas o interruptores de semiconductor. Cada módulo convertidor puede alimentar en lugar de ello una corriente simétrica, en tanto que la alimentación de corriente total no se divide de forma uniforme en los módulos convertidores. Mejor dicho la invención prevé fijar una característica de alimentación, con la que según la asimetría requerida un número determinado de módulos convertidores alimenta un sistema de secuencia positiva pura, es decir, una corriente del sistema de sistema de secuencia positiva pura, es decir, una corriente trifásica según la figura 2a, mientras que los módulos restantes alimentan un sistema de secuencia negativa puro, es decir, una corriente del sistema de secuencia negativa pura, es decir, una corriente trifásica según la figura 2b. Una división semejante está ilustrada en la figura 3. Los módulos convertidores mostrados forman los módulos inversores, según se describe arriba, o los módulos convertidores también se pueden designar como módulos

inversores.

La figura 3 muestra un circuito intermedio de tensión continua común Zk, con el que están conectados una pluralidad de módulos convertidores M1, M2 a Mk y Mk+1 hasta Mn. Estos módulos convertidores M1 a Mn forman un convertidor en el sentido de un convertidor completo 4 según la figura 1. Los módulos convertidores M1 a Mk generan respectivamente un sistema de secuencia positiva, es decir, una corriente del sistema de secuencia positiva. Los módulos convertidores restante Mk+1 a Mn generan respectivamente un sistema de secuencia negativa, es decir, una corriente del sistema de secuencia negativa según la figura 2b. Las corrientes así generadas se superponen en el punto de referencia 6 o anteriormente y luego, según se ilustra por el bloque 8, se alimentan a la red de tensión alterna. Correspondientemente la superposición en el punto de referencia de la unidad de generación conduce a una corriente total asimétrica.

Según el procedimiento y por consiguiente según la forma de realización seleccionada, los módulos convertidores se excitan en grupos, a saber, un así denominado grupo del sistema de secuencia positiva y un así denominado grupo del sistema de secuencia negativa, siendo idénticas las amplitudes y posición de fase de las corrientes de módulo correspondientes dentro de un grupo, o se realiza una excitación de cada módulo individual. En este segundo caso se pueden diferenciar amplitudes y posición de fase de módulo convertidor a módulo convertidor.

En particular cuando los módulos convertidores se excitan en grupos y está prevista una unidad de control central, que asume la excitación de grupos y eventualmente también la división de grupos, es posible una división esencialmente uniforme de la potencia a alimentar en conjunto respecto a todos los módulos M1 a Mn, en tanto que esto es posible mediante el número presente de los módulos convertidores M1 a Mn.

La especificación de la corriente trifásica asimétrica a alimentar se puede realizar mediante entradas externas, por ejemplo, a través del operador de red de la red de tensión alterna, o la unidad de generación y/o unidad de control central a usar detecta una asimetría en la red de tensión alterna y calcula automáticamente una corriente asimétrica a alimentar para contrarrestar la asimetría detectada en la red.

Ventajosamente se usa una unidad de generación con una instalación de energía eólica. Es ventajoso usar una instalación de energía eólica, que es variable en la velocidad de giro y usa un generador síncrono. El generador síncrono genera durante el funcionamiento una corriente eléctrica, que se rectifica y usa para la alimentación de un circuito intermedio de tensión continua, como el circuito intermedio de tensión continua Zk de la figura 3. De este modo se puede desacoplar una regulación de la velocidad de giro de la instalación de energía eólica esencialmente de la alimentación en la red eléctrica de tensión alterna. Con el circuito intermedio están conectados una multiplicidad de módulos inversores, que pueden acceder a la energía en el circuito intermedio y, como se ha descrito, pueden generar corrientes del sistema de secuencia positiva y corrientes del sistema de secuencia negativa para la superposición formando la corriente total asimétrica.

Si varios módulos convertidores, como por ejemplo los módulos convertidores M1 a Mk, generan una corriente del sistema de secuencia positiva, entonces la corriente generada respectivamente por un módulo se puede designar como subsistema de secuencia positiva o corriente del subsistema de secuencia positiva. Correspondientemente, cuando varios módulos convertidores, como los módulos convertidores Mk1 a Mn generan una corriente del sistema de secuencia negativa, la corriente del sistema de secuencia negativa generada por cada módulo convertidor se puede designar como subsistema de secuencia negativa o corriente del subsistema de secuencia negativa.

La presente invención se puede aplicar por consiguiente en el campo del control del convertidor. Preferentemente se usa un convertidor construido de forma modular, en el que los módulos convertidores se pueden excitar individualmente o en grupos. La invención también se aplica en el cumplimiento de las directivas de conexión de red, en particular en el marco de la alimentación de energía eléctrica en la red pública, a saber, en la red pública de tensión alterna.

La finalidad es implementar una alimentación asimétrica de una unidad de generación (EZE). Una unidad de generación semejante también comprende entre otros un convertidor completo construido de forma modular, a través del que se realiza la alimentación a la red. A este respecto, la presente invención se usa para estabilizar la red en el caso de tensiones de red asimétricas con una potencia eléctrica asimétrica.

Un procedimiento, en el que cada módulo convertidor alimenta de forma asimétrica, conduce a una carga asimétrica de los medios de explotación. Precisamente para convertidores optimizados en la alimentación simétrica es desfavorable, posiblemente incluso imposible o inadmisible una alimentación asimétrica, cuando anteriormente no se dimensionan nuevamente los componentes relevantes. En otras palabras, se debe concebir un inversor

completamente nuevo. En la solución propuesta, cada módulo convertidor alimenta en sí corriente simétrica. Para los componentes no se produce por consiguiente – en cualquier caso con vistas a la carga – ninguna diferencia respecto al funcionamiento normal, que existe cuando se alimenta en conjunto de forma simétrica.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la alimentación de una corriente trifásica asimétrica en una red de tensión alterna trifásica mediante una instalación de energía eólica, que comprende las etapas:

- generación de una componente del sistema de secuencia positiva de la corriente a alimentar,

- generación de una componente del sistema de secuencia negativa de la corriente a alimentar,

- superposición de la componente del sistema de secuencia positiva y de la componente del sistema de secuencia negativa formando la corriente a alimentar y alimentación de la corriente así compuesta en la red de tensión alterna trifásica, **caracterizado porque**

la componente del sistema de secuencia positiva y la componente del sistema de secuencia negativa se generan a partir de una tensión continua de un circuito intermedio de tensión continua común, alimentándose el circuito intermedio de tensión continua común por una corriente generada por una instalación de energía eólica,

generándose la componente del sistema de secuencia positiva y la componente del sistema de secuencia negativa respectivamente por al menos un módulo inversor propio y predeterminando una unidad de control central, cuál o cuáles de los módulos inversores genera(n) una componente del sistema de secuencia positiva y cuál o cuáles de los módulos inversores genera(n) una componente del sistema de secuencia negativa.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la componente del sistema de secuencia positiva está compuesta a partir de varias componentes del subsistema de secuencia positiva y/o la componente del sistema de secuencia negativa está compuesta a partir de varias componentes del subsistema de secuencia negativa.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las fases y amplitudes correspondientes de la componente del sistema de secuencia positiva, eventualmente de la componente del subsistema de secuencia positiva, de la componente del sistema de secuencia negativa y/o eventualmente de la componente del subsistema de secuencia negativa se predeterminan por una unidad central común.

4. Procedimiento según la reivindicación 2 o 3, **caracterizado porque** cada una de las componentes del subsistema de secuencia positiva presentan las mismas fases y/o mismas amplitudes y/o **porque** cada una de las componentes del subsistema de secuencia negativa presentan las mismas fases y/o mismas amplitudes.

5. Dispositivo para la alimentación de una corriente trifásica asimétrica en una red de tensión alterna trifásica mediante una instalación de energía eólica, que comprende:

- al menos un primer módulo inversor para la generación de una componente del sistema de secuencia positiva de la corriente a alimentar,

- al menos un segundo módulo inversor para la generación de una componente del sistema de secuencia negativa de la corriente a alimentar,

y el al menos un primer módulo inversor y el al menos un segundo módulo inversor están acoplados de modo que la componente del sistema de secuencia positiva se superpone con la componente del sistema de secuencia negativa formando la corriente a alimentar, **caracterizado porque**

el al menos un primer módulo inversor y el al menos un segundo módulo inversor están acoplados a través de un circuito intermedio de tensión continua común, para generar la componente del sistema de secuencia positiva o componente del sistema de secuencia negativa correspondiente a partir de la tensión continua del circuito intermedio de tensión continua común, alimentándose el circuito intermedio de tensión continua común por una corriente generada por la instalación de energía eólica,

estando preparado al menos uno del al menos un primer módulo inversor y/o del al menos un segundo módulo inversor para generar opcionalmente una componente del sistema de secuencia positiva o una parte de ella o una componente del sistema de secuencia negativa o una parte de ella, y

estando prevista una unidad de control central para la determinación de cuál del primer y segundo módulo inversor

se usa para la generación de una componente del sistema de secuencia positiva y cuál para la generación de una componente del sistema de secuencia negativa.

6. Dispositivo según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la unidad de control central está prevista para la predeterminación de valores de consigna para la magnitud y fase para la generación de la componente del sistema de secuencia negativa o componente del sistema de secuencia positiva correspondiente.

7. Dispositivo según la reivindicación 5 o 6, **caracterizado porque** está previsto un sistema de bus de datos para la comunicación de los módulos inversores entre sí y eventualmente para la comunicación con la unidad de control central.

8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado porque** se usa un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4.

9. Instalación de energía eólica con un dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 8.

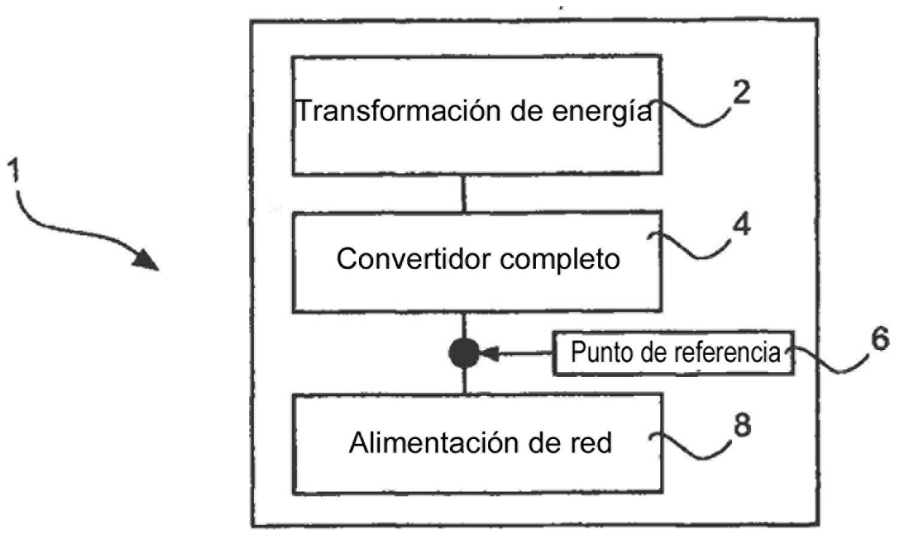

Fig. 1

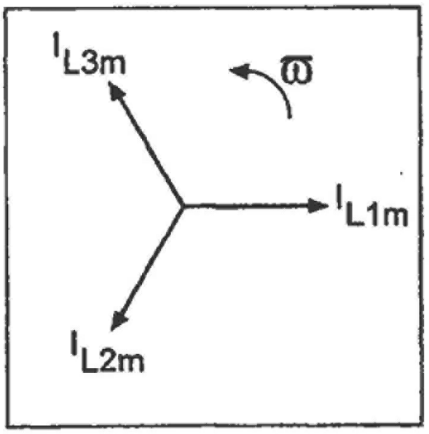

Fig. 2a

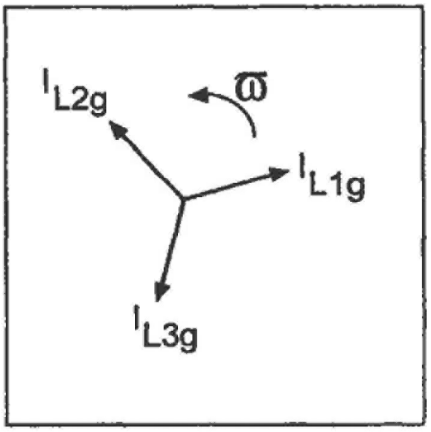

Fig. 2b

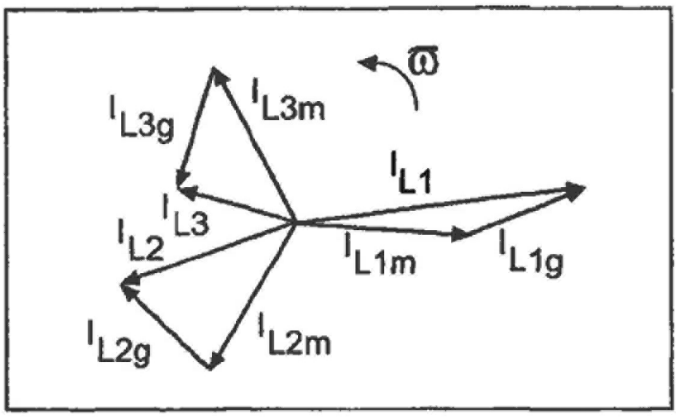

Fig. 2c

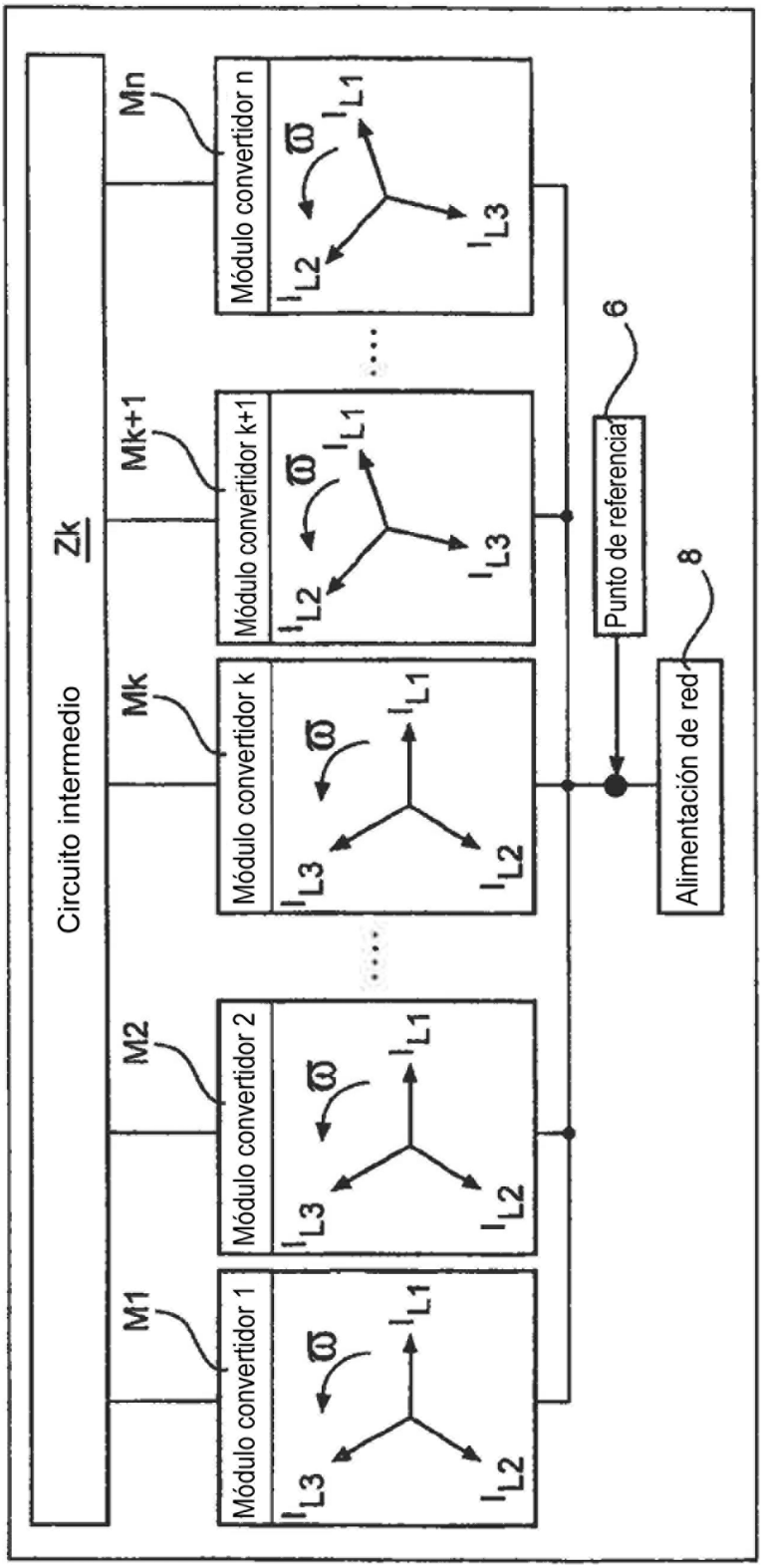
Circuito intermedio
Zk
M1
M2
Mk
Mk+1
Mn
Módulo convertidor 1
Módulo convertidor 2
Módulo convertidor k
Módulo convertidor k+1
Módulo convertidor n
ϖ
I_{L1}
I_{L2}
I_{L3}
6
Punto de referencia
8
Alimentación de red

Fig. 3