

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 427 793**

51 Int. Cl.:

H02M 7/48

(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2010** **E 10005279 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2013** **EP 2388904**

54 Título: **Circuito inversor trifásico y procedimiento de funcionamiento de un circuito inversor trifásico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.11.2013

73 Titular/es:

FECON GMBH (100.0%)
Eckernförder Landstrasse 78
24941 Flensburg, DE

72 Inventor/es:

REXILIUS, STEPHAN

74 Agente/Representante:

DE PABLOS RIBA, Juan Ramón

ES 2 427 793 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).

D E S C R I P C I Ó N

**CIRCUITO INVERSOR TRIFÁSICO Y PROCEDIMIENTO DE FUNCIONAMIENTO DE
UN CIRCUITO INVERSOR TRIFÁSICO**

5

La invención se refiere a un circuito inversor trifásico que incluye un inversor que comprende una pluralidad de interruptores de alimentación controlable, y un dispositivo de control electrónico adaptado para controlar los interruptores de alimentación. La invención se refiere adicionalmente a un procedimiento de funcionamiento de un circuito inversor trifásico.

15

Se conoce un circuito inversor de este tipo, por ejemplo, a partir del documento WO 03 065567 A1. Se usan circuitos inversores trifásicos, por ejemplo, en disposiciones de circuitos para suministrar corriente desde plantas de energía renovable, en particular, plantas eólicas, plantas fotovoltaicas y celdas de combustible, a una red trifásica. El suministro de corriente reactiva en una fase como resultado de una caída de tensión desequilibrada puede conducir a un aumento de la tensión no deseado hasta más del 110% de la tensión convencional en las fases sin caída de tensión.

25

El documento WO 2005 031160 A2 y el documento publicado posteriormente EP 2 202 862 A1, desvelan procedimientos para controlar una planta eólica, en la que la potencia reactiva se suministra al sistema de alimentación dependiente de una caída de tensión en el sistema de suministro de energía.

30

Es el objeto de la invención proporcionar un circuito inversor trifásico y un procedimiento, en el que un aumento de la tensión de hasta más del 110% de la tensión convencional en las fases sin caída de tensión puede impedirse con medios sencillos.

35

La invención resuelve este objeto con las características de las reivindicaciones independientes. El suministro y/o extracción de

forma adecuada de una corriente activa en al menos una fase sin caída de tensión puede contrarrestar un aumento de tensión en las fases sin caída de tensión y, en particular, puede impedir su aumento hasta más del 110%.

5

Preferiblemente, se suministra una corriente activa en una fase sin caída de tensión, mientras que en la otra sin caída de tensión se extrae una corriente activa, con el fin de contrarrestar la generación de potencia activa adicional. De forma ideal, la cantidad de las corrientes activas suministradas y extraídas en las fases sin caída de tensión son sustancialmente equivalentes, de manera que el sistema muestra un comportamiento neutro general con respecto a la potencia activa.

En una realización particularmente preferida de la invención, las corrientes activas fijadas en las fases sin caída de tensión se calculan de tal forma que la suma de las corrientes en todas las fases ascienda totalmente a cero. Por lo tanto, es posible cumplir con los requisitos con respecto al aumento de tensión máximo en las fases intactas sin medidas adicionales, como por ejemplo, una línea de compensación de corriente entre el lado de tensión CC y el lado de tensión CA. A este respecto, la invención ha determinado que no se requiere un control individual de las fases individuales para cumplir con todos los requisitos que se han mencionado anteriormente.

Puesto que la tensión de la fase afectada por un cortocircuito puede caer en tan gran medida que la posición del vector de tensión correspondiente ya no pueda determinarse con la precisión suficiente, al menos bajo dichas circunstancias el vector de tensión de la fase con caída de tensión se calcula preferiblemente con una precisión básicamente superior a partir de los vectores de tensión medidos de las fases restantes.

A continuación, la invención se describe en más detalle en base a realizaciones preferidas que hacen referencia a las figuras

adjuntas, en las que:

La figura 1 muestra un circuito inversor de acuerdo con la invención; la figura 2a, 2b muestra diagramas fasoriales para el lado D o el lado Y del transformador DY de la figura 1 en el caso de una caída de tensión en una fase; la figura 3 muestra un diagrama fasorial que ilustra el control de corriente de acuerdo con la invención; y la figura 4 muestra una aplicación del circuito inversor de acuerdo con la invención en una disposición de circuito para suministrar corriente desde una planta de energía eólica a una red trifásica.

El circuito inversor 10 incluye un circuito CC intermedio 11, un inversor 12, un filtro 14, un transformación de media tensión 15 y un dispositivo de control electrónico 13, por ejemplo, un procesador de señales digitales DSP. En un modo *per se*, el inversor 12 para cada fase 16a, 16b, 16c del lado de tensión CA 17 incluye una cascada respectiva 17a, 17b, 17c, cada una de las cuales comprende dos interruptores de alimentación 18, en particular transistores de potencia, por ejemplo IGBT.

La corriente trifásica se suaviza en el lado de tensión CA 17 usando el filtro 14 y después puede transformarse en una tensión deseada usando el transformador de tensión CA 15. El filtro 14 puede estar diseñado como un inductor o como un transformador. El transformador de tensión CA 15 puede seleccionarse adecuadamente dependiendo de la aplicación. Para suministrar corriente a una red de media tensión, el transformador 15 puede estar diseñado, por ejemplo, como un transformador de media tensión DY.

Los interruptores de alimentación 18 se controlan usando el dispositivo de control electrónico 13, en particular por medio de control por modulación por ancho de pulsos. Las tensiones de alimentación se miden en el lado de tensión CA 17 del inversor 12, preferiblemente entre el filtro 14 y el transformador de media tensión 15, y se suministran junto con el potencial de tierra a

través de las líneas correspondientes 19 hasta el dispositivo de control 13 como se miden las señales de tensión. Las corrientes en las fases individuales se miden sobre el lado de tensión CA 17, preferiblemente entre el inversor 12 y el filtro 14, usando los dispositivos medidores de corriente correspondientes 20 y se suministran a través de las líneas correspondientes 21 hasta el dispositivo de control 13 como se miden las señales de corriente. El dispositivo de control 13 calcula las corrientes fijadas de las tensiones y corrientes medidas. En base a las corrientes fijadas y las corrientes medidas, el dispositivo de control 13 determina las señales de control para los interruptores de alimentación 18 y los controla de forma correspondiente.

La figura 2a muestra un diagrama fasorial para el lado D 22 del transformador 15 de la figura 1 en el caso de una caída de tensión, aquí, por ejemplo, de la tensión U_{L23} , por ejemplo al 40%. La figura 2b muestra un diagrama fasorial correspondiente para el lado Y 23 del transformador 15. En el presente ejemplo, la tensión U_{L2N} cae extremadamente, concretamente al 50%, mientras que cada una de las tensiones U_{L1N} y U_{L3N} se reduce sólo un poco en aproximadamente el 9%.

Para contrarrestar la caída de tensión mostrada en las figuras 2a, 2b, se realiza un control de corriente, que a continuación se explicará en detalle en base a la figura 3, por el dispositivo de control 13. En primer lugar, el vector de tensión caída U_{L2N} se calcula a partir de los vectores de tensión intactos medidos U_{L1N} y U_{L3N} . Esto permite una determinación significativamente más exacta del vector de tensión caída U_{L2N} en comparación con una medida directa de U_{L2N} , en particular en el caso de una caída de tensión completa o esencialmente completa.

El control de corriente proporciona una corriente reactiva I_{L2} que se suministrará únicamente en la fase afectada U_{L2N} . Para este fin, el dispositivo de control 13 calcula una corriente reactiva fijada I_{L2} que asciende preferiblemente a al menos el 40% de la corriente

nominal, que se suministrará únicamente en la fase afectada U_{L2N} . Sin embargo, en las fases U_{L1N} y U_{L3N} , que no están afectadas, la corriente activa se extrae y se suministra, respectivamente. Más precisamente, en una de las fases intactas, aquí en la fase U_{L1N} ,
 5 se suministra una corriente activa I_{L1} , y en la otra fase intacta, aquí en la fase U_{L3N} , se extra una corriente activa I_{L3} , siendo la cantidad de las corrientes activas I_{L1} y I_{L3} preferiblemente igual, de manera que el balance de potencia activa total sea cero. La cantidad de la corriente activa suministrada y extraída I_{L1} , I_{L3}
 10 depende de la profundidad de la caída de tensión en la fase afectada U_{L2N} , sin embargo, en cualquier caso, es menor que la nominal corriente activa.

Al aplicar de forma práctica el procedimiento anterior, en primer
 15 lugar una de las corrientes activas fijadas I_{L1} (I_{L3}) se calcula en el dispositivo de control 13 de tal manera que la tensión en la fase correspondiente U_{L1N} (U_{L3N}) no aumente hasta más del 110% con respecto a condiciones normales. Después, la otra corriente activa fijada I_{L3} (I_{L1}) se calcula usando la ley de corrientes de Kirchhoff
 20 que conduce a una corriente activa que tiene la misma cantidad, de manera que también en la otra fase intacta U_{L3N} (U_{L1N}) la tensión no aumente hasta más del 110% con respecto a condiciones normales. Después, las corrientes activas fijadas determinadas I_{L1} , I_{L1} , I_{L3} se suministran a la red de tensión CA controlando los
 25 interruptores de alimentación 18 de forma correspondiente.

Únicamente es posible emplear la ley de corrientes de Kirchhoff de la manera descrita, ya que el punto neutro 24 del transformador 15 no está conectado al circuito intermedio 11, según sea necesario
 30 para un control de corriente de fase individual para permitir una compensación de corriente entre el lado de tensión CC 25 y el lado de tensión CA 17 del inversor 12. En comparación con un control de corriente de fase individual, por lo tanto, el circuito inversor 10 se caracteriza por el punto neutro 24 del transformador 15 que
 35 se mantiene a un potencial fijo, en particular, un potencial de tierra; y el circuito CC intermedio 11 no tiene una conexión

adicional al lado de tensión CA 17 del inversor 12 de manera que pueda desecharse una línea de compensación de corriente correspondiente.

5 El circuito CC intermedio 11 puede conectarse a una fuente de energía CC, por ejemplo, una planta para generar energía renovable. Una aplicación de este tipo se muestra, por ejemplo, en la figura 4 en forma de una planta eólica 26 con velocidad variable, incluyendo un rotor 27, una caja de transmisión 28, un
10 generador síncrono 29, un rectificador controlado 30 que está conectado al circuito inversor 10 de acuerdo con la figura 1 de manera que el rectificador 30 y el inversor 12 formen un convertidor de frecuencia 31. Sin embargo, la invención no se limita a esta aplicación. Son realizaciones adicionalmente
15 preferidas plantas fotovoltaicas, células de combustible u otras fuentes de energía CC. Además, el circuito inversor 10 también puede funcionar a la inversa, si, en lugar de una fuente de energía CC 27-30, se conecta un consumidor de energía CC en el lado de tensión CC 25 del inversor 12. Finalmente, el inversor 12
20 de acuerdo con la figura 1 también puede funcionar en el circuito intermedio 11 sin la conexión de una fuente de energía CC o un sumidero de corriente CC en el lado de tensión CC 25 y, por lo tanto, puede conectarse a una red trifásica a través del transformador 15 de forma autárquica.

25

El control de corriente del circuito inversor 10 se ha descrito anteriormente para el caso de que la tensión caiga significativamente únicamente en una fase. Esta descripción puede transferirse por consiguiente a un control de corriente del
30 circuito inversor 10 de acuerdo con la invención para el caso de una caída de tensión en una pluralidad de fases.

R E I V I N D I C A C I O N E S

1. Circuito inversor trifásico (10), que incluye un inversor (12) que comprende una pluralidad de interruptores de alimentación controlable (18), y un dispositivo de control electrónico (13) adaptado para controlar los interruptores de alimentación (18), caracterizado porque el dispositivo de control (13) en el caso de una caída de tensión medida en una fase está adaptado para suministrar una corriente reactiva únicamente sobre la fase con caída de tensión y para suministrar y/o extraer una corriente activa en al menos una fase sin caída de tensión.
2. Circuito inversor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que en una de las fases sin caída de tensión se suministra una corriente activa, y en otra de las fases sin caída de tensión se extrae una corriente activa.
3. Circuito inversor de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la cantidad de las corrientes activas suministradas y extraídas en las fases sin caída de tensión son sustancialmente equivalentes.
4. Circuito inversor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las corrientes activas fijadas en las fases sin caída de tensión se calculan de tal forma que la suma de las corrientes en todas las fases ascienda totalmente a cero.
5. Circuito inversor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el vector de tensión de la fase con caída de tensión se calcula a partir de los vectores de tensión medidos de las fases restantes.
6. Circuito inversor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que no se proporciona una compensación de corriente separada entre un lado de tensión CC

(25) y un lado de tensión CA (17) del circuito inversor (12).

7. Circuito inversor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, incluyendo al menos un transformador de tensión CA (15) sobre el lado de tensión CA.

8. Circuito inversor de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el punto neutro (24) del transformador de tensión CA (15) denominado como transformador DY se ajusta a un potencial fijo, en particular potencial de tierra.

9. Circuito inversor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye al menos un circuito CC intermedio (11) sobre el lado de tensión CC (25).

10. Circuito inversor de acuerdo con la reivindicación 9, en el que aparte del inversor (12) y, cuando sea aplicable, un rectificador (30) no se conecta ninguna fuente de corriente o sumidero de corriente adicional al circuito intermedio (11).

11. Circuito inversor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dispositivo medidor de corriente (20) se proporciona entre el inversor (12) y un filtro (14) para suavizar la corriente sobre el lado de tensión CA (17).

12. Conversor de frecuencia (31) que comprende un circuito rectificador (30) y un circuito inversor (12) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

13. Procedimiento de funcionamiento de un circuito inversor trifásico (10), incluyendo control por modulación por ancho de pulsos de una pluralidad de interruptores de alimentación controlable (18), caracterizado porque en el caso de una caída de tensión medida en una fase a corriente reactiva se suministra únicamente sobre la fase con caída de tensión y se suministra o se extrae una corriente activa en al menos una fase sin caída de tensión.

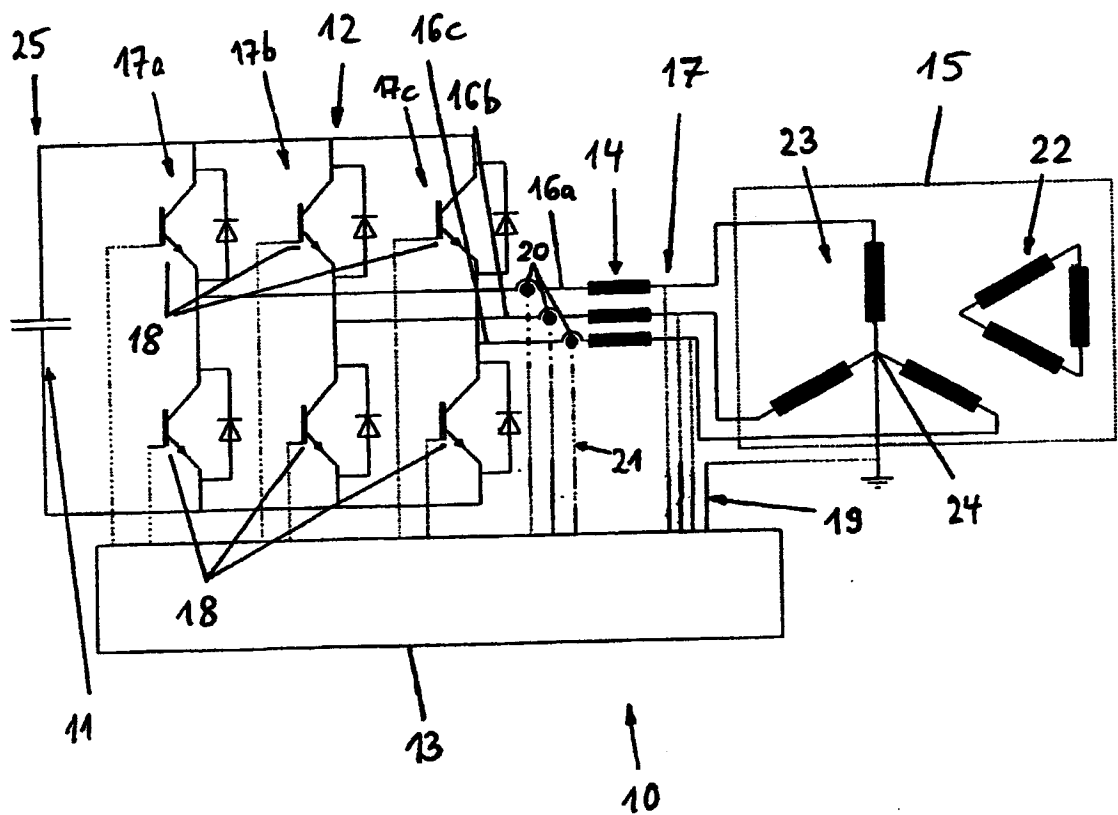


Fig. 1

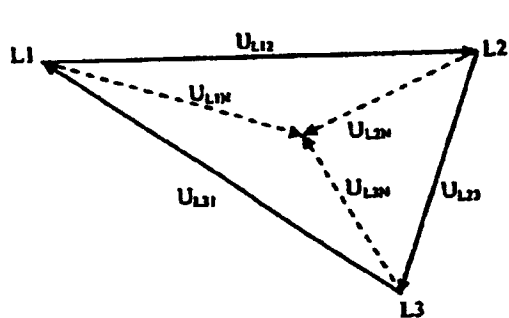


Fig. 2a

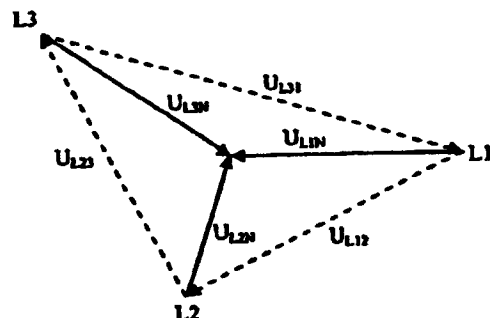


Fig. 2b

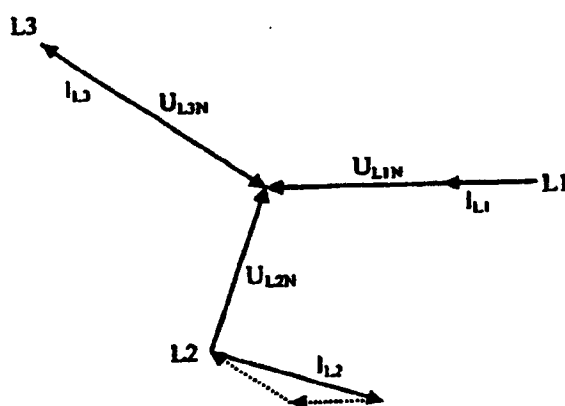


Fig. 3

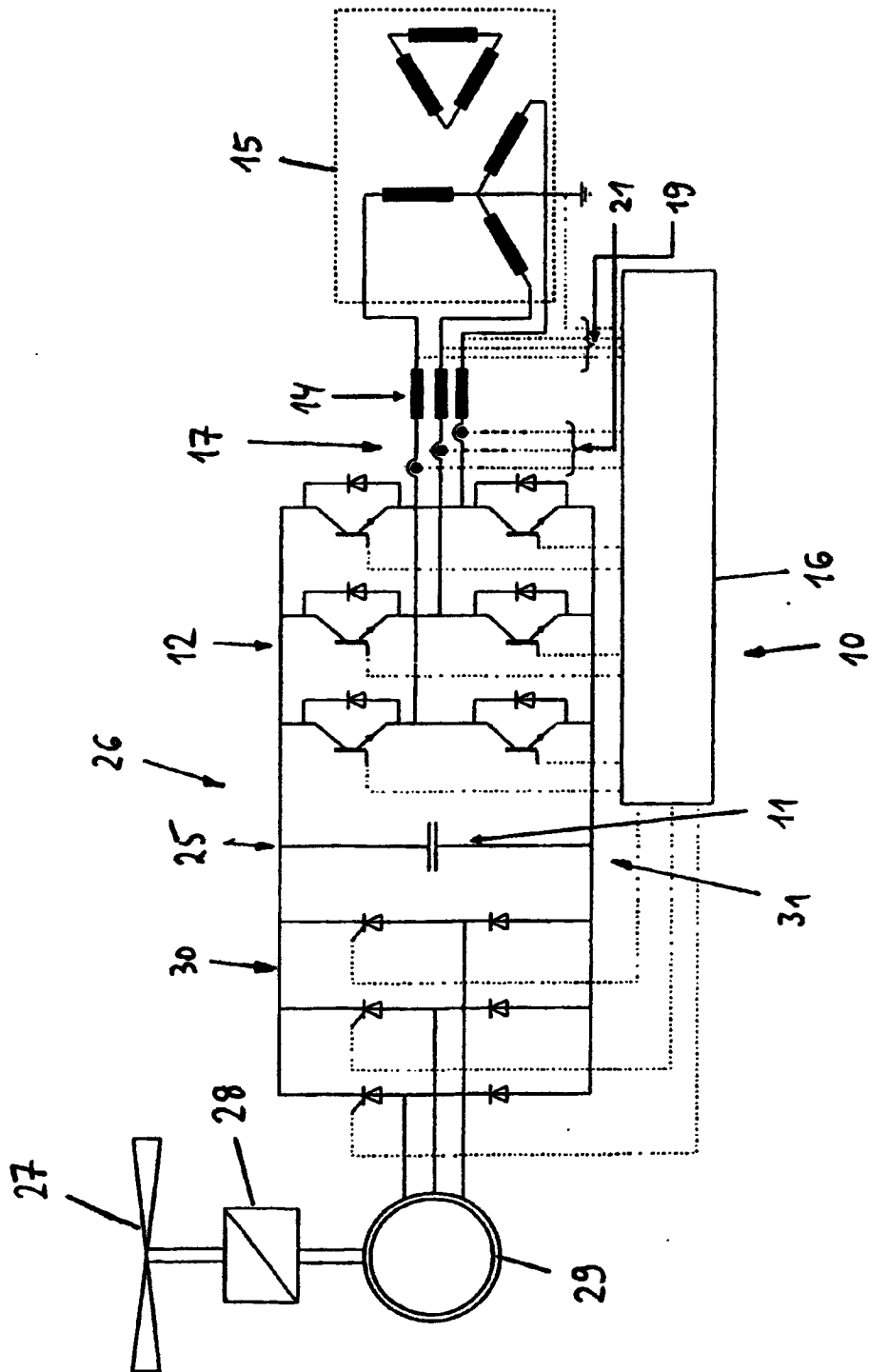


Fig. 4