



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 318 555**

51 Int. Cl.:

H02M 7/48 (2007.01)

H02M 7/538 (2007.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05800391 .4**

96 Fecha de presentación : **24.10.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1861914**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.12.2007**

54 Título: **Inversor.**

73 Titular/es: **Conergy AG.**
Anckelmannsplatz 1
20537 Hamburg, DE

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2009

72 Inventor/es: **Knaup, Peter**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2009

74 Agente: **Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 318 555 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

Inversor.

- 5 La invención se refiere a un inversor para convertir una tensión de CC a una tensión de CA que tiene una o más fases. La invención también se refiere a un sistema de energía solar que comprende un inversor y un generador solar.

10 Los inversores son ampliamente conocidos. Se usan, por ejemplo, para alimentar energía generada por un generador fotovoltaico, y disponible en forma de corriente y tensión continuas, a una red de suministro de CA tal como la red europea de suministro eléctrico o a una red de suministro aislada en forma de una corriente y tensión alternas. Esta alimentación de redes de suministro puede ser monofásica o polifásica y, específicamente, trifásica. Un inversor diseñado para esta finalidad tiene un circuito de CC intermedio al cual se le suministra en forma de una tensión de CC la energía que va a alimentarse a la red de suministro.

- 15 Un subcircuito está conectado al circuito de CC intermedio para cada fase de la tensión de CA que va a generarse. En un “puente completo”, cada subcircuito tiene un primer y un segundo terminal de CA a los cuales se les suministra la tensión del circuito intermedio con diferentes anchuras de impulso y polaridad variable. El resultado es una señal de tensión pulsada entre el primer y el segundo terminal de CA. Conectando una o una pluralidad de bobinas, se produce una corriente aproximadamente sinusoidal a partir de la señal de tensión de CA pulsada si se selecciona el impulso apropiado. La frecuencia de la tensión pulsada es normalmente muchas veces mayor que la frecuencia de la corriente aproximadamente sinusoidal.

25 Una desventaja de tal técnica anterior es que se producen impulsos de tensión negativa durante una semionda positiva de la corriente, y que se producen impulsos de tensión positiva durante una fase negativa de la corriente, dando esto como resultado una potencia reactiva que provoca pérdidas de potencia en el inversor. Otro inconveniente es que la tensión pulsada aplicada a las bobinas de choque previstas entre los terminales de conexión de CA y la red de suministro eléctrico que está alimentándose oscila, por niveles, hasta la tensión del circuito de CC intermedio. Las bobinas de choque deben diseñarse con un tamaño correspondientemente grande. En los “puentes completos”, en particular cuando el inversor se usa para generadores fotovoltaicos, es desventajoso que la conmutación necesaria para generar los impulsos de tensión dé como resultado un desplazamiento de potencial a tierra que es además irregular. Los generadores fotovoltaicos tienen generalmente un acoplamiento de alta capacidad a tierra debido a su gran área. Como resultado de los desplazamientos de potencial mencionados anteriormente, en particular saltos de potencial, se escapan a tierra corrientes de fuga debido al acoplamiento capacitivo.

- 35 Para eliminar o al menos mitigar los problemas mencionados anteriormente, existe un inversor conocido en el que se divide el circuito de CC intermedio con un punto central puesto a tierra y un circuito de tres puntos tal como se muestra en la figura 1. La tensión continua en el circuito intermedio (U_{CC}) se divide en dos mitades, una mitad con una tensión positiva y la otra mitad con una tensión negativa a tierra ($+\frac{1}{2} U_{CC}$ y $-\frac{1}{2} U_{CC}$). También hay un sólo nodo de CA en el que se genera una tensión pulsada a tierra. Para un conjunto de valores establecidos para la semionda positiva, la tensión positiva del circuito de CC intermedio se pulsa mediante los interruptores SA y SB al nodo A de CA dispuesto entre los interruptores SB y SC. De manera correspondiente, la tensión negativa del circuito de CC intermedio se pulsa mediante los interruptores SC y SD al nodo A de CA para una semionda negativa.

45 Para una semionda positiva, esto significa en detalle que la tensión positiva del circuito intermedio se pulsa al nodo A de CA mediante el interruptor SA. Cuando esto sucede, el interruptor SB está en la posición cerrada. La señal de tensión pulsada da lugar a una corriente continua parcialmente positiva en la bobina de choque DRA, tal corriente positiva fluyendo desde el lado positivo del circuito intermedio pasando por los interruptores SA y SB a través del nodo A de CA y pasando por la bobina de choque D hasta la red de distribución. Sin embargo, esta trayectoria de corriente se interrumpe abriendo el interruptor SA para la generación de impulsos. En este momento, la corriente que todavía está dirigiéndose a través de la bobina de choque D puede continuar fluyendo desde la conexión E a tierra común a través del diodo DE y el interruptor SB. Para generar una semionda de tensión negativa, ambos interruptores SA y SB están abiertos y la tensión negativa del circuito de CC intermedio se pulsa mediante los interruptores SC y SD al nodo A de CA. El interruptor SB debe estar abierto en este último caso, ya que de lo contrario una tensión negativa en el nodo A de CA produciría que una corriente de cortocircuito fluyera desde la conexión a tierra común para el circuito E intermedio a través del diodo DE y el interruptor SB hasta el nodo A de CA.

60 La desventaja del circuito de 3 puntos conocido es que la corriente debe fluir desde el terminal positivo del circuito intermedio hasta el nodo A de CA a través de dos interruptores (SA y SB), o desde el nodo A de CA a través de dos interruptores (SC y SD) hasta el terminal negativo del circuito de CC intermedio. Puesto que los interruptores SA a SD están configurados en la técnica anterior como interruptores de estado sólido, tal como los IGBT, se producen pérdidas de potencia considerables en dichos interruptores. Además, el tener que usar seis diodos para un medio puente hace que el sistema de circuitos sea muy complicado y caro. Un inversor adicional de la técnica anterior se desvela en el documento US2004/0052099A1.

- 65 Un problema particular que surge cuando se alimenta energía desde los generadores fotovoltaicos a la red de suministro es que a menudo esos generadores sólo pueden suministrar una tensión continua débil. Por lo tanto, usar un inversor para alimentar corriente a una red de suministro eléctrico, en particular en la red europea de suministro eléctrico, hace necesario aumentar la tensión continua desde el generador fotovoltaico en el circuito de CC intermedio

del inversor antes de la alimentación de la red de suministro. Otra opción es usar una tensión más baja en el circuito de CC intermedio, pero convertir la tensión alterna generada al nivel de tensión deseado mediante un transformador, en particular a la tensión de la red de suministro a la que se está alimentando potencia. Se requieren aparatos adicionales en ambos casos, haciendo la adquisición y/o funcionamiento del inversor más caros y poco rentable.

5

Por lo tanto, el objeto de la presente invención es proporcionar un inversor que reduzca al menos los problemas mencionados anteriormente, que produzca menos pérdidas de potencia en comparación con los medios puentes conocidos, en particular, y que requiera menos componentes.

10 La invención propone un inversor tal como se define en la reivindicación 1. La invención también propone una invención según la reivindicación 11, un sistema de energía solar de acuerdo con la reivindicación 14 y un procedimiento para convertir tensión de CC en una tensión de CA según la reivindicación 16.

15 El inversor está configurado preferentemente según se expone en la reivindicación 2, según la cual el inversor tiene un circuito de CC intermedio que tiene una primera y una segunda unidad de condensador de CC conectadas en serie entre un primer y un segundo terminal del circuito de CC intermedio, y una conexión a tierra común en el circuito intermedio. Pueden usarse condensadores individuales como unidades de condensador de CC. Una tensión de CC se aplica al primer y al segundo terminal del circuito de CC intermedio y, en funcionamiento, una corriente continua se alimenta al circuito, por ejemplo desde un generador fotovoltaico. Un terminal de tierra está dispuesto entre las dos
20 unidades de condensador de CC en el que dichas dos unidades de condensador de CC también están conectadas entre sí. Como resultado, la tensión de CC aplicada al circuito de CC intermedio se divide en dos mitades, de manera que la mitad positiva de la tensión del circuito intermedio se aplica al primer terminal del circuito de CC intermedio, y la mitad negativa de la tensión del circuito intermedio a tierra se aplica al segundo terminal del circuito de CC intermedio.

25 Al menos un subcircuito está conectado al circuito de CC intermedio, cada tal subcircuito generando una fase de la tensión alterna. Un primer y un segundo interruptor auxiliar, cada uno con un diodo conectado en paralelo, están conectados en serie a la conexión a tierra común del circuito intermedio. El otro terminal de este circuito en serie con los dos interruptores auxiliares está conectado a un nodo de CA al que se suministra una tensión pulsada cuando el inversor está en funcionamiento. Los diodos de los interruptores auxiliares están conectados entre sí con sentido
30 directo opuesto de manera que cuando ambos interruptores auxiliares están abiertos, ninguna corriente puede fluir entre la conexión a tierra común y el nodo de CA. Si un interruptor auxiliar está cerrado, la corriente sólo puede fluir en el sentido permitido por el diodo que está conectado en paralelo al otro interruptor abierto. Sólo cuando ambos interruptores auxiliares están cerrados la corriente puede fluir en ambos sentidos.

35 Para suministrar la tensión pulsada, dos interruptores de alimentación que tienen cada uno un diodo conectado en paralelo están conectados en serie entre el primer y el segundo terminal del circuito de CC intermedio. El punto de conexión de los dos interruptores de alimentación, y por tanto de los dos diodos conectados en paralelo a los interruptores de alimentación, está conectado al nodo de CA. Los diodos de dichos interruptores de alimentación están conectados entre sí con el mismo sentido directo de manera que impiden que la corriente fluya desde el primer terminal
40 del circuito de CC intermedio hasta el segundo terminal del circuito de CC intermedio.

Mediante esta disposición de circuito puede generarse una tensión pulsada en el nodo de CA de cada subcircuito. Para producir una semionda de tensión positiva, la mitad positiva de la tensión del circuito intermedio se pulsa al nodo de CA mediante el primer interruptor de alimentación y el primer interruptor auxiliar. Para una semionda de tensión
45 negativa, la mitad negativa de la tensión del circuito intermedio se pulsa también al nodo de CA mediante el segundo interruptor de alimentación y el segundo interruptor auxiliar.

Se produce una corriente cuando una carga inductiva está conectada entre el nodo de CA y tierra, por ejemplo una bobina de choque o un transformador. Cuando se genera una semionda de tensión positiva y una corriente positiva,
50 dicha corriente fluye desde el primer terminal del circuito de CC intermedio a través del primer interruptor de alimentación hasta el nodo de CA si el primer interruptor de alimentación está cerrado. Por lo tanto, la corriente fluye sólo a través de un interruptor de alimentación, permitiendo así una reducción en la pérdida de potencia. Si el primer interruptor de alimentación está abierto cuando se genera una semionda de tensión positiva, la corriente puede seguir fluyendo desde la conexión a tierra común a través de los dos interruptores auxiliares conectados en serie hasta el
55 nodo de CA, pero esto depende del interruptor auxiliar que esté cerrado cuyo diodo conectado en paralelo impida que cualquier corriente fluya desde la conexión a tierra común en el sentido del nodo de CA.

Usando el estado cero en los ciclos de conmutación especialmente cuando la corriente y el valor establecido para la tensión son ambos positivos o negativos, la invención hace posible que se produzca y se transporte poca o ninguna
60 potencia reactiva a través de los interruptores de alimentación y de los diodos, y a través de cualquier bobina de filtro que esté conectada. Las pérdidas de potencia también pueden reducirse en comparación con las de un circuito de 3 puntos convencional al tener únicamente un sólo interruptor de alimentación conductor, aparte del estado cero.

De esta manera puede aumentar la eficacia global del inversor. Esto incluye aumentar su grado de eficacia, conseguir una construcción más compacta y/o un menor peso, puesto que las bobinas de filtro pueden reducirse debido a los niveles de impulsos más pequeños con respecto a los necesarios al menos en los puentes completos conocidos, y
65 puesto que sólo se producen corrientes de fuga mínimas, inducidas operacionalmente, en comparación con las de los puentes completos. Además, la invención requiere dos diodos menos que los medios puentes de la técnica anterior.

ES 2 318 555 T3

Las dos unidades de condensador de CC tienen preferentemente la misma capacidad, de manera que el circuito de CC intermedio es simétrico. Cuando se aplica una tensión de CC entre el primer y el segundo terminal del circuito de CC intermedio, la conexión a tierra común del circuito intermedio lleva la media tensión entre el primer y el segundo terminal del circuito de CC intermedio.

En otra realización de la invención se usan interruptores auxiliares y/o de alimentación que sólo puedan conducir corriente en un sentido directo, estando dichos interruptores conectados en paralelo a los respectivos diodos con sentidos directos opuestos. Tal sentido directo para los interruptores se produce cuando se usan interruptores de estado sólido tales como transistores o tiristores. Pueden usarse, en particular, los IGBT, MOSFET y GTO.

Es beneficioso que cada uno de los subcircuitos comprenda una salida de CA y una bobina de choque, estando conectada dicha bobina de choque entre el nodo de CA y la salida de CA. Mediante las bobinas de choque puede obtenerse, pulsando la tensión apropiadamente, una corriente sinusoidal en el nodo de CA, o favorecer una corriente de este tipo cuando estén presentes otros componentes inductivos. En particular, una bobina de choque está prevista cuando el inversor se hace funcionar sin un transformador. En un inversor según la invención, una bobina de choque de este tipo puede tener una dimensión más reducida que en un inversor de la técnica anterior con un puente completo, por ejemplo, puesto que sólo se aplica como máximo la mitad de la tensión pulsada del circuito intermedio a la bobina de choque.

Un condensador adicional está conectado preferentemente a la salida de CA de cada subcircuito, en particular a un único condensador a tierra. Dos puntos de conexión de una red de suministro eléctrico a la que va a alimentarse potencia están conectados en paralelo a un condensador de este tipo. La tensión a través de esta unidad de condensador es por tanto igual a la tensión de la red de suministro de la fase respectiva. Por tanto, esta unidad de condensador adicional suaviza la tensión, con el resultado de que puede conseguirse una forma de onda tiempo-tensión favorable para la alimentación de la red de suministro. La combinación de la unidad de condensador adicional con la bobina de choque mencionada anteriormente da como resultado un circuito de suavizado LC.

Según una realización preferida, se proporciona un controlador para controlar los interruptores auxiliares y/o de alimentación. El inversor está configurado de manera beneficiosa para producir una señal de tensión modulada de impulsos en el nodo de CA de cada uno de los subcircuitos, con el fin de generar una tensión de CA. La topología del inversor inventivo puede usarse para producir una o más señales de tensión moduladas de impulsos para generar una tensión alterna con una o más fases correspondientes. Los interruptores auxiliares y de alimentación se controlan mediante el controlador con el fin de conseguir una secuencia de conmutación para generar la tensión pulsada. Las interacciones para definir el patrón de impulsos específico y por tanto los estados de conmutación independientemente de una forma de onda de corriente o tensión deseada ya están incluidas en el inversor, por ejemplo en forma de software apropiado. La amplitud, frecuencia y fase de la tensión pueden definirse externamente y/o dependen de la red de suministro a la que va a alimentarse potencia.

Según otra realización de la invención, el nodo de CA o la salida de CA de cada subcircuito están conectados a un transformador. Aunque el inversor según la invención es básicamente adecuado para alimentar potencia a una red de suministro incluso sin un transformador, pueden aparecer casos en los que un transformador esté conectado al inversor en el lado de salida. Por ejemplo, un caso de este tipo se produce cuando se usa un generador fotovoltaico pequeño en el lado de entrada y sólo está disponible una pequeña tensión del circuito intermedio, y/o cuando va a alimentarse potencia a una red de suministro a una intensidad tal alta que es necesario un transformador. Dependiendo de la aplicación específica, es posible prescindir de la bobina de choque y de la unidad de condensador adicional cuando se use un transformador.

Debido a su tipología, en particular, el inversor según la invención es básicamente adecuado para la alimentación de una red de suministro monofásica. En tal caso un subcircuito es suficiente. Según una realización adicional, el inversor está configurado con tres subcircuitos para alimentar una red de suministro eléctrico trifásica. Esto significa que un subcircuito aparte está previsto para cada fase de la tensión alterna que va a generarse. Cada uno de los subcircuitos proporciona en su nodo de CA o en su salida de CA una tensión para alimentar una fase de la red de suministro eléctrico. Preferentemente, todos los subcircuitos están conectados a un único circuito de CC intermedio.

También se propone un inversor de acuerdo con la reivindicación 11. Dicho inversor tiene tres terminales de CA que pueden corresponderse con los nodos de CA cuando se usan tres subcircuitos. Un transformador trifásico con una conexión en estrella tanto en el lado primario como en el secundario está conectado a los terminales de CA. El lado de la bobina primaria está conectado a los terminales de CA, y el punto neutral en el lado primario puede conectarse a un terminal de tierra común en el circuito de CC intermedio del inversor. Una señal de tensión se suministra ahora a cada uno de los tres terminales de CA y a la línea respectiva en el lado primario del transformador. Esto da como resultado una señal de tensión que se genera en cada línea correspondiente en el lado secundario del transformador, concretamente tres tensiones de fase. Por consiguiente, haciendo que el inversor genere impulsos, dichas tres tensiones de fase tienen una onda fundamental sinusoidal con una frecuencia fundamental que está superpuesta por una onda armónica del tercer armónico con una frecuencia tres veces la de la frecuencia fundamental. Debido a la generación de impulsos, también pueden superponerse señales más pequeñas adicionales, en particular armónicas, pero se considera que no son relevantes. Es favorable si las ondas fundamentales están en fase con la onda del tercer armónico, de manera que el cruce por cero de cada borde ascendente de la onda fundamental coincide en el tiempo con el cruce por cero de un borde ascendente del tercer armónico. Las ondas fundamentales de las tensiones de fase también están

ES 2 318 555 T3

desplazadas 120° entre sí. Debido a la conexión en estrella en el lado secundario del transformador, la tensión de línea resultante entre una primera y segunda línea es la diferencia entre las tensiones de fase en la primera y segunda línea. Mientras que las dos ondas fundamentales de una primera y segunda tensión de fase están desfasadas 120° entre sí, los armónicos superpuestos respectivos no están desfasados entre sí debido a que tienen tres veces la frecuencia de las ondas fundamentales. Como resultado, la diferencia de tensión entre dos tensiones de fase que no son sinusoidales debido al tercer armónico superpuesto es sin embargo una onda sinusoidal para la tensión de línea respectiva, puesto que los terceros armónicos se eliminan mediante la sustracción.

Esto significa que un sistema trifásico sinusoidal puede generarse en el lado secundario aunque una señal altamente distorsionada se alimente y se transfiera en el lado primario. Debido a la superposición del tercer armónico sobre una onda fundamental, estando en fase los terceros armónicos, se consigue una distorsión de la onda fundamental de manera que se reduce su valor máximo. Una señal distorsionada de este tipo puede generarse por tanto en un inversor con un circuito de CC intermedio mediante una tensión más baja del circuito intermedio. Por tanto, añadiendo el tercer armónico, todavía es posible generar una tensión de CA trifásica sinusoidal de amplitud suficiente en el lado secundario del transformador incluso cuando se reduzca la tensión del circuito intermedio.

El tercer armónico añadido puede tener básicamente cualquier amplitud, aunque la amplitud debería establecerse según una condición fronteriza tal como la tensión disponible del circuito intermedio y el transformador que esté usándose, en particular su comportamiento de saturación. Los valores favorables para la amplitud del tercer armónico están en un intervalo entre un cuarto y un octavo de la amplitud de onda fundamental. La amplitud del tercer armónico es preferentemente un sexto de la amplitud de onda fundamental, que es el valor óptimo con respecto a la minimización de la tensión del circuito intermedio.

Es favorable que un sistema de energía solar comprenda un inversor según la invención y un generador fotovoltaico. En una configuración de este tipo, el generador fotovoltaico suministra una tensión de CC que se alimenta al circuito de CC intermedio del inversor ya sea directamente o usando un convertidor elevador. El inversor genera después una tensión alterna monofásica o polifásica a partir de la tensión del circuito intermedio. El inversor y por tanto el sistema de energía solar como un todo están configurados para alimentar corriente a una red de suministro eléctrico. Para hacer esto, el sistema de energía solar debe poder conectarse a la red de suministro eléctrico y, en particular, debe poder sincronizar el tamaño y la fase de la tensión que está alimentando con la de la red de suministro eléctrico.

La invención se describirá a continuación en mayor detalle con referencia a las siguientes figuras. Éstas muestran:

la fig. 1 un circuito de inversor de la técnica anterior con un medio puente y una red de suministro conectada;

la fig. 2 un circuito de inversor según la invención para alimentar una tensión monofásica a una red de suministro eléctrico;

la fig. 3 un diagrama esquemático de un inversor, con un transformador conectado mediante una conexión en estrella; y

la fig. 4 algunas formas de onda tiempo-tensión en un transformador;

El medio puente de la técnica anterior de la figura 1 tiene cuatro interruptores SA a SD de estado sólido, cada uno con un diodo DA a DD conectados en antiparalelo. Con la ayuda de estos interruptores, se pulsa en el nodo A una tensión $\frac{1}{2} U_{CC}$ y $-\frac{1}{2} U_{CC}$. Puede observarse que cuando los impulsos de tensión son positivos, dicho de otro modo cuando los interruptores SA y SB están cerrados y los interruptores SC y SD están abiertos, y una corriente positiva fluye a través de la bobina de choque DRA, entonces dicha corriente también fluye a través de los interruptores SA y SB. Por consiguiente, cuando hay una corriente negativa que fluye a través de la bobina de choque DRA, esa corriente fluye a través de los interruptores SC y SD de alimentación cuando los interruptores SA y SB están abiertos y los interruptores SC y SD están cerrados.

Para entender cómo funciona un inversor según la invención, a continuación se explicarán en detalle las funciones del circuito con referencia a la figura 2.

El inversor 1 tiene un circuito 2 de CC intermedio, dicho circuito teniendo un primer y un segundo terminal 4,6 y una conexión 8 a tierra común. La conexión 8 a tierra común está puesta a tierra a través del terminal 10. El circuito 2 de CC intermedio comprende dos condensadores C1 y C2 conectados en serie.

Un subcircuito 12 está conectado al circuito 2 de CC intermedio para una alimentación monofásica a una red 14 de suministro eléctrico. El subcircuito 12 tiene un nodo 16 de CA al que se proporciona una tensión pulsada. Para conseguir esto, un primer y un segundo interruptor S1 y S2 de alimentación están conectados entre el primer y el segundo terminal 4 y 6, respectivamente, del circuito 2 de CC intermedio y el nodo 16 de CA. Un circuito en serie que comprende un primer y un segundo interruptor S3 y S4 auxiliares está conectado entre la conexión 8 a tierra común y el nodo 16 de CA. Todos los interruptores de alimentación y auxiliares están configurados como interruptores de estado sólido y sólo pueden conducir corrientes en un sentido directo. Un diodo D1 a D4 está conectado en antiparalelo a cada uno de los interruptores S1 a S4 de alimentación y auxiliares, es decir, en paralelo pero con sentido directo opuesto.

ES 2 318 555 T3

Un circuito 18 de suavizado LC con una bobina de choque 20 y un condensador C3 adicional está conectado al nodo 16 de CA. El condensador C3 está conectado en paralelo a la red 14 de suministro eléctrico. El condensador C3 y la red 14 de suministro eléctrico están conectados entre una salida 22 de CA y un terminal 24 de tierra adicional.

Con el fin de generar una tensión alterna sinusoidal en el condensador C3 y una corriente alterna sinusoidal en la bobina de choque 20, se realizan las siguientes funciones del circuito. Debe establecerse una distinción básica entre los siguientes cuatro periodos de funcionamiento. Éstos dependen de si la corriente i_1 es una semionda positiva o negativa y de si se pulsa una tensión positiva o negativa en el nodo 16 de CA ($+\frac{1}{2} U_{CC}$ o $-\frac{1}{2} U_{CC}$) cuando la corriente está retardada con respecto a la tensión.

En el primer periodo de funcionamiento, hay una semionda positiva de corriente i_1 a través de la bobina de choque 20 y una tensión pulsada positiva en el nodo 16 de CA. Para generar un valor de tensión positivo en el nodo 16 de CA, se cierra el interruptor S1 de alimentación y una corriente fluye desde el primer terminal 4 del circuito intermedio a través del interruptor S1 de alimentación hasta la bobina de choque 20. El interruptor S3 auxiliar está cerrado durante este primer periodo de funcionamiento. Cuando se abre ahora el interruptor S1 de alimentación, la tensión en el nodo 16 de CA desciende hasta aproximadamente cero voltios. Sin embargo, debido a la bobina de choque 20 la corriente i_1 se mantiene sustancialmente y ahora fluye desde la conexión 8 a tierra a través del diodo D4 y el interruptor S3 auxiliar hasta la bobina de choque 20.

Cuando una tensión nominal predefinida para el comportamiento de conmutación del inversor desciende hasta cero al final del primer periodo de funcionamiento, el inversor entra en el segundo periodo de funcionamiento, en el que la corriente i_1 todavía es positiva, pero se pulsa una tensión negativa en el nodo 16 de CA. Durante la transición desde el primer al segundo periodo de funcionamiento, ambos interruptores S1 y S2 de alimentación están abiertos inicialmente. Siempre que el interruptor S3 auxiliar esté cerrado, la corriente continúa fluyendo desde la conexión 8 a tierra común a través del diodo D4 y del interruptor S3 auxiliar cerrado hasta el nodo 16 de AC, donde la tensión es aproximadamente cero. Cuando el interruptor S3 auxiliar está ahora abierto, dicha corriente se interrumpe y la corriente i_1 , que es todavía positiva en ese momento, sólo puede fluir desde el segundo terminal 6 hasta la bobina de choque 20 a través de D2. La tensión en el nodo 16 de CA desciende así hasta un valor aproximadamente igual al valor negativo de la tensión $-\frac{1}{2} U_{CC}$ del circuito intermedio. Para finalizar un impulso de tensión negativa de este tipo en el nodo 16 de CA, el interruptor S3 auxiliar se cierra de nuevo de manera que la generación de impulsos se efectúa mediante el interruptor S3 auxiliar.

Hacia el tercer periodo de funcionamiento, la corriente i_1 a través de la bobina de choque 20 desciende hasta cero y después cambia la polaridad. Después se abre el interruptor S3 auxiliar y se cierra el interruptor S4 auxiliar, permaneciendo ambos interruptores en este estado durante el tercer periodo de funcionamiento. La tensión negativa se pulsa ahora mediante el interruptor S2 de alimentación al nodo 16 de CA. Si el interruptor S2 de alimentación está cerrado, se aplica una tensión negativa al nodo de CA y la corriente i_1 fluye después sustancialmente desde la bobina de choque 20 a través del nodo 16 de CA y el interruptor S2 de alimentación hasta el segundo terminal 6 del circuito 2 de CC intermedio. Abriendo el interruptor S2, el impulso de tensión negativa finaliza y el nodo 16 de CA adquiere una tensión de aproximadamente cero voltios. La corriente i_1 puede fluir ahora a través del diodo D3 y del interruptor S4 auxiliar conectado al mismo hasta la conexión 8 a tierra común y desde ahí al terminal 10 de tierra. Las operaciones de conmutación del interruptor S2 de alimentación y del interruptor S4 auxiliar se producen por tanto en este tercer periodo de funcionamiento de manera análoga a las operaciones de conmutación del interruptor S1 de alimentación y del interruptor S3 auxiliar durante el primer periodo de funcionamiento.

Cuando el punto de ajuste para una forma de onda tiempo-tensión en el nodo 16 de CA desciende hacia cero y se vuelve negativo, dicho de otro modo cuando una tensión positiva va a pulsarse en el nodo 16 de CA pero la corriente i_1 es todavía negativa, comienza el cuarto periodo de funcionamiento, en el que los interruptores S1 y S2 de alimentación y el interruptor S3 auxiliar están abiertos, y una tensión positiva se pulsa al nodo 16 de CA mediante el interruptor S4 auxiliar de una manera análoga a la operación de conmutación del interruptor S3 auxiliar durante el segundo periodo de funcionamiento. Cuando la corriente i_1 aumenta hacia cero y se vuelve positiva hacia el final del cuarto periodo de funcionamiento, vuelve a comenzar el primer periodo de funcionamiento.

El inversor 1' mostrado de forma esquemática en la figura 3 tiene un circuito 2' de CC intermedio con un centro 8'. El circuito 20' de CC intermedio está conectado a un sistema 30 fotovoltaico que suministra una tensión de CC. En su lado de salida, el inversor 1' trifásico está conectado a un transformador 32. El transformador 32 tiene una conexión en estrella tanto en su lado primario, que está conectado al inversor 1', como en su lado 36 secundario, que está conectado a la red 38 de suministro eléctrico.

El inversor 1' transmite las tensiones u_1' a u_3' de fase en el lado 34 primario del transformador 32, dichas tensiones de fase dando como resultado las tensiones u_1 a u_3 de fase en el lado secundario. Las tensiones de línea resultan de la diferencia entre las tensiones de fase respectivas. La tensión u_{12} de línea es la diferencia entre las tensiones u_2 y u_1 de fase, es decir, $u_{12} = u_2 - u_1$.

La figura 4 muestra un primer armónico u_0 de tensión u_2 de fase y tensión u_{12} de línea. La tensión u_1 de fase no se muestra pero se diferencia de la tensión u_2 de fase sólo por el hecho de que está adelantada 120° . Las tensiones u_1 y u_2 de fase comprenden una onda fundamental y tienen un tercer armónico superpuesto de igual fase. Una comparación de tensión u_2 de fase y su onda u_0 fundamental muestra que la superposición con el tercer armónico provoca un

ES 2 318 555 T3

aplanamiento de cada semionda. Cuando se forma la diferencia entre las dos tensiones u_2 y u_1 de fase, el tercer armónico superpuesto sobre las dos se elimina, con el resultado de que se produce una forma de onda sinusoidal sin ninguna superposición adicional, tal como se muestra mediante la forma de onda de la tensión u_{12} de línea.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un inversor (1) para convertir una tensión de CC en una tensión de CA con una o más fases, que comprende

- al menos un subcircuito (12) para generar una fase de la tensión alterna, comprendiendo cada subcircuito:
 - un primer y un segundo interruptor (S3, S4) auxiliar, cada uno con un diodo (D3, D4) conectado en paralelo, y
 - un nodo (16) de CA para suministrar una tensión pulsada,

estando los diodos de dichos primer y segundo interruptores auxiliares conectados entre sí con sentidos directos opuestos,

caracterizado porque dicho inversor comprende además:

- un circuito (2) de CC intermedio que tiene una primera y una segunda unidad (C1, C2) de condensador de CC conectadas en serie entre un primer y un segundo terminal (4,6) del circuito de CC intermedio, y una conexión (8) a tierra común, por lo que la conexión a tierra común lleva la media tensión entre el primer y el segundo terminal,

estando el primer y el segundo interruptor auxiliar conectados en serie entre la conexión a tierra común del circuito de CC intermedio y el nodo de CA.

2. Inversor según la reivindicación 1, **caracterizado** porque cada uno de los subcircuitos comprende:

- un primer y un segundo interruptor (S1, S2) de alimentación, cada uno con un diodo (D1, D2) conectado en paralelo, en el que dichos dos interruptores de alimentación están
- conectados en serie entre el primer y el segundo terminal (4, 6) del circuito (2) de CC intermedio,
- conectados a un punto de conexión común en el nodo de CA y
- estando los diodos de dichos interruptores de alimentación conectados entre sí con el mismo sentido directo.

3. Inversor según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque las dos unidades de condensador de CC tienen la misma capacidad.

4. Inversor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los interruptores auxiliares y/o de alimentación sólo pueden conducir corriente en un sentido directo, estando dichos interruptores conectados en paralelo a los diodos respectivos con sentidos directos opuestos.

5. Inversor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque cada uno de los subcircuitos comprende

- una salida (22) de CA y
- una bobina de choque (20) conectada entre el nodo de CA y la salida de CA.

6. Inversor según la reivindicación 5, **caracterizado** porque cada uno de los subcircuitos incluye una unidad (C3) de condensador adicional conectada entre la salida de CA y tierra.

7. Inversor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se proporciona un controlador para controlar los interruptores auxiliares y/o de alimentación.

8. Inversor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el inversor está configurado para producir una señal de tensión modulada de impulsos en el nodo de CA de cada subcircuito con el fin de generar una tensión de CA en cada subcircuito.

9. Inversor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el nodo de CA o la salida de CA de cada uno de los subcircuitos están conectados a un transformador 32.

10. Inversor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se proporcionan tres subcircuitos para alimentar la salida a una red de suministro (38) trifásica.

ES 2 318 555 T3

11. Inversor según una de las reivindicaciones anteriores, para generar una tensión de CA trifásica, que comprende:

- tres terminales de CA,
- un transformador trifásico conectado mediante su bobina primaria a los terminales de CA en una conexión en estrella, y conectado mediante su bobina secundaria en una conexión en estrella, el inversor estando configurado
- para generar una señal de tensión pulsada en cada uno de los terminales de CA de manera que en la bobina secundaria del transformador se producen tensiones de fase que tienen cada una una onda fundamental sinusoidal de una frecuencia fundamental y un tercer armónico tres veces la frecuencia fundamental.

12. Inversor según la reivindicación 11, **caracterizado** porque

- la onda fundamental está en fase con el tercer armónico y
- las ondas fundamentales de las tensiones de fase están desplazadas 120° entre sí.

13. Inversor según la reivindicación 11 ó 12, **caracterizado** porque la amplitud de la onda fundamental en cada tensión de fase es de cuatro a ocho veces, en particular seis veces, la amplitud del tercer armónico.

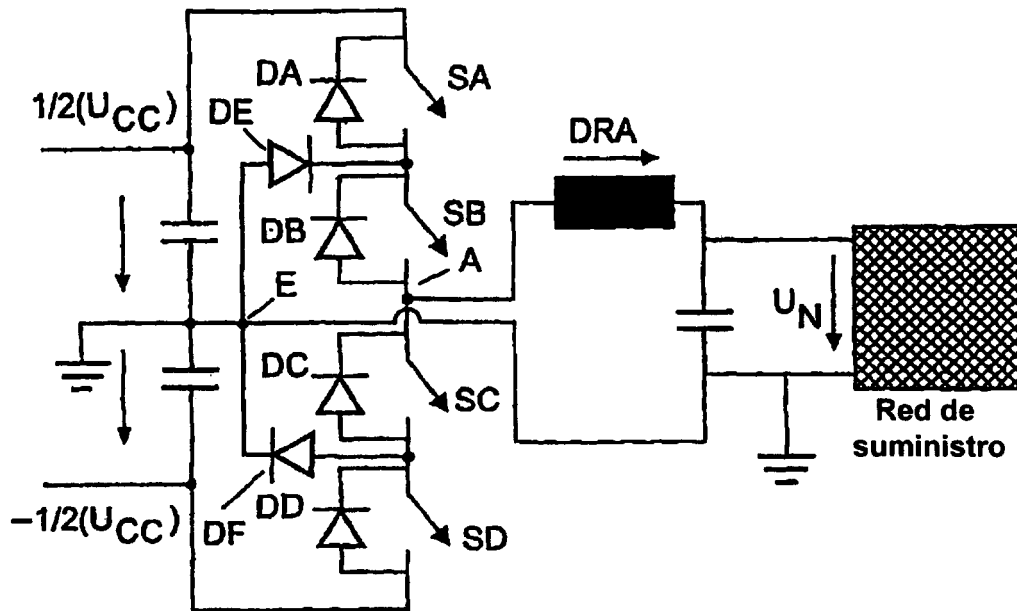
14. Un sistema de energía solar que comprende

- un inversor según una de las reivindicaciones anteriores y
- un generador (30) fotovoltaico.

15. Sistema solar según la reivindicación 14, **caracterizado** porque

- una tensión generada por el generador fotovoltaico se suministra al circuito de CC intermedio y
- el sistema de energía solar está configurado para la conexión con una red de suministro eléctrico con el fin de alimentar corriente a dicha red de suministro.

16. Procedimiento para convertir una tensión de CC en una tensión de CA pulsando una tensión de CC a al menos un nodo de CA, **caracterizado** porque se utiliza un inversor según una de las reivindicaciones 1 a 13.



Técnica anterior

Fig.1

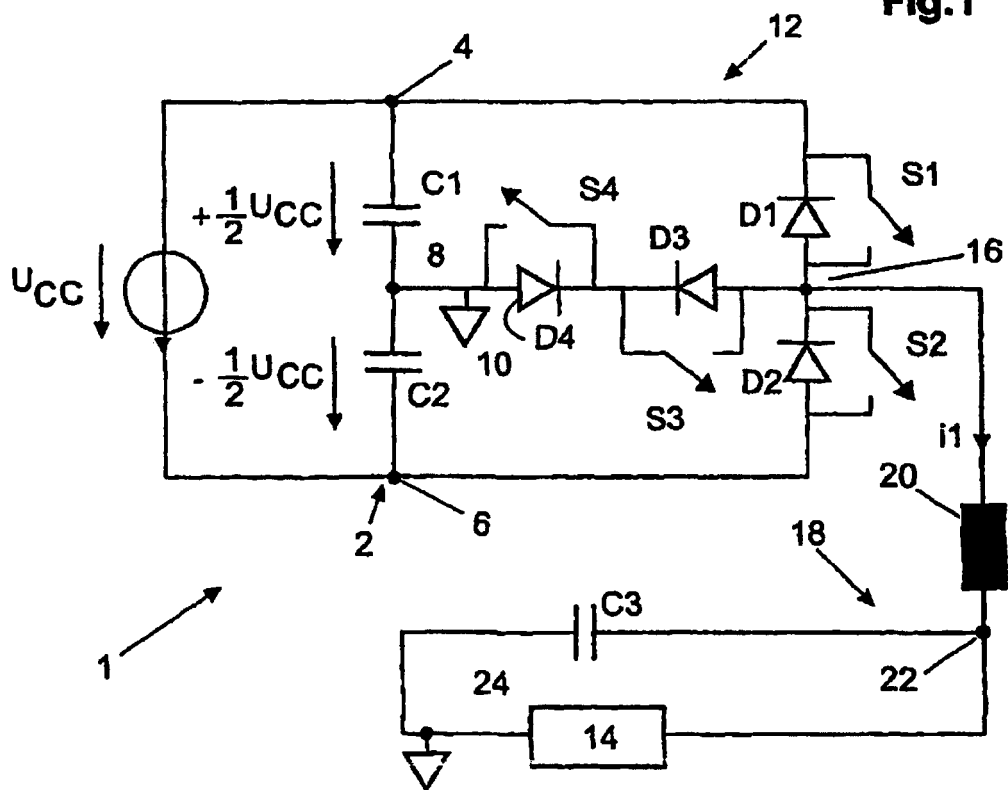


Fig.2

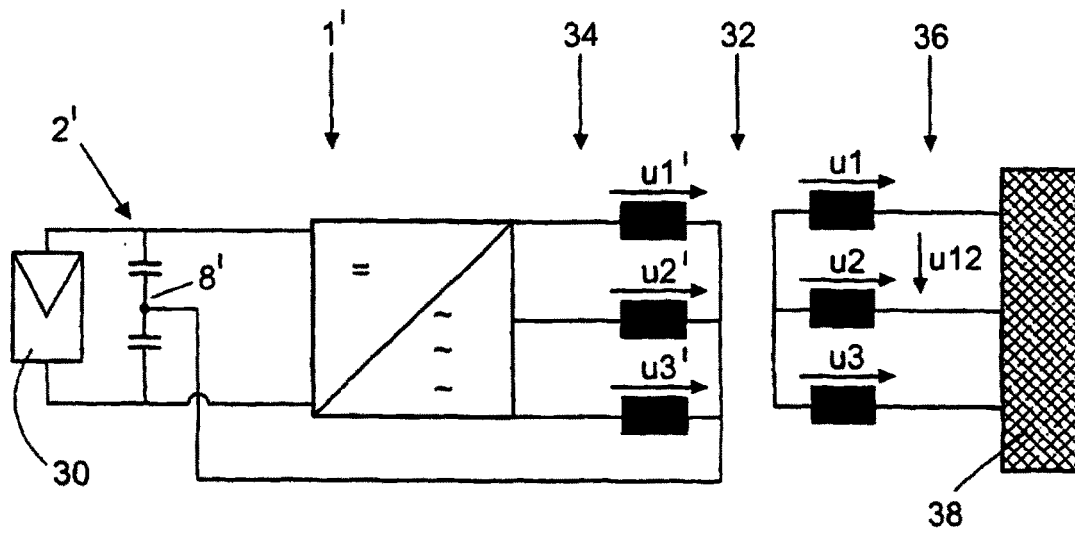


Fig.3

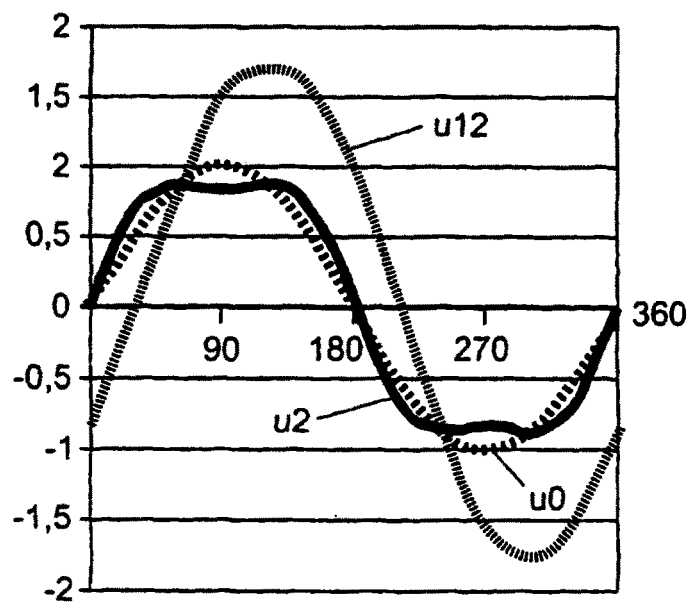


Fig.4