

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 887 958**

51 Int. Cl.:

H02M 5/297 (2006.01)
H02M 7/5387 (2007.01)
H02M 7/797 (2006.01)
H02M 7/48 (2007.01)
H02J 3/38 (2006.01)
H02M 1/12 (2006.01)
H02M 1/34 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.02.2019** **PCT/ES2019/070072**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.08.2019** **WO19155109**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2019** **E 19715535 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.07.2021** **EP 3754831**

54 Título: **Sistema de conversión de energía eléctrica, y método asociado**

30 Prioridad:

12.02.2018 WO PCT/ES2018/070095

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.12.2021

73 Titular/es:

INGETEA POWER TECHNOLOGY, S.A. (100.0%)
Parque Tecnológico de Bizkaia, Edificio 106, 2a planta
48170 Zamudio (Bizkaia), ES

72 Inventor/es:

BALDA BELZUNEGUI, JULIAN y
GONZALEZ SENOSIAIN, ROBERTO

74 Agente/Representante:

IGARTUA IRIZAR, Ismael

ES 2 887 958 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

Sistema de conversión de energía eléctrica, y método asociado

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se relaciona con sistemas de conversión de energía eléctrica, que están adaptados para convertir energía eléctrica continua en alterna y viceversa, y con métodos de control asociados a dichos sistemas.

10

ESTADO ANTERIOR DE LA TÉCNICA

La conversión de potencia continua a potencia alterna trifásica en plantas fotovoltaicas se ha realizado históricamente mediante convertidores conectados en baja tensión al generador y un transformador de baja frecuencia. Con referencia al ejemplo mostrado en la figura 1, relativo a una planta fotovoltaica, la potencia generada por el campo fotovoltaico 1' se agrupa en cajas de conexiones 2', un conjunto de cajas de conexiones 2' en paralelo se conecta a la entrada de continua de al menos un convertidor CC/CA 3', y dicho convertidor CC/CA 3' se conecta al lado de baja tensión de un transformador 4', que eleva la tensión de salida del conjunto 100' a un valor de alta tensión, típicamente 20 a 33 kV para transportar la potencia alterna a través de una red de distribución alterna 5', interna de la planta fotovoltaica 1000', hasta el transformador de cabecera 6' que conecta con la red de distribución. Varios de estos conjuntos 100' se conectan a la red de distribución alterna 5'.

En los últimos tiempos, debido al aumento de potencia de los convertidores fotovoltaicos, las distancias de cableado que resultan de la conexión de los paneles fotovoltaicos y los convertidores han aumentado de manera notable, haciendo que no resulte ventajoso económicamente seguir creciendo en potencia los convertidores. Existe además otro limitante para la potencia de los conjuntos 100', que resulta del tamaño del transformador 4' de baja frecuencia al que se conectan, ya que aquellos transformadores que no puedan ser colocados en contenedores de transporte estándar presentarán un importante sobrecoste debido al transporte.

Existen soluciones para resolver el problema del coste del cableado de continua y el transformador asociado al convertidor, que pasan por añadir convertidores CC/CC de pequeña potencia, junto a los generadores fotovoltaicos, transportar la potencia CC en un bus de alta tensión, para posteriormente transformar la potencia continua a alterna en un convertidor de alta tensión CC/CA. Con este tipo de topologías, se consigue reducir el coste del cableado CC al trabajar con tensiones más elevadas y eliminar el transformador intermedio de alta a baja tensión. En este caso, las soluciones propuestas para el convertidor CC/CA pasan por convertidores seriados, bien sean convertidores trifásicos conectados a devanados independientes de transformadores o convertidores monofásicos en serie.

En US2010/0156188A1, por ejemplo, se divulga una solución de este tipo. Esta solución presenta como inconveniente una doble conversión, una primera conversión CC/CC para elevar la tensión CC, y una segunda conversión CC/CA para generar así la potencia alterna de la red de distribución.

En US2016/0276964A1, por ejemplo, se divulga un sistema de conversión que permite reducir el cableado CC al conectar convertidores de baja potencia cerca de los paneles fotovoltaicos. Estos convertidores se serializan para obtener la tensión de alterna de la red de distribución de la planta en niveles de alta tensión. Sin embargo, presenta dos inconvenientes: requiere de una doble conversión CC/CC y CC/CA, y cada convertidor CC/CA es monofásico, lo que obliga a sobredimensionar los condensadores debido a la fluctuación de potencia de dos veces la frecuencia fundamental, de los sistemas monofásicos.

Con respecto a los convertidores CC/CA trifásicos aislados, US2013/0314948A1 divulga un sistema de conversión de energía eléctrica que comprende un inversor, un ciclo-convertidor y un transformador conectado entre el inversor y el ciclo-convertidor. El ciclo-convertidor comprende un sub-bloque secundario por fase, cada uno con un puerto de salida respectivo, y el transformador comprende un devanado secundario respectivo para cada sub-bloque secundario. Cada sub-bloque secundario comprende una pluralidad de interruptores controlables y al menos un controlador, estando dicho controlador configurado para controlar dichos interruptores controlables para proporcionar un desplazamiento de fase entre una corriente resonante de alterna y una función de conmutación de voltaje basada, al menos en parte, en un signo de una tensión aplicada en un puerto de salida de ciclo-conversor correspondiente. La disposición de los interruptores se ha realizado teniendo en cuenta dichos requisitos de control y, en consecuencia, dicha disposición está limitada para solo algunas estrategias de control.

60

EXPOSICIÓN DE LA INVENCION

El objeto de la invención es el de proporcionar un sistema de conversión de energía eléctrica configurado para realizar una conversión de potencia continua a potencia alterna trifásica y viceversa, y un método de control asociado, según se define en las reivindicaciones.

65

Un aspecto de la invención se refiere a un sistema de conversión de energía eléctrica que está configurado para realizar una conversión de potencia continua a potencia alterna trifásica y viceversa. Por ello, el sistema comprende un lado de continua con un terminal positivo y un terminal negativo, y un lado de alterna para su conexión a una red eléctrica trifásica, con un primer terminal y un segundo terminal por cada una de las tres fases.

El sistema comprende además un bloque primario de conversión, un bloque secundario de conversión y un bloque transformador que comprende al menos un devanado primario conectado al bloque primario de conversión y tres devanados secundarios conectados al bloque secundario de conversión, estando cada devanado secundario asociado a una fase de alterna respectiva. El bloque transformador comprende al menos un transformador, de tal manera que permite aumentar o disminuir la tensión manteniendo la potencia.

El bloque primario de conversión comprende los dos terminales del lado de continua del sistema, y una pluralidad de interruptores controlables para poder controlar el flujo de energía eléctrica entre dichos terminales y el bloque transformador.

El bloque secundario de conversión comprende el primer terminal y el segundo terminal asociados a cada fase de alterna, y una pluralidad de interruptores controlables asociados a cada fase para poder controlar el flujo de energía eléctrica, en cada caso, entre los terminales correspondientes y el bloque transformador.

Los bloques de conversión deben trabajar de manera coordinada para obtener la conversión deseada. Así, por ejemplo, para obtener tensión en una de las fases de alterna, se debe aplicar una tensión determinada en el bloque primario (positiva o negativa) y coordinar los interruptores del bloque secundario de conversión para aplicar la tensión de fase correspondiente.

El sistema comprende, además, un controlador que está comunicado con los interruptores controlables de ambos bloques de conversión y que está configurado para provocar la apertura y el cierre de dichos interruptores de manera controlada y coordinada, para realizar la conversión de energía.

De esta manera se obtiene un sistema que, con aislamiento galvánico entre el lado de continua y el lado de alterna (mediante el bloque transformador), proporciona una única conversión CC/AC (o AC/CC, dependiendo de la dirección). Además, al haber una sola conversión el sistema requiere una menor capacidad que en el estado de la técnica, al no requerirse ningún condensador (más allá del condensador entre los terminales del lado de continua, en todo caso), lo que contribuye además a la eliminación de fluctuaciones en la potencia monofásica.

En este sistema, el trabajo coordinado de los bloques de conversión permite trabajar al transformador a una frecuencia superior a la de red, reduciendo su tamaño y coste con respecto a los transformadores empleados en el estado de la técnica.

El bloque secundario de conversión comprende un sub-bloque secundario respectivo para cada una de las fases, comprendiendo cada sub-bloque secundario un primer terminal y un segundo terminal para la fase correspondiente y una pluralidad de interruptores controlables comunicados con el controlador. Cada sub-bloque secundario está conectado eléctricamente a un devanado secundario respectivo del bloque del transformador, comprendiendo cada uno de los devanados secundarios del bloque transformador un primer extremo conectado eléctricamente al primer terminal del sub-bloque secundario correspondiente y un segundo extremo conectado eléctricamente al segundo terminal de dicho sub-bloque secundario correspondiente.

Cada sub-bloque secundario comprende un primer bloque interruptor que está conectado eléctricamente al devanado secundario correspondiente del bloque del transformador y al menos a uno de los terminales de dicho sub-bloque secundario, y un segundo bloque interruptor. El primer bloque interruptor comprende al menos un interruptor controlable comunicado con el controlador, y el segundo bloque interruptor comprende al menos un interruptor controlable comunicado con el controlador.

El segundo bloque interruptor está conectado directamente entre los dos terminales de dicho sub-bloque secundario, comprendiendo dicho segundo bloque interruptor un primer extremo conectado directamente al primer terminal de dicho sub-bloque secundario y un segundo extremo que está conectado directamente al segundo terminal de dicho sub-bloque secundario.

De acuerdo con la invención, una "conexión directa" (y "directamente conectada") debe interpretarse como una conexión limitada a una conexión directa entre dos puntos, no a través de ningún otro componente o elemento dispuesto entre dichos dos puntos.

Con dicha configuración de los sub-bloques secundarios se obtiene un sistema más flexible que permite, por ejemplo, más opciones para su control y una mayor flexibilidad al diseñar el propio sistema.

Para convertir energía continua en energía alterna trifásica, el controlador está configurado para actuar sobre los interruptores controlables del bloque primario de conversión y del bloque secundario de conversión según una técnica de control seleccionada entre: una primera técnica, en la que los interruptores controlables del bloque primario de conversión están controlados para aplicar una tensión de continua en el primer devanado del bloque transformador dividida en periodos de tiempo de una duración determinada, estando dividido cada periodo de tiempo en tres subperiodos de tal manera que el valor medio de la tensión aplicada al primer devanado del bloque transformador en cada intervalo del periodo de tiempo es igual a cero, y en la que los interruptores controlables del bloque secundario de conversión se controlan de tal manera que se asigna un respectivo subperiodo a cada fase, conectando en cada caso los terminales del bloque secundario de conversión correspondiente de dicha fase al devanado secundario correspondiente del bloque transformador; y una segunda técnica, en la que los interruptores controlables del bloque primario de conversión están controlados para aplicar una tensión de continua en el primer devanado del bloque transformador que es una tensión cuadrada de un periodo, comprendiendo dicho periodo una tensión positiva durante la mitad de su duración y una tensión negativa el resto del tiempo, y en la que los interruptores controlables del bloque secundario de conversión están controlados de manera que los terminales correspondientes a una fase se conectan al devanado secundario correspondiente del bloque transformador en el semi-ciclo positivo o en el semi-ciclo negativo de la tensión continua en los periodos, en función de si la tensión alterna correspondiente a generar es positiva o negativa respectivamente.

Otro aspecto de la invención se refiere a un método para controlar un sistema de conversión de energía eléctrica según el aspecto anterior de la invención. En el método, se controlan los interruptores controlables de los dos bloques de conversión del sistema mediante el controlador de dicho sistema, para la conversión de potencia continua en alterna o para la conversión de potencia alterna trifásica en continua. Para convertir energía continua en energía alterna trifásica se aplica una técnica de control específica, seleccionándose dicha técnica de control entre: una primera técnica de control en la que la tensión continua a aplicar en el primer devanado del bloque transformador está dividida en periodos de tiempo de una duración determinada, estando dividido cada periodo de tiempo en tres subperiodos, y asignándose un respectivo subperiodo a cada fase, conectando en cada caso los terminales del bloque secundario de conversión correspondiente a dicha fase al devanado secundario correspondiente del bloque transformador, con el valor medio de la tensión aplicada al primer devanado del bloque transformador en cada intervalo del periodo de tiempo siendo igual a cero; y una segunda técnica de control en la que la tensión continua que se aplica en el primer devanado del bloque transformador es una tensión cuadrada de un periodo, comprendiendo dicho periodo una tensión positiva durante la mitad de su duración y una tensión negativa el resto del tiempo, controlándose los interruptores controlables del bloque secundario de conversión de manera que los terminales correspondientes a una fase se conectan al devanado secundario correspondiente del bloque transformador en semi-ciclo positivo o en el semi-ciclo negativo de la tensión continua en los periodos, en función de si la tensión alterna correspondiente a generar es positiva o negativa respectivamente. Con el método se obtienen las ventajas comentadas para el sistema.

Otro aspecto de la invención se refiere a una instalación de conversión de energía eléctrica, que comprende una pluralidad de sistemas de conversión según el primer aspecto de la invención, estando dichos sistemas conectados en serie. Los tres primeros terminales del bloque secundario de conversión del primer sistema están conectados en estrella entre sí, y el primer terminal asociado a cada fase de alterna del resto de los sistemas están conectados al segundo terminal de la fase correspondiente del sistema anterior. Las ventajas descritas para el sistema se obtienen también con la instalación y, además, también se obtiene una instalación de alto voltaje.

Estas y otras ventajas y características de la invención se harán evidentes a la vista de las figuras y de la descripción detallada de la invención.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra esquemáticamente una planta fotovoltaica del estado de la técnica.

La figura 2 muestra esquemáticamente una realización del sistema de conversión de energía eléctrica de la invención.

La figura 3a muestra con más detalle un bloque secundario de conversión del sistema de la figura 2, conectado al devanado secundario del bloque transformador de dicho sistema.

La figura 3b muestra un bloque secundario de conversión de otra realización del sistema de la invención, conectado al devanado secundario del bloque transformador de dicho sistema.

La figura 4 muestra esquemáticamente otra realización del sistema de conversión de energía eléctrica de la invención.

La figura 5 muestra esquemáticamente otra realización del sistema de conversión de energía eléctrica de la invención.

La figura 6a muestra el estado de los interruptores de los bloques de conversión del sistema de la figura 2, para obtener una tensión positiva en la fase R y una tensión igual a cero en las fases S y T.

La figura 6b muestra el estado de los interruptores de los bloques de conversión del sistema de la figura 2, para obtener una tensión negativa en la fase S y una tensión igual a cero en las fases R y T.

5 La figura 6c muestra el estado de los interruptores de los bloques de conversión del sistema de la figura 2, para obtener una tensión igual a cero en las tres fases de alterna.

La figura 7 muestra la tensión alterna trifásica en la salida del sistema de la figura 2, cuando se convierte una tensión continua en alterna trifásica.

10 La figura 8a muestra una representación de un tiempo discreto según una primera técnica de control a aplicar en el sistema de la figura 2, para obtener las tensiones instantáneas en el punto T1 de la figura 7.

La figura 8b muestra una representación de un periodo determinado según una segunda técnica de control a aplicar en el sistema de la figura 2, para obtener las tensiones instantáneas en el punto T2 de la figura 7.

15 La figura 9a muestra esquemáticamente un sub-bloque secundario de una realización del sistema de conversión de energía eléctrica de la invención, que comprende un circuito de descarga.

La figura 9b muestra esquemáticamente un sub-bloque secundario de otra realización del sistema de conversión de energía eléctrica de la invención, que comprende un circuito de descarga.

20 La figura 10 muestra esquemáticamente una realización de una instalación de conversión de energía eléctrica según la invención, con tres sistemas de conversión de energía eléctrica conectados en serie.

25 EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Un aspecto de la invención se refiere a un sistema 100 de conversión de energía eléctrica, como el mostrado a modo de ejemplo en la figura 2, que está configurado para realizar una conversión de potencia continua a potencia alterna trifásica R, S y T y viceversa, y comprende un lado de continua con un terminal positivo DC1 y un terminal negativo DC2, y un lado de alterna con un primer terminal R1t, S1t, T1t y un segundo terminal R2t, S2t, T2t por cada una de las tres fases R, S y T de alterna.

35 Para realizar la conversión, el sistema 100 comprende un bloque primario de conversión 1, un bloque secundario de conversión 2, y un bloque transformador 3 que proporciona un aislamiento galvánico entre los dos bloques de conversión 1 y 2, y que comprende al menos un devanado primario 3.1 conectado al bloque primario de conversión 1 y tres devanados secundarios 3.2R, 3.2S y 3.2T conectados al bloque secundario de conversión 2, estando cada devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T asociado a una fase R, S y T de alterna respectiva.

40 El bloque primario de conversión 1 comprende los dos terminales DC1 y DC2 del lado de continua del sistema 100, y una pluralidad de interruptores controlables para poder controlar el flujo de energía eléctrica entre dichos terminales DC1 y DC2 y el bloque transformador 3. El bloque primario de conversión 1 comprende, preferentemente, una topología de puente completo, pero pudiera comprender cualquier otra topología CC/CA, como una topología de medio puente o puente multinivel, por ejemplo.

45 Por su parte, el bloque secundario de conversión 2 comprende el primer terminal R1t, S1t y T1t y el segundo terminal R2t, S2t y T2t del lado de alterna por fase R, S y T de alterna del sistema 100 (seis terminales R1t, S1t, T1t, R2t, S2t and T2t en total), y una pluralidad de interruptores controlables asociados a cada fase R, S y T para poder controlar el flujo de energía eléctrica, en cada caso, entre los terminales R1t, S1t, T1t, R2t, S2t and T2t correspondientes y el bloque transformador 3.

50 Los interruptores controlables de los dos bloques de conversión 1 y 2 son, preferentemente, del tipo IGBT con un diodo en antiparalelo, pero podrían ser del tipo MOSFET, IGCT, GTO o cualquier otro tipo equivalente.

55 El sistema 100 comprende además un controlador 4 que está comunicado con los interruptores controlables de los dos bloques de conversión 1 y 2, y que está configurado para provocar la apertura y el cierre de dichos interruptores de manera controlada y coordinada, para realizar la conversión de energía como se requiera.

60 El bloque secundario de conversión 2 comprende un sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T para cada una de las fases R, S y T de alterna. Cada sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T comprende el primer terminal R1t, S1t y T1t y el segundo terminal R2t, S2t y T2t respectivos para la fase R, S y T de alterna correspondiente, y una pluralidad de interruptores controlables comunicados con el controlador 4. El hecho de disponer de dos terminales para cada fase R, S y T permite conectar el sistema 100 a otro sistema 100, preferentemente en serie, caso en el que se emplea un terminal R1t, S1t y T1t como terminal de entrada y el otro terminal R2t, S2t y T2t como terminal de salida, como se detallará más adelante, aunque también podrían conectarse en paralelo.

65

Cada sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T está conectado a un devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T respectivo del bloque transformador 3. Cada uno de dichos devanados secundarios 3.2R, 3.2S y 3.2T comprende una primera borna 3e1 conectada al primer terminal R1t, S1t y T1t del sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T correspondiente, y una segunda borna 3e2 conectada al segundo terminal R2t, S2t y T2t de dicho sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T correspondiente, directamente o a través de un interruptor controlable como se detalla más adelante.

Cada sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T comprende además un primer bloque interruptor 1MS respectivo, que está conectado al devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T correspondiente del bloque transformador 3 y a al menos uno de los terminales R1t, S1t, T1t, R2t, S2t and T2t de dicho sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T, y que comprende al menos uno de los interruptores controlables y comunicados con el controlador 4; y un segundo bloque interruptor 2MS respectivo, que está conectado entre los dos terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t del sub-bloque 2R, 2S y 2T correspondiente y que comprende el resto de interruptores controlables y comunicados con el controlador 4 de dicho sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T.

Como también se ha descrito anteriormente, según la invención, una "conexión directa" (y "directamente conectada") debe interpretarse como una conexión limitada a una conexión directa entre dos puntos, no a través de ningún otro componente o elemento dispuesto entre dichos dos puntos. Dicha conexión se puede ver en las figuras, entre el segundo bloque interruptor 2MS y los dos terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t del sub-bloque 2R, 2S y 2T correspondiente, por ejemplo.

El primer bloque interruptor 1MS puede comprender una configuración seleccionada al menos entre:

- una primera configuración en la que el primer bloque interruptor 1MS comprende un primer interruptor T1R con un diodo en antiparalelo, conectado entre la primera borna 3e1 del devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T correspondiente del bloque transformador 3 y el primer terminal R1t, S1t y T1t del sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T correspondiente, y un segundo interruptor T4R con un diodo en antiparalelo, conectado entre la segunda borna 3e2 del devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T correspondiente de dicho bloque transformador 3 y el segundo terminal R2t, S2t y T2t del sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T correspondiente (configuración representada en la figura 3a),
- una segunda configuración en la que el primer bloque interruptor 1MS comprende un interruptor bidireccional con diodos en antiparalelo, conectado entre la primera borna 3e1 del devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T correspondiente del bloque transformador 3 y el primer terminal R1t, S1t y T1t de dicho sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T (configuración representada en la figura 3b), y
- una tercera configuración en la que el primer bloque interruptor 1MS comprende un interruptor bidireccional con diodos en antiparalelo, conectado entre la segunda borna 3e2 del devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T correspondiente del bloque transformador 3 y el segundo terminal R2t, S2t y T2t de dicho sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T (configuración no representada en las figuras).

El segundo bloque interruptor 2MS, por su parte, comprende una configuración seleccionada al menos entre una primera configuración en la que comprende un interruptor bidireccional con diodos en antiparalelo, o una segunda configuración en la que comprende dos interruptores T2R y T3R conectados en anti-serie en una conexión medio 2MSM, como se muestra en las Figuras, comprendiendo cada interruptor T2R y T3R un diodo en antiparalelo.

Son posibles diferentes combinaciones de las configuraciones del primer bloque interruptor 1MS y del segundo bloque interruptor 2MS. Algunas realizaciones del sistema 100 pueden comprender primeros bloques interruptor 1MS con la primera configuración y segundos bloques interruptor 2MS con la primera configuración; otras realizaciones del sistema 100 pueden comprender primeros bloques interruptor 1MS con la primera configuración y segundos bloques interruptor 2MS con la segunda o tercera configuración; otras realizaciones del sistema 100 pueden comprender primeros bloques interruptor 1MS con la segunda configuración y segundos bloques interruptor 2MS con la primera configuración; y otras realizaciones del sistema 100 pueden comprender primeros bloques interruptor 1MS con la segunda configuración y segundos bloques interruptor 2MS con la segunda o tercera configuración.

De esta manera, gracias a los dos bloques interruptor 1MS y 2MS de cada sub-conversor secundario 2R, 2S y 2T, los terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t de cada uno de dichos sub-conversores secundarios 2R, 2S y 2T se pueden conectar al devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T correspondiente del bloque transformador 3 cuándo y cómo se requiera para realizar la conversión de energía. Dichos terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t se pueden cortocircuitar y desconectar del devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T correspondiente cuando no se quiere realizar una conversión (cuando no se quiere ninguna tensión entre dichos terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t), mediante el segundo bloque interruptor 2MS. Así, gracias a esa flexibilidad, se puede proporcionar un control de la potencia activa y reactiva en los cuatro cuadrantes.

De este modo, con la configuración propuesta se obtiene un sistema más flexible que permite, por ejemplo, más opciones para su control y una mayor flexibilidad al diseñar el sistema en sí, no estando limitado a estrategias de control específicas como ocurre en el sistema descrito del estado de la técnica.

Tal y como se ha descrito, por medio del correspondiente segundo bloque interruptor 2MS, los terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t de un sub-conversor secundario 2R, 2S o 2T están cortocircuitados. Dicho cortocircuito no sería posible sin una conexión directa entre dicho segundo bloque interruptor 2MS y dichos terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t. En consecuencia, se asegura que la tensión entre dichos terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t sea nula cuando se desee, en contraste con el sistema descrito en US2013/0314948A1. Por lo tanto, al controlar el sistema, es posible garantizar este voltaje nulo cuando se desee, obteniéndose dicha opción fácilmente con dicha configuración propuesta.

Además, con las diferentes combinaciones posibles propuestas del sistema, también se puede evitar un efecto sobre el correspondiente bobinado secundario 3.2R, 3.2S o 3.2T del bloque transformador 3 debido a dicho cortocircuito, por medio del correspondiente primer bloque interruptor 1MS (si el interruptor controlable (o interruptores) está abierto). Por lo tanto, dichas combinaciones permiten que el cortocircuito de los terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t de cualquiera de los sub-conversores secundarios 2R, 2S o 2T no se reflejen en el bloque transformador 3, y la configuración del primario del bloque transformador 3 también se puede diseñar sin considerar dichas situaciones en su secundario. En el sistema divulgados en US2013/0314948A1, el cortocircuito de los terminales de cualquier sub-conversor secundario implica el cortocircuito entre los dos extremos del devanado secundario correspondiente del transformador y, por lo tanto, la configuración del primario del transformador no puede ser diseñado sin considerar dichas situaciones en su secundario. En consecuencia, las diferentes combinaciones posibles propuestas en la invención permiten una mayor flexibilidad al diseñar el sistema en sí.

Preferiblemente, cada sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T comprende al menos un circuito de descarga 2RD; 2RD' respectivo, configurado para proporcionar un camino eléctrico para una corriente que pasa a través del sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T correspondiente desde un terminal R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t de dicho sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T al otro terminal R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t de dicho sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T, para proteger el interruptor controlable (o interruptores) del primer bloque interruptor 1MS y / o del segundo bloque interruptor 2MS, no incluyendo dicha ruta eléctrica de los interruptores controlables incluidos en 1MS y/o 2MS.

Cuando se va a cambiar el estado de un interruptor controlable de cualquiera de los bloques interruptor 1MS o 2MS, especialmente del estado cerrado al estado abierto, existe el riesgo de generar una sobretensión entre los extremos de dicho interruptor controlable, lo que podría derivar en que dicho interruptor resulte dañado. Este efecto podría ser peligroso en los interruptores controlables del primer bloque interruptor 1MS debido a las inductancias parásitas relacionadas con el bloque transformador 3 y las inductancias parasitarias relacionadas con los cables de los sub-bloques secundarios 2R, 2S y 2T, y en los interruptores controlables del segundo bloque interruptor 2MS debido a los cables correspondientes y las inductancias de un posible filtro de salida conectado a los terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t del sub-bloque secundario correspondiente 2R, 2S y 2T. Debido a dichas inductancias, cuando cualquiera de los interruptores controlables (o interruptor) del primer bloque interruptor 1MS y cualquiera de los interruptores controlables (o interruptor) del segundo bloque interruptor 2MS está cambiando su estado de estado cerrado a estado abierto, se genera una sobretensión transitoria que podría dañar dicho interruptor controlable.

Gracias al correspondiente circuito de descarga 2RD; 2RD', a pesar de que dicho interruptor controlable está abierto, la corriente encuentra otro camino para fluir y se evita que la tensión generada entre los bornes de dicho interruptor controlable durante dicho cambio, debido a las inductancias parásitas, alcance un valor que podría dañar dicho interruptor. Por lo tanto, el circuito de descarga 2RD proporciona una función de seguridad para los interruptores controlables del primer bloque interruptor 1MS y / o para los interruptores controlables del segundo bloque interruptor 2MS, obteniéndose un sistema más fiable y robusto.

El circuito de descarga 2RD; 2RD' puede ser pasivo o activo, y, si el sistema 100 comprende más de un circuito de descarga 2RD; 2RD', preferiblemente todos ellos son del mismo tipo (pasivos o activos).

Las siguientes explicaciones sobre el circuito de descarga 2RD; 2RD' se realizan para un sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T en aras de la claridad, pero hay que señalar que todos los sub-bloques secundarios 2R, 2S y 2T pueden comprender un circuito de descarga 2RD; 2RD', o solo uno o dos de ellos.

En algunas realizaciones, el circuito de descarga 2RD; 2RD' está configurado al menos para proteger los interruptores del primer bloque interruptor 1MS, cuando dicho primer bloque interruptor 1MS comprende la primera configuración. En dicha configuración, dicho primer bloque interruptor 1MS comprende dos interruptores controlables T1R y T4R, como se muestra en la figura 3a, por ejemplo.

En el caso de un circuito de descarga 2RD activo, como el que se muestra en la figura 9a, por ejemplo, el circuito de descarga 2RD comprende un subcircuito de descarga conectado en paralelo al interruptor controlable a proteger. Preferiblemente, el circuito de descarga 2RD comprende un primer subcircuito de descarga 2RD_{a1} conectado en paralelo al primer interruptor controlable T1R y un segundo subcircuito de descarga 2RD_{a4} conectado en paralelo al segundo interruptor controlable T4R, como se muestra en la Figura 9a.

En algunas realizaciones, el circuito de descarga 2RD; 2RD' está configurado al menos para proteger los conmutadores del segundo bloque interruptor 2MS, cuando dicho segundo bloque interruptor 2MS comprende la segunda configuración. En dicha configuración, dicho segundo bloque interruptor 2MS comprende dos interruptores controlables T2R y T3R, como se muestra en la figura 3a, por ejemplo.

En el caso de un circuito de descarga 2RD activo, como el que se muestra en la figura 9a, por ejemplo, el circuito de descarga 2RD comprende un subcircuito de descarga conectado en paralelo al interruptor controlable a proteger. Preferiblemente, el circuito de descarga 2RD comprende un primer subcircuito de descarga 2RDa2 conectado en paralelo al interruptor T2R y un segundo subcircuito de descarga 2RDa3 conectado en paralelo al interruptor T3R, como se muestra en la realización mostrada en la figura 9a.

Preferiblemente, el primer bloque interruptor 1MS está configurado con la primera configuración, y el segundo bloque interruptor 2MS está configurado con la segunda configuración; y el sistema 100 comprende un subcircuito de descarga 2RDa1 a 2RDa4 activo respectivo para cada uno de los interruptores controlables T1R a T4R de los bloques interruptor 1MS y 2MS.

Otras combinaciones y/o configuraciones también son posibles para otras realizaciones del sistema 100 que incluyen circuitos de descarga 2RD activos.

Cada subcircuito de descarga 2RDa1 a 2RDa4 del sistema 100 comprende preferiblemente un interruptor de descarga S, un condensador C y un diodo D conectados en serie, y una resistencia R conectada en paralelo con el condensador C. Por lo tanto, cada interruptor controlable que comprende un circuito de descarga 2RDa1 conectado en paralelo comprende un interruptor de descarga S asociado. El controlador 4 se comunica con todos los interruptores de descarga S del sistema 100 y está configurado para controlar de manera sincronizada un interruptor de descarga S y su interruptor controlable asociado T1R a T4R, de tal manera que un interruptor de descarga S se cierra al mismo tiempo que su interruptor controlable T1R a T4R asociado, pero se abre con un retraso con respecto a dicho interruptor controlable T1R a T4R. Dicho retardo permite que la corriente fluya a través de él cuando el interruptor controlable asociado T1R a T4R se abre, durante el tiempo de retardo, y se evita la sobretensión en bornes de dicho interruptor controlable T1R a T4R. El valor del retardo se puede predeterminar según sea necesario.

En otras realizaciones, como la relacionada con el sub-bloque secundario 2R que se muestra en la figura 9b, el circuito de descarga 2RD' es un circuito de descarga pasivo. Preferiblemente, cada circuito de descarga 2RD' pasivo comprende un primer diodo 1DD para el primer interruptor T1R del primer bloque interruptor 1MS y un segundo diodo 2DD para el segundo interruptor T2R del segundo bloque interruptor 2MS, estando ambos diodos 1DD y 2DD conectados directamente en un punto de conexión 2RDM y formando una rama conectada en paralelo al correspondiente bobinado secundario 3.2R, 3.2S o 3.2T del bloque transformador 3. El ánodo de cada diodo 1DD y 2DD está conectado directamente al colector o drenaje del interruptor T1R y T4R correspondiente, y el cátodo de ambos diodos 1DD y 2DD están conectados directamente entre sí en el punto de conexión 2RDM. Cada circuito de descarga 2RD' comprende además un condensador 1CD que comprende un primer extremo conectado al punto de conexión 2RDM y un segundo extremo conectado directamente al segundo bloque interruptor 2MS, en particular al punto medio de conexión 2MSM del segundo bloque interruptor 2MS. Por lo tanto, cuando un interruptor T1R o T4R está cambiando de estado cerrado a estado abierto, la corriente fluye a través del diodo correspondiente 1DD o 2DD, el condensador 1CD y un diodo antiparalelo del segundo bloque interruptor 2MS. La corriente fluye desde un terminal R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t del sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T al otro terminal R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t de dicho sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T, y, dependiendo de la dirección de la corriente, fluye a través de uno u otro diodo antiparalelo del segundo bloque interruptor 2MS.

En algunas realizaciones del sistema 100, como la mostrada en la figura 2, el bloque transformador 3 comprende un único transformador 3.0 con un devanado primario 3.1 y tres devanados secundarios 3.2R, 3.2S y 3.2T. Todos los devanados secundarios 3.2R, 3.2S y 3.2T comprenden, preferentemente, un mismo número de espiras, y la relación de espiras entre el devanado primario y los devanados secundarios dependerá de los requisitos de conversión.

En otras realizaciones, como la mostrada a modo de ejemplo en la figura 4, el bloque transformador 3 comprende tres transformadores 3.0, comprendiendo cada uno de ellos un devanado primario 3.1 conectado al bloque primario de conversión 1 y un devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T conectado al bloque secundario de conversión 2. Al contrario del sistema descrito en US2013/0314948A1, donde si se tienen una pluralidad de devanados primarios estos se conectan en serie, los devanados primarios 3.1 del sistema 100 propuesto están conectados en paralelo entre sí, y, preferentemente, comprenden un mismo número de espiras. Este hecho es posible gracias a la configuración del sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T, y especialmente a la configuración y disposición de los bloques interruptor 1MS y 2MS (en cualquiera de las combinaciones posibles descritas anteriormente), lo que permite cortocircuitar los terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t de dichos sub-bloques secundarios 2R, 2S y 2T sin que afecten a los devanados secundarios 3.2R, 3.2S y 3.2T del bloque transformador 3. Por lo tanto, dicho cortocircuito no se refleja en el primario del bloque transformador 3, y dicho primario puede diseñarse como se desee o como se requiera sin las limitaciones del sistema descrito en US2013 / 0314948A1. Cada uno de los devanados secundarios 3.2R, 3.2S y 3.2T está asociado a una fase R, S, y T respectiva (conectado a un sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T respectivo), y

comprenden preferentemente un mismo número de espiras. La relación de espiras entre los devanados primarios 3.1 y los devanados secundarios 3.2R, 3.2S y 3.2T dependerá de los requisitos de conversión.

En otras realizaciones, como la mostrada a modo de ejemplo en la figura 5, el bloque transformador 3 comprende tres transformadores 3.0, comprendiendo cada uno de ellos un devanado primario 3.1 conectado al bloque primario de conversión 1 y un devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T conectado al bloque secundario de conversión 2, y el bloque primario de conversión 1 comprende tres sub-bloques de conversión 1.1, 1.2 y 1.3, cada uno de ellos conectado a un devanado primario 3.1 correspondiente. Cada sub-bloque de conversión 1.1, 1.2 y 1.3 comprende un terminal positivo y un terminal negativo, mediante los cuales dichos sub-bloques de conversión 1.1, 1.2 y 1.3 están unidos en paralelo entre sí.

También se debe tener en cuenta que, en términos generales, la configuración del sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T, en cualquiera de las posibles combinaciones descritas anteriormente, también permite que el bloque transformador 3 comprenda un número de devanados primarios 3.1 igual a el número de puertos primarios del sistema 100, un puerto primario acoplado al bloque primario de conversión 1 para recibir la tensión de alterna de dicho bloque primario de conversión 1. Todos los puertos primarios están conectados de manera que están configurados para recibir la misma tensión de alterna desde dicho bloque primario de conversión 1, es decir, están conectados en paralelo (en contraste con el sistema descrito en US2013/0314948A1).

El sistema 100 es especialmente ventajoso en las aplicaciones fotovoltaicas, en las que un sistema 100 como el descrito, en cualquiera de sus realizaciones y/o configuraciones, se conecta al menos a un generador fotovoltaico 1001 acoplado en los terminales DC1 y DC2 del lado de continua. El generador 1001 genera una potencia continua entre los terminales DC1 y DC2, que el sistema 100 convierte a potencia alterna trifásica.

Otro aspecto de la invención se refiere a un método de control adaptado para ser implementado en un sistema 100 como el comentado (en cualquiera de sus configuraciones y/o realizaciones). Con el método se provoca la apertura y el cierre controlado y coordinado de los interruptores controlables de los dos bloques de conversión 1 y 2 de dicho sistema 100, mediante el controlador 4 de dicho sistema 100, para la conversión de potencia eléctrica continua en alterna o viceversa

En el método:

- tal y como se representa en la secuencia representada en la figura 6a, donde se mantienen los interruptores cerrados y se han eliminado los interruptores abiertos, con respecto a la figura 2, y en donde la tensión positiva corresponde a la fase R, siendo la tensión igual a cero en las fases S y T, para tener una tensión positiva en una fase (explicado con respecto a la fase R): se aplica tensión positiva al devanado primario 3.1 del bloque transformador 3, se provoca el cierre del interruptor, o interruptores, del primer bloque interruptor del sub-bloque secundario 2R, y se provoca la apertura del interruptor, o interruptores, del segundo bloque interruptor de dicho sub-bloque secundario 2R. El resto de las fases no se transfiere potencia a la salida, abriendo los primeros bloques interruptor 1MS y cerrando los segundos bloques interruptor 2MS correspondientes.
- tal y como se representa en la secuencia representada en la figura 6b, donde se mantienen los interruptores cerrados y se han eliminado los interruptores abiertos, con respecto a la figura 2, y en donde la tensión negativa corresponde a la fase S, siendo la tensión igual a cero en las fases R y T, para tener una tensión negativa en una fase (explicado con respecto a la fase S): se aplica tensión negativa al devanado primario 3.1 del bloque transformador 3, se provoca el cierre del primer bloque interruptor 1MS del sub-bloque secundario 2S, y se provoca la apertura del interruptor, o interruptores, del segundo bloque interruptor 2MS de dicho sub-bloque secundario 2S. El resto de las fases no se transfiere potencia a la salida, abriendo los primeros bloques interruptor 1MS y cerrando los segundos bloques interruptor 2MS correspondientes.
- Para tener una tensión igual a cero (secuencia representada en la figura 6c, donde se mantienen los interruptores cerrados y se han eliminado los interruptores abiertos, con respecto a la figura 2, donde la tensión es igual a cero en las tres fases R, S y T): se provoca la apertura del interruptor, o interruptores, del primer bloque interruptor 1MS del sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T, y se provoca el cierre del interruptor, o interruptores, segundo bloque interruptor 2MS de dicho sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T.

Así, el controlador 4 del sistema 100 está configurado para actuar sobre los interruptores controlables de ambos bloques de conversión 1 y 2 de manera controlada y coordinada, para que se cumplan estas consideraciones.

Además, y gracias a la configuración de los bloques 1, 2 y 3 del sistema 100, para realizar la conversión, en algunas realizaciones el controlador 4 está configurado para ejecutar una primera técnica de control que se detalla a continuación, y en otras realizaciones dicho controlador 4 está configurado para ejecutar una segunda técnica de control que se detalla más adelante, evitándose la saturación del transformador en ambos casos. Ambas técnicas de control implican un control coordinado sobre los interruptores controlables de los dos bloques de conversión 1 y 2.

Primera técnica de control (explicada con respecto a una conversión de continua a alterna trifásica):

- En esta técnica de control, la conversión de potencia continua a potencia alterna se realiza mediante periodos de tiempo H, en donde se establecen tres subperiodos H1, H2 y H3 secuenciales para cada periodo de tiempo H, comprendiendo cada fase R, S y T un subperiodo H1, H2 y H3 asociado. En cada uno de los subperiodos H1, H2 y H3 se aplica en el devanado primario 3.1 del bloque transformador 3 una tensión de un signo positivo o negativo, de acuerdo con el signo requerido de la tensión del devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T del sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T correspondiente al subperiodo H1, H2 y H3. En cada subperiodo H1, H2 y H3, el tiempo en el que se aplica la tensión en el devanado primario 3.1 del bloque transformador 3 es tal que el valor medio de la tensión resultante en el sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T correspondiente en un periodo H sea el requerido por el control para ese periodo de tiempo H y esa fase R, S o T. Siendo el valor medio de la aplicada al devanado primario 3.1 del bloque transformador 3 igual a cero en cada periodo de tiempo H, para evitar la saturación del bloque transformador 3.

En referencia al instante de tiempo T1 representado en la figura 7, a modo de ejemplo, en dicho instante de tiempo T1 la tensión de la fase R comprende su valor máximo, mientras que las tensiones de las fases S y T comprenden un valor negativo. Para generar dichas tensiones en dicho instante de tiempo T1, con dicha primera técnica de control y tal y como se representa en la figura 8a de manera gráfica, el controlador 4 está configurado para actuar sobre los interruptores controlables de manera que:

- en el subperiodo H1, se aplica una tensión positiva al devanado primario 3.1 del bloque transformador 3, se provoca el cierre del interruptor, o interruptores, del primer bloque interruptor del sub-bloque secundario 2R, y se provoca la apertura del interruptor, o interruptores, del segundo bloque interruptor de dicho sub-bloque secundario 2R. El resto de las fases, no se transfiere potencia a la salida, abriendo los primeros bloques interruptor 1MS y cerrando los segundos bloques interruptor 2MS correspondientes (caso de la figura 6a),
- en el subperiodo H2, se aplica una tensión negativa al devanado primario 3.1 del bloque transformador 3, se provoca el cierre del interruptor, o interruptores, del primer bloque interruptor 1MS del sub-bloque secundario 2S, y se provoca la apertura del interruptor, o interruptores, del segundo bloque interruptor 2MS de dicho sub-bloque secundario 2S. El resto de las fases, no se transfiere potencia a la salida, abriendo los primeros bloques interruptor 1MS y cerrando los segundos bloques interruptor 2MS correspondientes (caso de la figura 6b), y
- en el subperiodo H3, se aplica una tensión negativa al devanado primario 3.1 del bloque transformador 3, se provoca el cierre del interruptor, o interruptores, del primer bloque interruptor del sub-bloque secundario 2T, y se provoca la apertura del interruptor, o interruptores, del segundo bloque interruptor de dicho sub-bloque secundario 2T. El resto de las fases, no se transfiere potencia a la salida, abriendo los primeros bloques interruptor 1MS y cerrando los segundos bloques interruptor 2MS correspondientes (caso no representado en las figuras).

En cada subperiodo H1, H2 y H3, el tiempo en el que se aplica la tensión en el devanado primario 3.1 del bloque transformador 3 es tal que, el valor medio de la tensión resultante en el devanado secundario 3.2R, 3.2S, 3.2T en un periodo de tiempo H es el requerido por el control para ese periodo de tiempo H y esa fase R, S o T. Siendo el valor medio de la aplicada al devanado primario 3.1 del bloque transformador 3 igual a cero en cada periodo de tiempo H, para evitar la saturación del bloque transformador 3.

La duración de los subperiodos H1, H2 y H3 puede ser la misma, tal y como se representa en el ejemplo de la figura 8a, asegurándose que en cada uno de ellos se pueda aplicar la tensión continua necesaria en el devanado primario 3.1 para obtener la tensión alterna requerida en la fase correspondiente; o puede variar en función de la tensión continua a aplicar, pudiendo ser así la duración de los subperiodos H1, H2 y H3 diferente entre ellos, y variable. Preferentemente, el periodo de tiempo H se mantiene constante.

Segunda técnica de control (explicada con respecto a una conversión de continua a alterna trifásica):

- En esta técnica de control, para la conversión de potencia continua en potencia alterna trifásica, la tensión continua que se aplica en el devanado primario 3.1 es una tensión cuadrada de periodo P, comprendiendo dicha tensión continua en cada periodo P una tensión positiva durante la mitad de su duración (semi-ciclo positivo) y una tensión negativa el resto del tiempo (semi-ciclo negativo). Los interruptores controlables del bloque secundario de conversión 2 se controlan de manera que los terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t correspondientes a una fase R, S y T se conectan al devanado secundario 3.2R, 3.2S y 3.2T correspondiente del bloque transformador 3 en semi-ciclo positivo o en el semi-ciclo negativo de la tensión continua en un periodo determinado P, en función de si la tensión alterna correspondiente a generar es positiva o negativa respectivamente.

En este caso, la tensión continua a aplicar en el bloque transformador 3 siempre es la misma (tensión cuadrada de periodo P), siendo la actuación sobre los interruptores controlables del bloque secundario de conversión 2 la que se ajusta para tener la tensión alterna requerida de las fases R, S y T.

Tal y como se representa en la figura 8b, relativa a la tensión en las fases R, S y T en el instante de tiempo T2

mostrada en la figura 7, el controlador 4 está configurado para controlar la apertura y el cierre de los interruptores controlables del bloque primario de conversión 1 para generar la tensión continua cuadrada de periodo P y para controlar la apertura y cierre de los interruptores controlables del bloque secundario de conversión 2:

- para que los terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t del sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T correspondiente se conecten al segundo devanado 3.2R, 3.2S y 3.2T correspondiente durante al menos parte del semi-ciclo positivo de la tensión continua en el devanado primario 3.1 del bloque transformador 3; si se requiere una tensión positiva de la fase R, S y T correspondiente, y
- para que los terminales R1t y R2t, S1t y S2t, T1t y T2t del sub-bloque secundario 2R, 2S y 2T correspondiente se conecten al segundo devanado 3.2R, 3.2S y 3.2T correspondiente durante al menos parte del semi-ciclo negativo de la tensión continua en el devanado primario 3.1 del bloque transformador 3; si se requiere una tensión negativa de la fase R, S y T correspondiente.

En la segunda técnica de control, sí se puede estar generando tensión alterna para dos fases simultáneamente, a diferencia de lo que ocurría con la primera técnica de control.

En algunas realizaciones del método, se proporciona un camino alternativo asociado a al menos un interruptor controlable T1R a T4R del primer bloque interruptor 1MS y / o del segundo bloque interruptor 2MS para una corriente, durante un tiempo determinado, cuando dicho interruptor controlable T1R a T4R se abre, siendo dicho camino alternativo paralelo a dicho interruptor T1R a T4R. Cada camino alternativo se proporciona provocando la apertura de un interruptor de descarga S dispuesto en dicho camino con un retraso con respecto a la apertura del interruptor T1R a T4R correspondiente, tal como se describe para el sistema 100 de la invención, proporcionándose el camino alternativo desde la apertura del interruptor controlable a la apertura de su interruptor de descarga asociado S. El valor de dicho retardo es el tiempo determinado.

Otro aspecto de la invención se refiere a una instalación 1000 de conversión de energía eléctrica, que comprende una pluralidad de sistemas 100 de conversión como el comentado (en cualquiera de sus configuraciones y/o realizaciones). En el ejemplo mostrado en la figura 10, la instalación comprende tres sistemas 100 conectados entre sí. En contraste con el sistema descrito en US2013/0314948A1, la configuración del sistema 100 descrita previamente, en cualquiera de sus combinaciones, permite conectar una pluralidad de estos sistemas 100 en serie, y, así, se obtiene una instalación de alta tensión. La instalación 1000 de la figura 10 comprende un primer sistema 100, un sistema 100 intermedio y un último sistema 100. Para la conexión en serie, los tres primeros terminales del bloque de conversión secundario 2 del primer sistema 100 están conectados entre sí en estrella, y el primer terminal R1t, S1t and T1t de cada fase R, S y T del resto de sistemas 100 está conectado al segundo terminal R2t, S2t and T2t de la fase R, S y T correspondiente del sistema 100 precedente. Así, los tres segundos terminales R2t, S2t and T2t (uno asociado a cada fase R, S, y T) del último sistema 100 quedan libres (sin conectar), para poder acoplarse a donde se requieran.

La configuración de cada uno de los sistemas 100 permite cortocircuitarlo, como ya se ha descrito. Esto es especialmente ventajoso cuando falla un sistema 100, por ejemplo, puesto que cortocircuitándolo la instalación 1000 puede seguir funcionando con el resto de los sistemas 100. La única implicación que hay que considerar en la instalación 1000 es que la tensión que pudiera estar generando el sistema 100 en fallo hay que aportarla ahora con el resto de los sistemas 100, además de la que ya estaba aportando cada uno de ellos.

Preferentemente, la instalación 1000 está adaptada para acoplarse a una red eléctrica G, estando así los segundos terminales R2t, S2t and T2t del último sistema 100 adaptados para poder acoplarse a una red eléctrica G. En algunas realizaciones la instalación 1000 comprende, además, un filtro 5 conectado a dichos segundos terminales R2t, S2t and T2t, conectándose así dichos segundos terminales R2t, S2t and T2t a dicha red eléctrica G a través del filtro 5. En otras realizaciones no representadas en las figuras, además de dicho filtro 5 así dispuesto, la instalación 1000 comprende un filtro 5 dispuesto entre dos sistemas 100 contiguos, uniéndose un sistema 100 a otro a través de un filtro 5. Un filtro 5 está configurado para reducir o eliminar el contenido de armónicos de alta frecuencia de la tensión alterna trifásica.

La instalación 1000 comprende además un controlador general 9, encargado del control de las corrientes y de la potencia activa y reactiva de la instalación 1000 a la red eléctrica G, comunicado con los controladores 4 de todos los sistemas 100 que comprende dicha instalación 1000, que está configurado para recibir consignas externas (del controlador de planta, por ejemplo, con los requisitos de conversión) y para provocar que los controladores 4 controlen los interruptores controlables de los dos bloques de conversión 1 y 2 teniendo en cuenta dichas consignas externas. Dicho controlador general 9 está además configurado para provocar que todos los controladores 4 realicen sus operaciones de control de manera coordinada. El controlador general 9 puede estar además configurado para recibir medidas realizadas en la red eléctrica G (tensión y corriente, por ejemplo), y para considerar también dichas medidas a la hora de controlar los controladores 4. De esta manera, por ejemplo, puede adaptar el control a realizar por dichos controladores 4 si detecta modificaciones en la red eléctrica G.

En cada sistema 100 de la instalación 1000 puede estar implementando un método como el descrito previamente (en cualquiera de sus realizaciones y/o configuraciones), siguiendo todos los controladores 4 las pautas establecidas por el controlador general 9.

- 5 Preferentemente, la instalación 1000 es una instalación fotovoltaica, y comprende una pluralidad de paneles solares 1001 acoplados a los sistemas 100, en particular a los terminales DC1 y DC2 del lado de continua de dichos sistemas. Cada sistema 100 puede comprender un panel fotovoltaico 1001 acoplado, o una pluralidad de ellos.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de conversión de energía eléctrica que está configurado para realizar una conversión de potencia alterna trifásica a continua y viceversa, y que comprende un lado de continua con un terminal positivo (DC1) y un terminal negativo (DC2), y un lado de alterna con un primer terminal (R1t, S1t, T1t) y un segundo terminal (R2t, S2t, T2t) para ser acoplado a una red eléctrica trifásica por cada una de las tres fases (R, S, T), comprendiendo el sistema (100) además un bloque primario de conversión (1), un bloque secundario de conversión (2) y un bloque transformador (3) que comprende al menos un devanado primario (3.1) conectado al bloque primario de conversión (1) y tres devanados secundarios (3.2R, 3.2S, 3.2T) conectados al bloque secundario de conversión (2), estando cada devanado secundario (3.2R, 3.2S, 3.2T) asociado a una fase (R, S, T) de alterna respectiva, comprendiendo el bloque primario de conversión (1) los dos terminales (DC1, DC2) del lado de continua del sistema (100) y una pluralidad de interruptores controlables para poder controlar el flujo de energía eléctrica entre dichos terminales (DC1, DC2) del lado de continua del sistema (100) y el bloque transformador (3), comprendiendo el bloque secundario de conversión (2) el primer terminal (R1t, S1t, T1t) y el segundo terminal (R2t, S2t, T2t) del lado de alterna por fase (R, S, T) del sistema (100) y una pluralidad de interruptores controlables asociados a cada fase (R, S, T) para poder controlar el flujo de energía eléctrica, en cada caso, entre los terminales (R1t, S1t, T1t, R2t, S2t, T2t) correspondientes del lado de alterna del sistema (100) y el bloque transformador (3), y comprendiendo el sistema (100), además, un controlador (4) que está conectado con los interruptores controlables de ambos bloques de conversión (1, 2) y que está configurado para provocar la apertura y el cierre de dichos interruptores de manera controlada y coordinada para realizar la conversión de energía, comprendiendo el bloque secundario de conversión (2) un sub-bloque secundario (2S, 2R, 2T) para cada una de las fases (R, S, T), comprendiendo cada sub-bloque secundario (2S, 2R, 2T) el primer terminal (R1t, S1t, T1t) y el segundo terminal (R2t, S2t, T2t) del lado de alterna del sistema (100) para la fase (R, S, T) correspondiente y una pluralidad de interruptores controlables conectados con el controlador (4), y estando cada sub-bloque secundario (2S, 2R, 2T) conectado a un devanado secundario (3.2R, 3.2S, 3.2T) respectivo del bloque transformador (3), comprendiendo cada uno de los devanados secundarios (3.2R, 3.2S, 3.2T) del bloque transformador (3) una primera borna (3e1) conectada al primer terminal (R1t, S1t, T1t) del sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) correspondiente y una segunda borna (3e2) conectada al segundo terminal (R2t, S2t, T2t) de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) correspondiente, comprendiendo cada sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) un primer bloque interruptor (1MS) que está conectado entre el devanado secundario (3.2R, 3.2S, 3.2T) correspondiente del bloque transformador (3) y al menos uno de los terminales (R1t, S1t, T1t, R2t, S2t, T2t) de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T), y que comprende al menos un interruptor controlable conectado con el controlador (4), y un segundo bloque interruptor (2MS) que comprende al menos un interruptor controlable conectado con el controlador (4), **caracterizado porque** el segundo bloque interruptor (2MS) está conectado entre los dos terminales (R1t, S1t, T1t, R2t, S2t, T2t) de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) y comprende un primer extremo (2MSe1) directamente conectado al primer terminal (R1t, S1t, T1t) de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T), sin un componente o elemento dispuesto entre dicho (2MSe1) y dicho primer terminal (R1t, S1t, T1t), y un segundo extremo (2MSe2) directamente conectado al segundo terminal (R2t, S2t, T2t) de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T), sin un componente o elemento dispuesto entre dicho (2MSe2) y dicho segundo terminal (R2t, S2t, T2t) de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T), y, para convertir energía continua en energía alterna trifásica, estando configurado el controlador 4 para actuar sobre los interruptores controlables del bloque primario de conversión (1) y del bloque secundario de conversión (2) según una técnica de control seleccionada entre una primera técnica, en la que los interruptores controlables del bloque primario de conversión (1) están controlados para aplicar una tensión de continua en el primer devanado (3.1) del bloque transformador (3) dividida en periodos de tiempo (H) de una duración determinada, estando dividido cada periodo de tiempo (H) en tres subperiodos (H1, H2, H3) de tal manera que el valor medio de la tensión aplicada al primer devanado (3.1) del bloque transformador (3) en cada intervalo del periodo de tiempo (H) es igual a cero, y en la que los interruptores controlables del bloque secundario de conversión (2) se controlan de tal manera que se asigna un respectivo subperiodos (H1, H2, H3) a cada fase (R, S, T), conectando en cada caso los terminales del bloque secundario de conversión (2) correspondiente a dicha fase (R, S, T) al devanado secundario (3.2R, 3.2S, 3.2T) correspondiente del bloque transformador (3); y una segunda técnica, en la que los interruptores controlables del bloque primario de conversión (1) están controlados para aplicar una tensión de continua en el primer devanado (3.1) del bloque transformador (3) que es una tensión cuadrada de periodo (P), comprendiendo dicho periodo (P) una tensión positiva durante la mitad de su duración y una tensión negativa el resto del tiempo, y en la que los interruptores controlables del bloque secundario de conversión (2) están controlados de manera que los terminales correspondientes a una fase (R, S, T) se conectan al devanado secundario (3.2R, 3.2S, 3.2T) correspondiente del bloque transformador (3) en semi-ciclo positivo o en el semi-ciclo negativo de la tensión continua en los periodos (P), en función de si la tensión alterna correspondiente a generar es positiva o negativa respectivamente.
2. Sistema de conversión de energía eléctrica según reivindicación 1, en donde el primer bloque interruptor (1MS) de al menos un sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) comprende una configuración seleccionada al menos entre una primera configuración en la que dicho primer bloque interruptor (1MS) comprende un primer interruptor (T1R) con un diodo en antiparalelo, conectado entre la primera borna del devanado secundario (3.2R, 3.2S,

3.2T) correspondiente del bloque transformador (3) y el primer terminal de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T), y un segundo interruptor (T4R), con un diodo en antiparalelo, conectado entre la segunda borna del devanado secundario (3.2R, 3.2S, 3.2T) correspondiente de dicho bloque transformador (3) y el segundo terminal de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T), una segunda configuración en la que dicho primer bloque interruptor (1MS) comprende un interruptor bidireccional, con diodos en antiparalelo, conectado entre la primera borna del devanado secundario (3.2R, 3.2S, 3.2T) correspondiente del bloque transformador (3) y el primer terminal de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T), y una tercera configuración en la que dicho primer bloque interruptor (1MS) comprende un interruptor bidireccional, con diodos en antiparalelo, conectado entre la segunda borna del devanado secundario (3.2R, 3.2S, 3.2T) correspondiente del bloque transformador (3) y el segundo terminal de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T), estando el segundo bloque interruptor (2MS) de al menos un sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) configurado según una primera configuración, comprendiendo un interruptor bidireccional con diodos en antiparalelo, o una segunda configuración, comprendiendo dos interruptores (T2R, T3R) conectados en anti-serie, comprendiendo cada interruptor (T2R, T3R) un diodo antiparalelo.

3. Sistema de conversión de energía eléctrica según la reivindicación 2, en donde al menos un sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) comprende al menos un circuito de descarga (2RD; 2RD') asociado con al menos uno de los interruptores controlables del primer bloque interruptor (1MS) y/o del segundo bloque interruptor (2MS), para proteger dicho interruptor controlable de una sobretensión, estando configurado dicho circuito de descarga (2RD; 2RD') para proporcionar un camino eléctrico para una corriente que pasa a través del interruptor controlable correspondiente cuando dicho interruptor controlable cambia a estado abierto.

4. Sistema de conversión de energía eléctrica según la reivindicación 3, en donde el primer bloque interruptor (1MS) de al menos un sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) está configurado con la primera configuración, comprendiendo dicho primer bloque interruptor (1MS) un primer interruptor controlable (T1R) y un segundo interruptor controlable (T4R) y comprendiendo el circuito de descarga (2RD) al menos un subcircuito de descarga (2RDa1, 2RDa4) conectado en paralelo a uno de dichos interruptores controlables (T1R, T4R), comprendiendo el circuito de descarga (2RD), preferiblemente, un segundo subcircuito de descarga (2RDa1, 2RDa4) conectado en paralelo al otro interruptor controlable (T1R, T4R).

5. Sistema de conversión de energía eléctrica según la reivindicación 3 o 4, en donde el segundo bloque interruptor (2MS) de al menos un sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) está configurado con la segunda configuración, comprendiendo dicho segundo bloque interruptor (2MS) un primer interruptor controlable (T2R) y un segundo interruptor controlable (T3R) y comprendiendo el circuito de descarga (2RD) al menos un subcircuito de descarga (2RDa2, 2RDa3) conectado en paralelo a uno de dichos interruptores controlables (T2R, T3R), comprendiendo el circuito de descarga (2RD), preferiblemente, un segundo subcircuito de descarga (2RDa2, 2RDa3) conectado en paralelo al otro conmutable controlable (T2R, T3R).

6. Sistema de conversión de energía eléctrica según la reivindicación 4 o 5, en donde cada subcircuito de descarga (2RDa1, 2RDa2, 2RDa3, 2RDa4) comprende un interruptor de descarga (S) controlable, estando el controlador (4) conectado con dicho interruptor de descarga (S) y configurado para controlar sincronamente dicho interruptor de descarga (S) y el interruptor controlable (T1R, T2R, T3R, T4R) correspondiente al que se conecta dicho subcircuito de descarga (2RDa1, 2RDa2, 2RDa3, 2RDa4) en paralelo, comprendiendo además cada subcircuito de descarga (2RDa1, 2RDa2, 2RDa3, 2RDa4), preferentemente, un condensador (C) y un diodo (D) conectados en serie con el interruptor de descarga (S) controlable, y una resistencia (R) conectada en paralelo con el condensador (C).

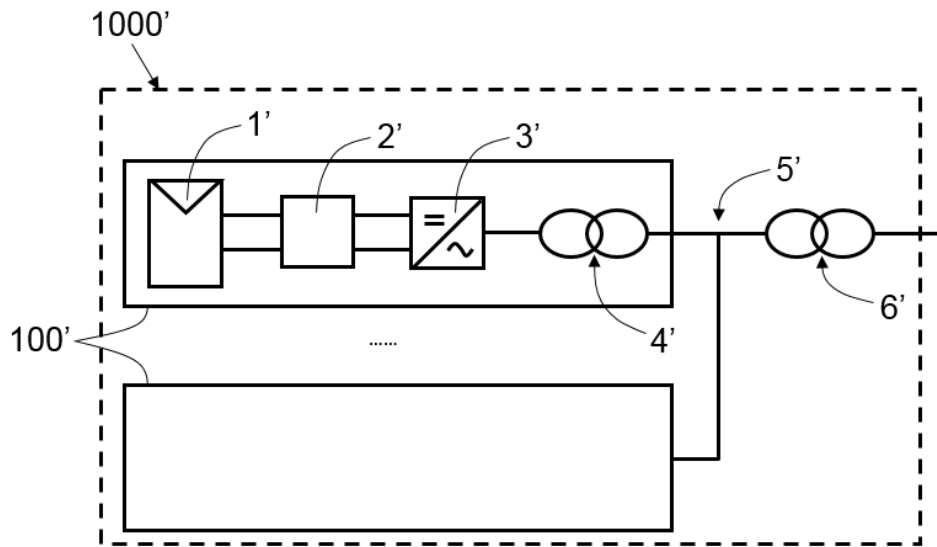
7. Sistema de conversión de energía eléctrica según la reivindicación 3, en donde el primer bloque interruptor (1MS) de al menos un sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) está configurado con la primera configuración, comprendiendo dicho primer bloque interruptor (1MS) un primer interruptor controlable (T1R) y un segundo interruptor controlable (T4R) y comprendiendo el circuito de descarga (2RD') asociado con dicho primer bloque interruptor (1MS) un primer diodo (1DD) para el primer interruptor (T1R) del primer bloque interruptor (1MS) y un segundo diodo (2DD) para el segundo interruptor (T4R) del primer bloque interruptor (1MS), estando ambos diodos (1DD, 2DD) conectados entre sí en un punto de conexión (2RDM) y formando una rama conectada en paralelo al correspondiente devanado secundario (3.2R, 3.2S, 3.2T) del bloque transformador (3), estando el ánodo de cada diodo (1DD, 2DD) conectado al colector o drenador del interruptor (T1R, T4R) correspondiente y estando el cátodo de ambos diodos (1DD, 2DD) conectados entre sí en el punto de conexión (2RDM), comprendiendo cada circuito de descarga (2RD'), además, un condensador (1CD) con un primer extremo conectado al punto de conexión (2RDM) y un segundo extremo conectado al segundo bloque interruptor (2MS).

8. Sistema de conversión de energía eléctrica según la reivindicación 7, en donde el segundo bloque interruptor (2MS) de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) está configurado con la segunda configuración y comprende dos interruptores (T2R, T3R) conectados en anti-serie por medio de un punto medio (M2MS) respectivo, estando conectado el segundo extremo del condensador (1CD) del correspondiente circuito de descarga (2RD) a dicho punto medio (M2MS).

9. Sistema de conversión de energía eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el bloque transformador (3) comprende un transformador (3.0) con un devanado primario (3.1) y tres devanados secundarios (3.2R, 3.2S, 3.2T); o tres transformadores (3.0), correspondiendo cada uno de dichos transformadores (3.0) a una fase (R, S, T) diferente y comprendiendo un devanado secundario para la fase (R, S, T) correspondiente y un devanado primario, estando los tres devanados primarios conectados en paralelo y comprendiendo el bloque primario de conversión (1) tres sub-bloques de conversión (1.1, 1.2, 1.3), estando cada uno de dichos sub-bloques de conversión (1.1, 1.2, 1.3) conectado a un devanado primario (3.1) respectivo del bloque transformador (3), comprendiendo cada uno de dichos sub-bloques de conversión (1.1, 1.2, 1.3) un terminal positivo y un terminal negativo mediante los cuales dichos sub-bloques de conversión (1.1, 1.2, 1.3) están unidos en paralelo.
10. Sistema de conversión de energía eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el bloque transformador (3) comprende un número de devanados primarios (3.1), en donde cada devanado primario comprende un puerto primario, y en donde cada puerto primario está acoplado al bloque primario de conversión (1) para recibir la tensión alterna de dicho bloque primario de conversión (1), estando conectados todos los puertos primarios de tal manera que están configurados para recibir la misma tensión alterna de dicho bloque primario de conversión (1).
11. Método para controlar un sistema (100) de conversión de energía eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la apertura y el cierre de los interruptores de los dos bloques de conversión (1, 2) se provocan de manera controlada y coordinada mediante el controlador (4), para la conversión de energía eléctrica continua en alterna o para la conversión de energía eléctrica alterna trifásica en continua, en donde, para convertir energía continua en energía alterna trifásica se aplica un técnica de control específica, seleccionándose dicha técnica de control entre una primera técnica de control en la que la tensión continua a aplicar en el primer devanado (3.1) del bloque transformador (3) está dividida en periodos de tiempo (H) de una duración determinada, estando dividido cada periodo de tiempo (H) en tres subperiodos (H1, H2, H3), y se asigna un respectivo subperiodo (H1, H2, H3) a cada fase (R, S, T), conectando en cada caso los terminales del bloque secundario de conversión (2) correspondiente a dicha fase (R, S, T) al devanado secundario (3.2R, 3.2S, 3.2T) correspondiente del bloque transformador (3), con el valor medio de la tensión aplicada al primer devanado (3.1) del bloque transformador (3) en cada intervalo del periodo de tiempo (H) siendo igual a cero; y una segunda técnica de control en la que la tensión continua que se aplica en el primer devanado (3.1) del bloque transformador (3) es una tensión cuadrada de periodo (P), comprendiendo dicho periodo (P) una tensión positiva durante la mitad de su duración y una tensión negativa el resto del tiempo, controlándose los interruptores controlables del bloque secundario de conversión (2) de manera que los terminales correspondientes a una fase (R, S, T) se conectan al devanado secundario (3.2R, 3.2S, 3.2T) correspondiente del bloque transformador (3) en semi-ciclo positivo o en el semi-ciclo negativo de la tensión continua en los periodos (P), en función de si la tensión alterna correspondiente a generar es positiva o negativa respectivamente.
12. Método de control según la reivindicación 11, en donde para tener una tensión positiva entre los terminales correspondientes a una fase (R, S, T) de alterna, se aplica tensión positiva al devanado primario (3.1) del transformador 3, se provoca el cierre del interruptor, o interruptores, del primer bloque interruptor (1MS) del sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) correspondiente, y se provoca la apertura del interruptor, o interruptores, del segundo bloque interruptor (2MS) de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T); para tener una tensión negativa entre los terminales correspondientes a una fase (R, S, T), se aplica tensión negativa al devanado primario (3.1) del transformador (3), se provoca el cierre del interruptor, o interruptores, del primer bloque interruptor (1MS) del sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T) correspondiente, y se provoca la apertura del interruptor, o interruptores, del segundo bloque interruptor (2MS) de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T); y para tener una tensión igual a cero entre los terminales correspondientes a una fase (R, S, T) o entre los terminales del bloque primario de conversión (1), se provoca un cortocircuito del devanado primario (3.1) del bloque transformador (3), se provoca la apertura del interruptor, o interruptores, del primer módulo de interruptor de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T), y se provoca el cierre del interruptor, o interruptores, del segundo módulo de interruptor de dicho sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T).
13. Método de control según la reivindicación 11 o 12, en donde se proporciona un camino alternativo asociado a al menos un conmutador controlable (T1R, T2R, T3R, T4R) del primer bloque interruptor (1MS) y/o el segundo bloque interruptor (2MS) de al menos un sub-bloque secundario (2R, 2S, 2T), para una corriente durante un tiempo determinado, cuando dicho interruptor controlable (T1R, T2R, T3R, T4R) se abre, siendo dicho camino alternativo paralelo a dicho interruptor controlable (T1R, T2R, T3R, T4R); proporcionándose el camino alternativo preferentemente para provocar la apertura de un interruptor de descarga (S) dispuesto en dicho camino con un retardo con respecto a la apertura del interruptor (T1R, T2R, T3R, T4R) correspondiente, siendo el valor de dicho retardo el tiempo determinado.
14. Instalación de conversión de energía eléctrica, **caracterizada porque** comprende una pluralidad de sistemas (100) de conversión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, unidos en serie, estando los tres primeros terminales del bloque de conversión secundario (2) del primer sistema (100) conectados entre sí en estrella, y

estando el primer terminal asociado a cada fase (R, S, T) de alterna del resto de sistemas (100) conectado al segundo terminal de la fase (R, S, T) correspondiente del sistema (100) precedente.

- 5 15. Instalación de conversión de energía eléctrica según la reivindicación 14, que comprende al menos un panel fotovoltaico (1001) acoplado a los terminales (DC1, DC2) de continua de cada sistema (100), siendo así la instalación (1000) una instalación fotovoltaica.



Estado anterior de la técnica
Fig. 1

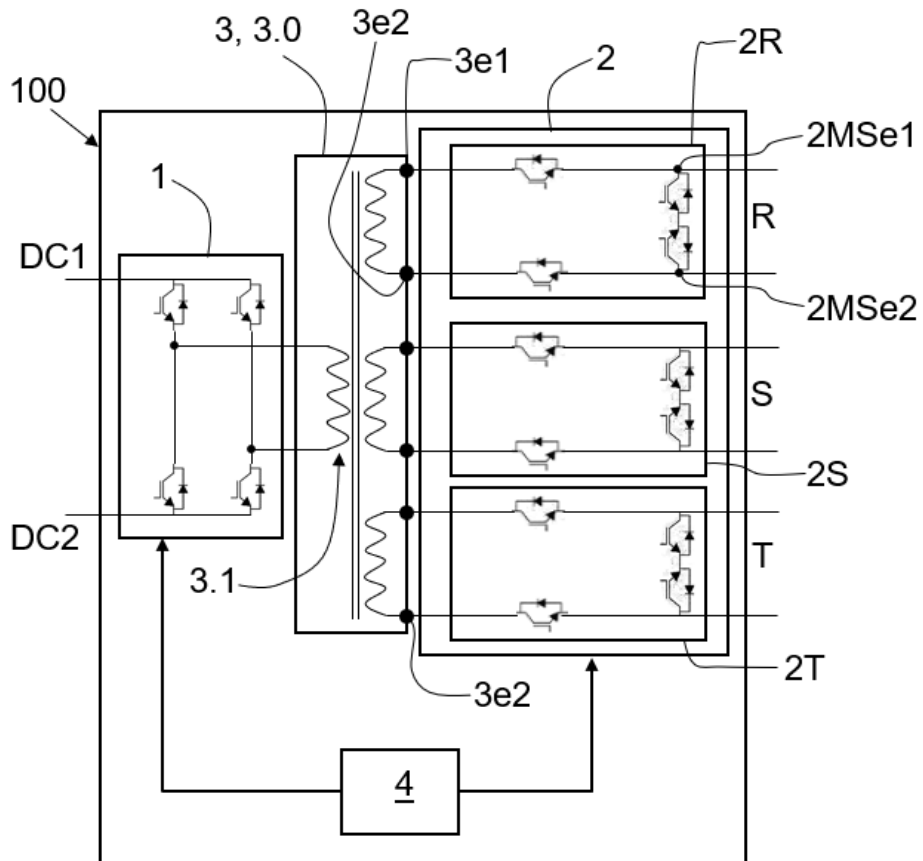
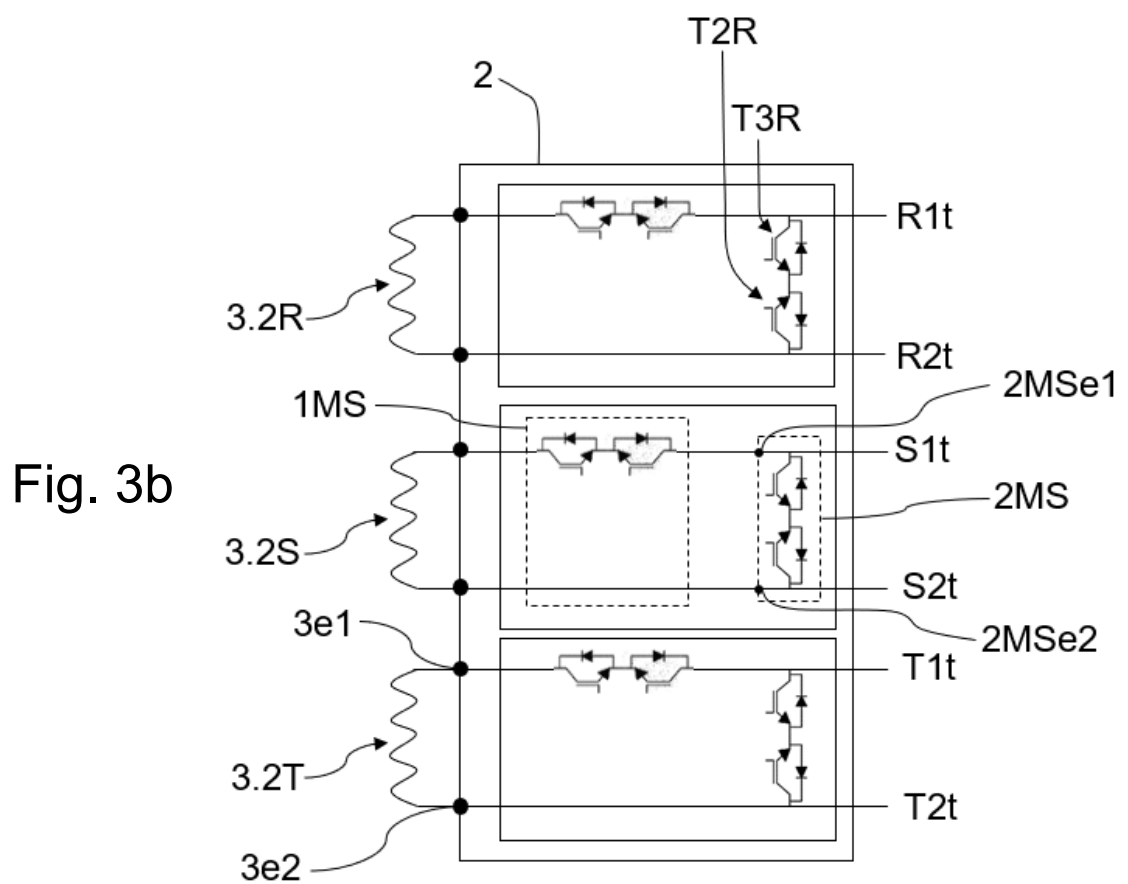
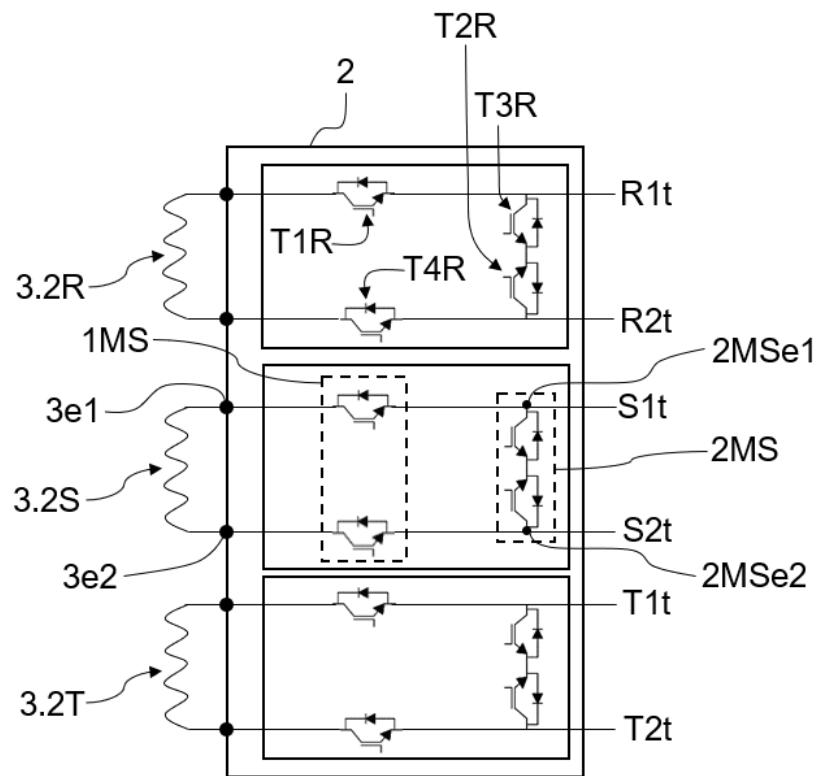


Fig. 2



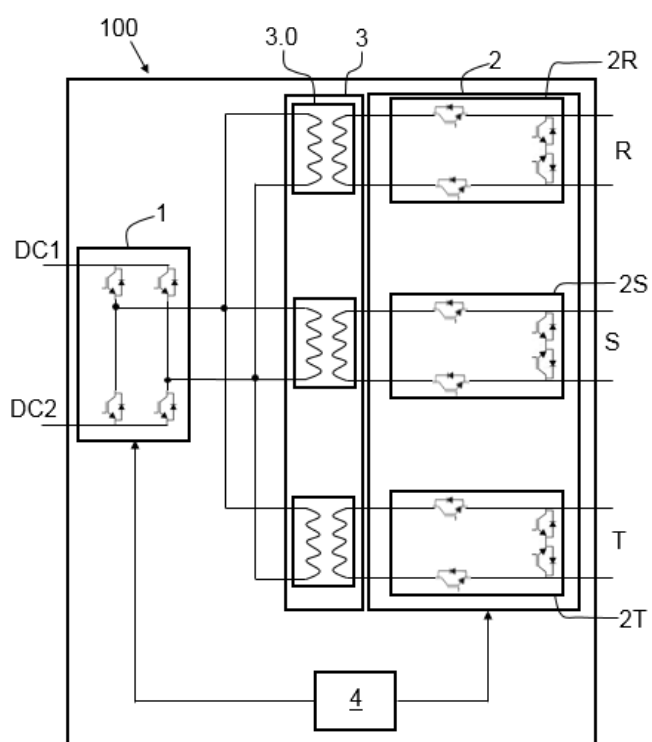
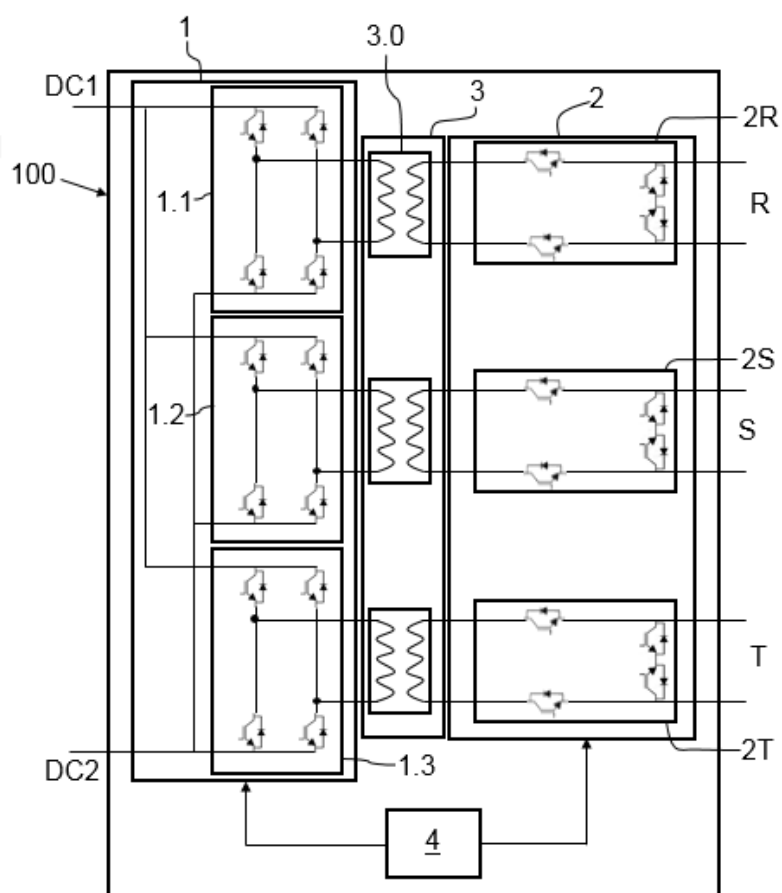


Fig. 4

Fig. 5



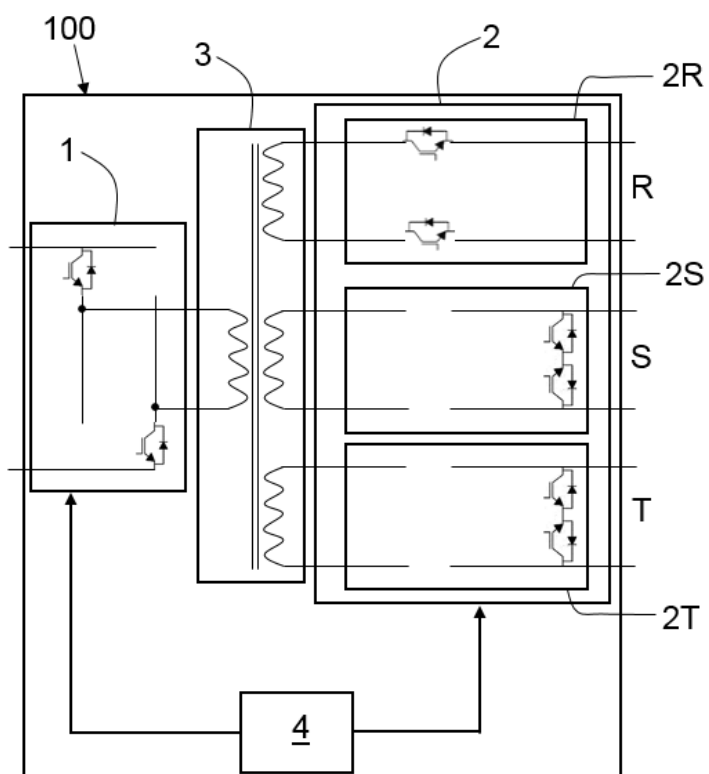


Fig. 6a

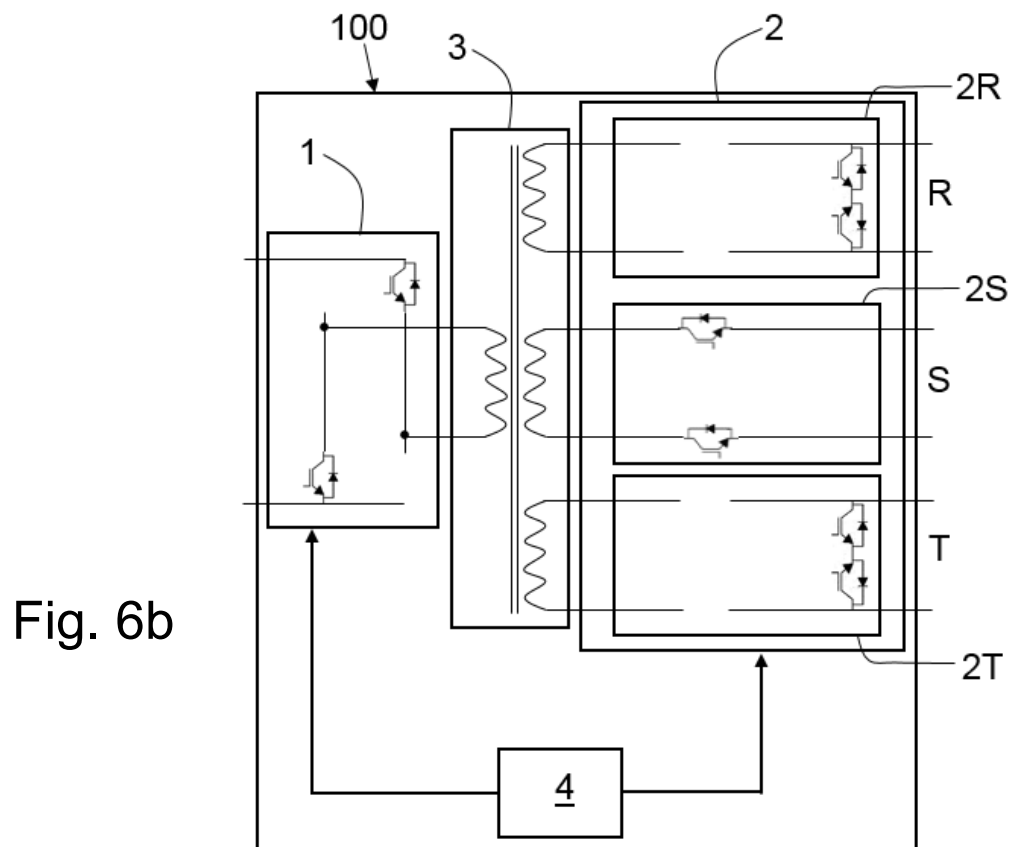


Fig. 6b

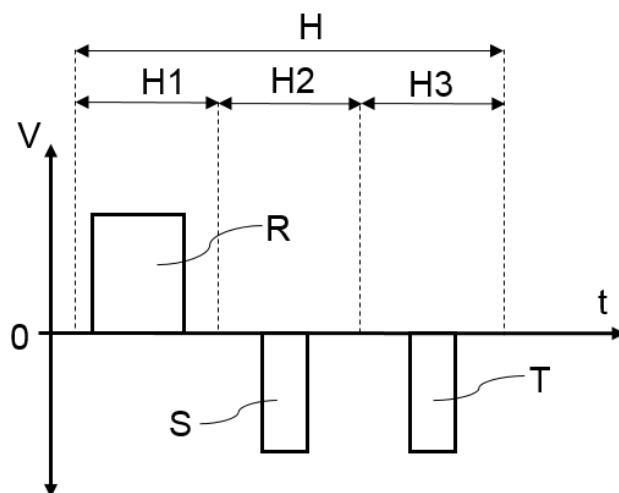


Fig. 8a

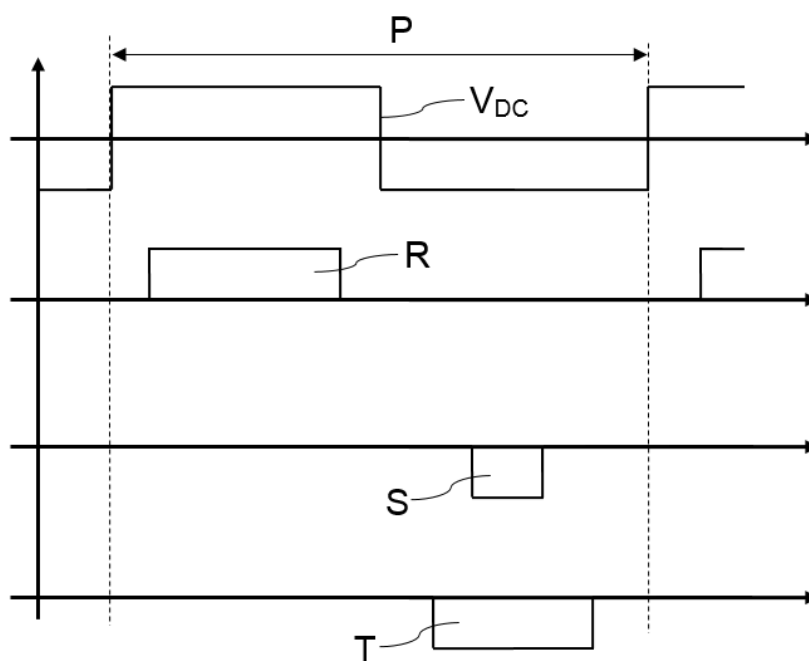


Fig. 8b

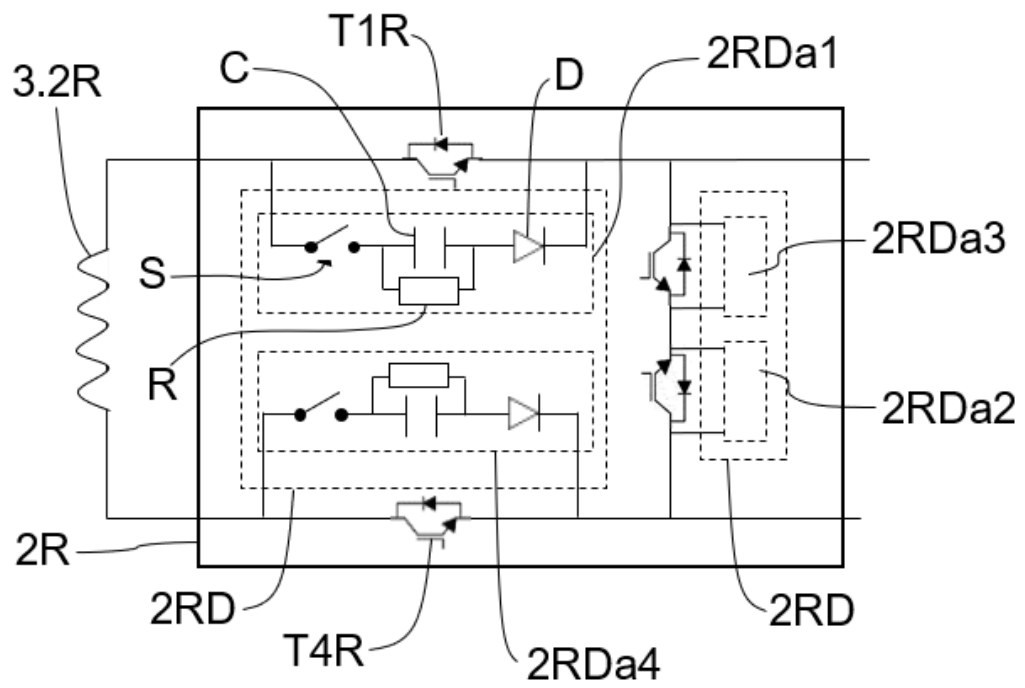


FIG. 9a

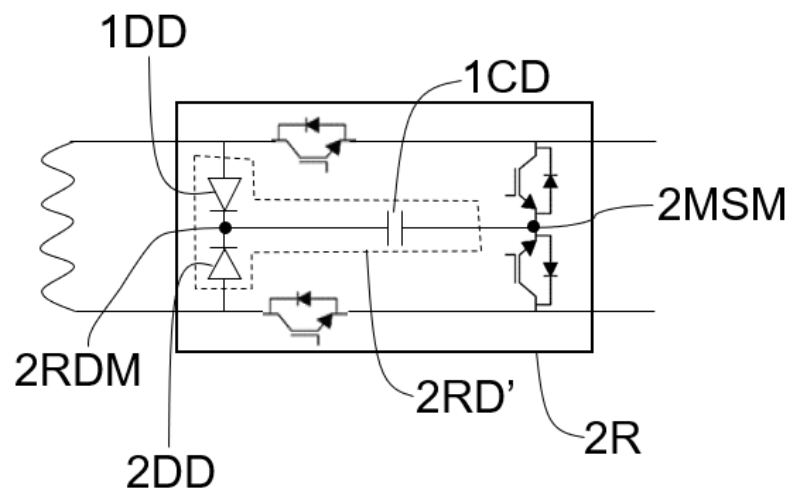


FIG. 9b

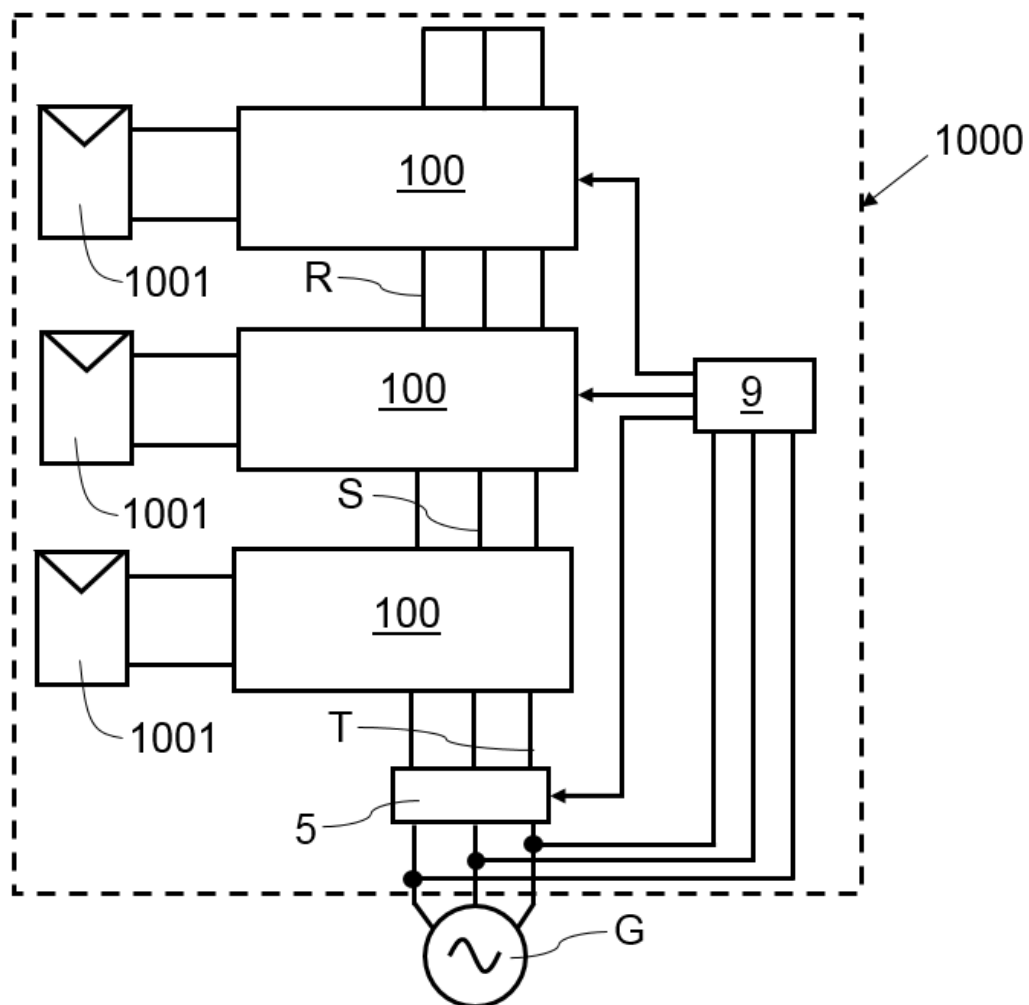


Fig. 10