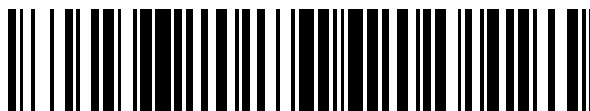


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 772**

51 Int. Cl.:

H02M 7/5387 (2007.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2006** **E 06807896 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2015** **EP 2053730**

54 Título: **Circuito inversor monofásico para acondicionar y convertir energía eléctrica de corriente continua en energía eléctrica de corriente alterna**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.07.2015

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:

GONZÁLEZ SENOSIAÍN, ROBERTO;
COLOMA CALAHORRA, JAVIER;
MARROYO PALOMO, LUIS;
LÓPEZ TABERNA, JESÚS y
SANCHÍS GURPIDE, PABLO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 541 772 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

Circuito inversor monofásico para acondicionar y convertir energía eléctrica de corriente continua en energía eléctrica de corriente alterna

Objeto de la invención

- 5 La presente invención tiene su principal campo de aplicación en la industria destinada al diseño de dispositivos electrónicos y, más particularmente, a los concebidos dentro del sector de los sistemas de potencia de energía solar fotovoltaica.

El objeto de la invención es proporcionar una estructura de conversión entre corriente continua y corriente alterna, especialmente diseñada para sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica sin transformador, caracterizada por ser sencilla, tener una alta eficacia y minimizar los problemas de compatibilidad electromagnética.

Antecedentes de la invención

Los sistemas fotovoltaicos conectados a red gozan hoy en día de un amplio reconocimiento en nuestra sociedad, siendo utilizados en la actualidad cada vez con más frecuencia. Comúnmente, se trata de instalaciones formadas por un conjunto de paneles solares y un convertidor electrónico, denominado inversor, que acondiciona la energía producida por los paneles y la inyecta a la red eléctrica.

En la mayoría de los casos, los convertidores de estas instalaciones son circuitos monofásicos de baja potencia y de carácter privado, en los que se busca maximizar el beneficio económico obtenido por la venta de la energía producida a las compañías eléctricas. Por ello, se buscan inversores baratos, fiables y de alta eficacia.

Habitualmente, en las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, se incluye un transformador de baja frecuencia en la etapa de conversión. Dicho transformador garantiza el aislamiento galvánico entre la instalación y la red y reduce las emisiones electromagnéticas. El inconveniente principal que presenta el transformador de salida de baja frecuencia es su gran tamaño y peso, aumentando además considerablemente el precio de la etapa de conversión y, por tanto, encareciendo la instalación fotovoltaica en conjunto.

La evolución de la tecnología hace que, hoy en día, sea posible prescindir de este transformador sin merma de las cualidades del sistema en lo referido a seguridad personal e integración en la red, cuestionando así la necesidad de su uso. Previsiblemente, en un futuro cercano, irá desapareciendo gradualmente la obligatoriedad de utilización del transformador de salida.

Si se elimina el transformador, se pierde el aislamiento galvánico entre el sistema fotovoltaico y la red, lo que empeora el comportamiento del sistema respecto a la Compatibilidad Electromagnética (CEM). En este caso, es deseable utilizar topologías de conversión que minimicen los problemas de CEM.

El uso de un transformador en los sistemas fotovoltaicos ha permitido utilizar como estructura de conversión un puente en H con modulación unipolar, estructura que ha demostrado la mejor relación rendimiento-complejidad. Sin embargo, esta estructura presenta un mal comportamiento desde el punto de vista de la CEM. En la Figura 1 se representa un puente en H. Esta estructura comprende dos ramales paralelos, cada uno con sendos pares de interruptores o elementos de conmutación en serie (T1, T2 y T3, T4), normalmente transistores, con diodos en anti-paralelo (D1, D2, D3, D4).

Una opción para mejorar el comportamiento del inversor respecto a la CEM es utilizar la modulación bipolar. En esta modulación, las parejas de interruptores T1-T4 y T2-T3, se conmutan alternativamente, obteniendo en los puntos de salida del puente en H tensiones del valor de la tensión de entrada con signo positivo y negativo (+Vin ó -Vin). Sin embargo, la modulación bipolar presenta dos desventajas respecto a la unipolar. Por un lado, la fluctuación de corriente en la bobina con modulación bipolar es mayor. Por otro, para obtener la misma frecuencia de fluctuación de corriente en la bobina, en modulación bipolar se debe conmutar al doble de frecuencia, lo que hace que tenga el doble de pérdidas de conmutación. Esto, unido al hecho de que los semiconductores tienen que aguantar toda la tensión de entrada, implica una disminución en el rendimiento obtenido con esta estructura.

En la resolución de las deficiencias de las estructuras de inversores, anteriormente comentadas, hay que hacer mención a la propuesta de la solicitud de Patente Europea EP1369985. El circuito inversor que describe el documento citado consta de un puente en H, conmutando a alta frecuencia con modulación bipolar, al que se le añade una tercera rama en el lado de corriente alterna, entre los puntos de salida (A, B) del inversor en puente completo, que conmuta a la frecuencia de la red, según se muestra en la Figura 2 de forma esquemática. Esta estructura, que incluye seis transistores, mejora el comportamiento y la eficacia global del convertidor fotovoltaico

respecto al puente en H con modulación bipolar, según el modo de funcionamiento que se explica en el documento EP1369985.

Este convertidor descrito en el documento EP1369985 presenta dos ventajas respecto al puente en H con modulación bipolar: una, las conmutaciones de los transistores del puente en H se realizan con la mitad de la tensión de entrada, lo que disminuye las pérdidas de conmutación del convertidor; otra, la fluctuación máxima de corriente en la bobina es la mitad que en el puente en H bipolar, lo que permite utilizar una bobina menor. Sin embargo, aunque los transistores conmutan con la mitad de la tensión de entrada, en estado de corte soportan toda la tensión de entrada (V_{in}) por lo que todos, los del puente en H más los de la rama adicional en el lado de corriente alterna (T5A-T6A), tienen que ser dimensionados para dicha tensión. Dado que las pérdidas de conmutación aumentan con la capacidad en tensión del transistor, esta característica restringe la mejora del rendimiento.

Descripción de la invención

La invención que aquí se describe se corresponde con un circuito inversor entre corriente continua y corriente alterna, especialmente aplicable como etapa de conversión en instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, tal como muestra la Figura 3.

Dicho circuito minimiza la problemática de CEM, y presenta una eficacia superior a los propuestos anteriormente.

El circuito de la invención es un inversor monofásico que se conecta a una fuente de energía en corriente continua y la convierte en energía de corriente alterna para ser entregada a una red eléctrica. La topología del circuito inversor esencialmente comprende:

- un acumulador temporal de energía, que puede constar de uno o más acumuladores conectados en serie en uno o más ramales en paralelo a la fuente de energía, entre las conexiones de corriente continua del circuito;
- un inversor que se configura en puente completo o puente en H, comprendiendo, al menos, dos ramales paralelos con sendas parejas de elementos de conmutación en serie, consistentes en transistores MOSFET, IGBT u otro tipo que se adapte a esta configuración con o sin sus correspondientes diodos en anti-paralelo;
- dos elementos de conmutación auxiliares (T5D, T6D), con o sin sus respectivos diodos en anti-paralelo (D5D y D6D), conectados entre las conexiones de corriente continua y la entrada del puente en H;
- un ramal con al menos un diodo auxiliar conectado en anti-paralelo al puente en H entre las respectivas conexiones de los elementos de conmutación auxiliares y dicho puente en H; y
- al menos dos puntos de salida, que corresponden a las tomas centrales de los ramales del puente en H, que constituyen conexiones de corriente alterna, a las que se conectan inductancias, pudiendo conectar, entre las inductancias, la red eléctrica.

Los elementos de conmutación del puente en H, que consisten en un primer par de transistores (T1, T4) y un segundo par (T2, T3), funcionan como un inversor, conmutando a frecuencia de red y en sincronismo con ella. Durante el semi-ciclo positivo se encuentran encendidos T1 y T4, mientras que en el semi-ciclo negativo se encenderán T2 y T3.

La pareja de elementos de conmutación auxiliares, T5D y T6D, es susceptible de conmutar sincrónicamente mediante una misma señal de encendido o con señales independientes para cada conmutador.

El funcionamiento del convertidor se puede explicar durante un periodo de conmutación del semi-ciclo de red positivo. Durante todo el semi-ciclo positivo, T1 y T4 se encuentran encendidos. Cuando T5D y T6D se encuentren encendidos, la tensión de entrada se aplica sobre los puntos A y B. La corriente circula a través de T5D, T1, T4 y T6D.

Cuando T5D y T6D se encuentran apagados, la corriente de las bobinas se cierra a través de Daux1, T1, T4 y Daux2. Durante este periodo de tiempo se produce un desacople entre el lado de corriente continua y el de corriente alterna.

Las señales de control se determinan en una unidad de mando que dispone de al menos una unidad de cálculo y de una lógica para implementar la estrategia de control. El módulo de cálculo comprende al menos un dispositivo electrónico programable, que puede ser un microprocesador de propósito general, un micro-controlador, un microprocesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado específico de aplicación (ASIC), una formación de compuertas programable en el terreno (FPGA) o cualquier combinación de los anteriores, encargada de

establecer los valores actualizados del punto de trabajo de la fuente de energía.

Las principales ventajas de la invención son:

- La fluctuación máxima es la mitad que en el puente en H con modulación PWM bipolar, lo que permite utilizar inductancias de salida menores.

5 - Se minimizan los problemas asociados con la CEM.

- Los transistores T1, T2, T3, T4, que conmutan a baja frecuencia, deben ser dimensionados para soportar la tensión de entrada, mientras que los elementos de conmutación auxiliares (T5D, T6D), que conmutan a alta frecuencia, deben ser dimensionados para soportar la mitad de la tensión de entrada. Esto supone una mejora, comparado con la estructura de conversión que propone el documento EP1369985, donde también se emplean seis transistores pero deben dimensionarse todos para soportar toda la tensión de entrada.

10 - Otra mejora respecto al documento antecedente EP1369985 es que las parejas T1-T4 y T2-T3 conmutan a frecuencia de red, por lo que en ellas apenas se dan pérdidas de conmutación, pudiéndose utilizar semiconductores de baja tensión de saturación.

15 El número de semiconductores que conducen en todo momento en el presente convertidor es mayor que en algunas de las topologías de conversión del estado actual de la técnica, por lo que se darán más pérdidas de conducción. Sin embargo, las pérdidas de conmutación, en el circuito objeto de la invención, son menores que en las otras estructuras. Esto es debido a que los semiconductores que conmutan a alta frecuencia, T5D y T6D, además de conmutar con la mitad de la tensión de entrada, también, a diferencia de las topologías comentadas con anterioridad, es ésta la máxima tensión que deben soportar; por tanto, esta es la tensión para la que deben ser dimensionados. De esta forma, se logra una mejor eficacia que los convertidores del estado de la técnica.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo a un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

25 Figura 1.- Muestra una configuración para un convertidor fotovoltaico, conocida en el estado de la técnica como puente en H.

Figura 2.- Muestra otra posible configuración para un convertidor de tensión continua a corriente o tensión alterna, también aplicable en sistemas fotovoltaicos, según una realización que se propone en la solicitud de Patente Europea EP1369985 perteneciente al estado de la técnica.

30

Figura 3.- Muestra un esquema de la estructura del circuito de la invención según una realización preferida.

Figura 4.- Muestra un esquema de la estructura del circuito de la invención según otra realización preferida.

Realización preferente de la invención

35 A la vista de la Figura 3, puede describirse como una primera realización práctica de la invención un circuito inversor monofásico para acondicionar una fuente de energía (8), formada por una unidad fotovoltaica u otra fuente de energía adaptada para suministrar una tensión continua de entrada (V_{in}) transformable en una tensión alterna de red, entregando una corriente alterna a una red eléctrica (9), comprendiendo:

- dos conexiones de corriente continua (6, 7) entre las que se conecta al menos un ramal con uno o varios acumuladores temporales de energía;

40 - un inversor con una configuración de puente en H, conformado por al menos dos ramales paralelos, estando conectada a un ramal una primera pareja de elementos de conmutación en serie (T1, T2), y al otro ramal una segunda pareja de elementos de conmutación en serie (T3, T4), y pudiendo estar conectados en anti-paralelo a cada elemento de conmutación (T1, T2, T3, T4) sus respectivos diodos en anti-paralelo (D1, D2, D3, D4); y

45 - al menos dos conexiones de corriente alterna (A, B) que corresponden a las tomas centrales de los ramales del puente en H, estando conectadas a cada uno de ellos sus correspondientes inductancias (L1, L2), preferiblemente de igual valor $L1 = L2 = L/2$;

caracterizada por añadir los siguientes elementos en su estructura:

- dos ramales conectados en serie con el puente en H en las conexiones de corriente continua (6, 7) con dos elementos de conmutación auxiliares (T5D, T6D), con o sin sus respectivos diodos de protección (D5D, D6D) en anti-paralelo; y

5 - al menos uno de los ramales con elementos acumuladores temporales de energía, conectados entre los puntos (6, 7), dispone de una toma central (12); y

- un ramal con dos diodos auxiliares en serie (Daux1, Daux2) que se conectan en anti-paralelo a la entrada del puente en H en unos puntos (10) y (11). La toma central de este ramal se une a la toma central (12) de los acumuladores temporales de energía. Estos ramales suponen un límite topológico de la tensión que pueden ver T5D y T6D, a la tensión de C1 y C2, respectivamente.

10

Una segunda alternativa de implementación de la invención es la presentada en la Figura 4 y que se refiere a un circuito inversor monofásico con una estructura esencialmente similar pero que requiere un menor número de elementos semiconductores. Las características diferenciadoras de esta segunda configuración son:

- el acumulador temporal de energía (C) conectado entre las dos conexiones de corriente continua (6, 7) no necesita toma central;

15

- hay un solo diodo auxiliar (Daux) en el ramal conectado entre los puntos (10) y (11).

- En este caso, la máxima tensión que ven los conmutadores auxiliares (T5D, T6D), no está limitada por topología, sino que queda condicionada por la característica de conmutación de estos elementos.

A cualquiera de estas dos estructuras se puede añadir una unidad de mando con una función similar a la de alguna de las estrategias de control posibles para convertidores conocidos, que básicamente consiste en gobernar, mediante una serie de señales de encendido, generadas a la salida de dicha unidad de mando, la conmutación de todos los elementos de conmutación.

20

Los términos en que se ha redactado esta memoria deberán ser tomados siempre en sentido amplio y no limitativo.

25

REIVINDICACIONES

- 1.- Circuito inversor monofásico para acondicionar y convertir energía eléctrica de corriente continua en energía eléctrica de corriente alterna para su aportación a una red eléctrica (9), que comprende:
 - dos conexiones de corriente continua (6, 7) entre las que se conecta al menos un ramal con al menos un acumulador temporal de energía;
 - un inversor con una configuración de puente en H, comprendiendo al menos dos ramales paralelos, estando conectada a un ramal una primera pareja de elementos de conmutación en serie (T1, T2) y al otro ramal una segunda pareja de elementos de conmutación en serie (T3, T4); y
 - al menos dos conexiones de corriente alterna (A, B) que corresponden a las tomas centrales de los ramales del puente en H, estando conectada a cada ramal una inductancia (L1, L2);**caracterizado porque** al menos uno de los ramales con elementos acumuladores temporales de energía, conectado entre las dos conexiones de corriente continua (6, 7), tiene una toma central (12) y **porque** el circuito comprende adicionalmente:
 - dos elementos de conmutación auxiliares (T5D, T6D), conectados entre las conexiones de corriente continua (6, 7) y la entrada del puente en H en unos puntos (10,11); y
 - un ramal con dos diodos auxiliares en serie (Daux, Daux1, Daux2) conectados en anti-paralelo en los puntos (10, 11) de entrada del puente en H, cuya toma central está unida a la toma central (12) de los acumuladores temporales de energía.
- 2.- Circuito inversor según la reivindicación 1, **caracterizado porque** cada elemento de conmutación (T1, T2, T3, T4) está conectado en anti-paralelo a un diodo (D1, D2, D3, D4), respectivamente.
- 3.- Circuito inversor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** cada elemento de conmutación auxiliar (T5D, T6D) está conectado en anti-paralelo a un diodo de protección (D5D y D6D), respectivamente.
- 4.- Circuito inversor según reivindicación 1, **caracterizado porque** los elementos acumuladores temporales de energía están constituidos por elementos capacitivos, ultra-capacitivos, baterías o combinaciones de estos elementos.
- 5.- Circuito inversor según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las dos parejas de elementos de conmutación en serie (T1, T2, T3, T4) del puente en H y el par de elementos de conmutación auxiliares (T5D, T6D) son transistores.
- 6.- Circuito inversor según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el tipo de transistores es seleccionado entre IGBT y MOSFET.
- 7.- Circuito inversor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** está conectado a una unidad de mando adaptada para gobernar la conmutación mediante una serie de señales de encendido generadas a su salida, convenientemente dirigidas a los elementos de conmutación (T1, T2, T3, T4) del puente en H y del par de elementos de conmutación auxiliares (T5D, T6D).
- 8.- Circuito inversor según la reivindicación 7, **caracterizado porque** la unidad de mando contiene al menos un módulo de cálculo, que comprende al menos un dispositivo electrónico programable que es seleccionado entre un procesador de propósito general, un micro-controlador, un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado específico de aplicación (ASIC) y una formación de compuertas programables en el terreno (FPGA).
- 9.- Circuito inversor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las dos parejas de elementos de conmutación en serie (T1-T2, T3-T4) son susceptibles de conmutar sincrónicamente con la red eléctrica mediante dos señales de encendido complementarias.
- 10.- Circuito inversor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las dos parejas de elementos de conmutación en serie (T1-T2, T3-T4) son susceptibles de conmutar sincrónicamente con la señal de control que proviene de la unidad de mando y que es previamente calculada por el módulo de cálculo.

- 11.- Circuito inversor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el par de elementos de conmutación auxiliares (T5D, T6D) son susceptibles de conmutar sincrónicamente mediante una única señal de encendido, definida mediante una técnica de modulación conocida, generada a partir de la señal de control que proviene de la unidad de mando y que es previamente calculada por el módulo de cálculo.
- 5 12.- Circuito inversor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** el par de elementos de conmutación auxiliares (T5D, T6D) son susceptibles de conmutar individualmente mediante dos señales de encendido, definidas mediante una técnica de modulación conocida, generadas a partir de las señales de control que provienen de la unidad de mando y que son previamente calculadas por el módulo de cálculo.
- 10 13.- Circuito inversor según una cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado porque** las señales de encendido están definidas mediante una modulación de ancho de pulso.
- 14.- Circuito inversor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los valores de las inductancias (L1, L2) en serie son iguales.
- 15.- Circuito inversor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** está incorporado a un convertidor del tipo sin transformador.
- 15 16.- Circuito inversor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** a las conexiones de corriente continua (6, 7) está conectada una fuente de energía (8) que es seleccionada entre una formación fotovoltaica y una unidad de célula electroquímica.
- 20 17.- Circuito inversor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende adicionalmente al menos un convertidor de corriente continua en corriente continua, conectado entre la fuente de energía de entrada (8) y el acumulador temporal de energía.
- 18.- Circuito inversor según la reivindicación 17, **caracterizado porque** el convertidor está dotado de aislamiento galvánico entre la instalación y la red, implementado por un transformador de salida.

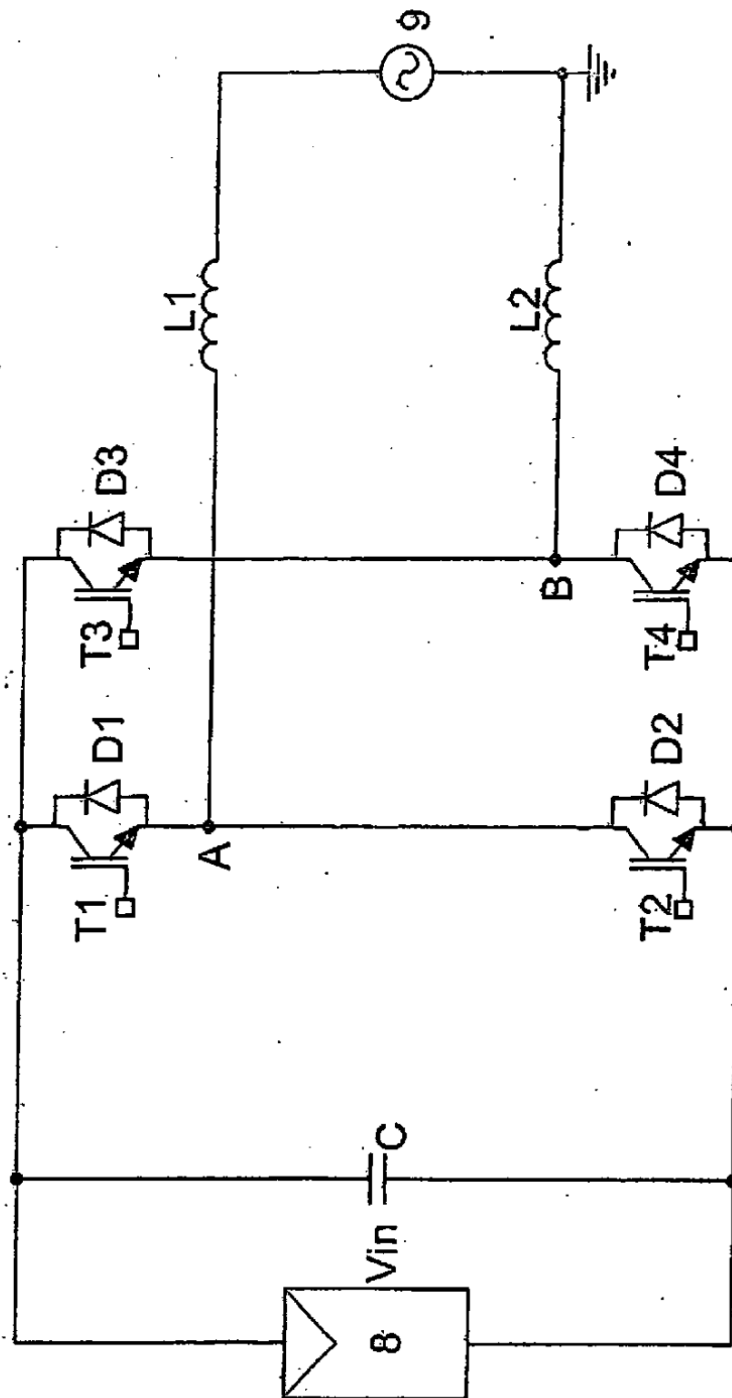
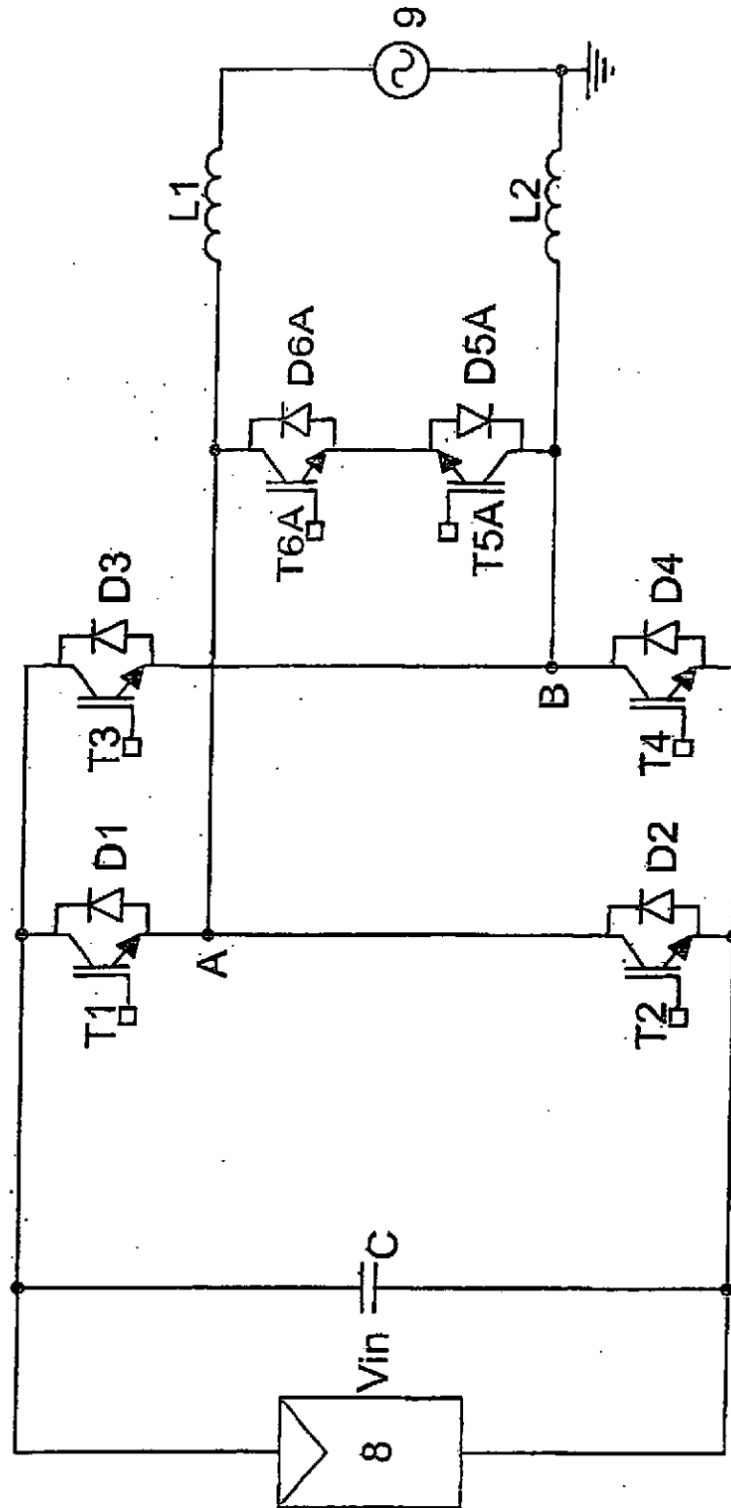


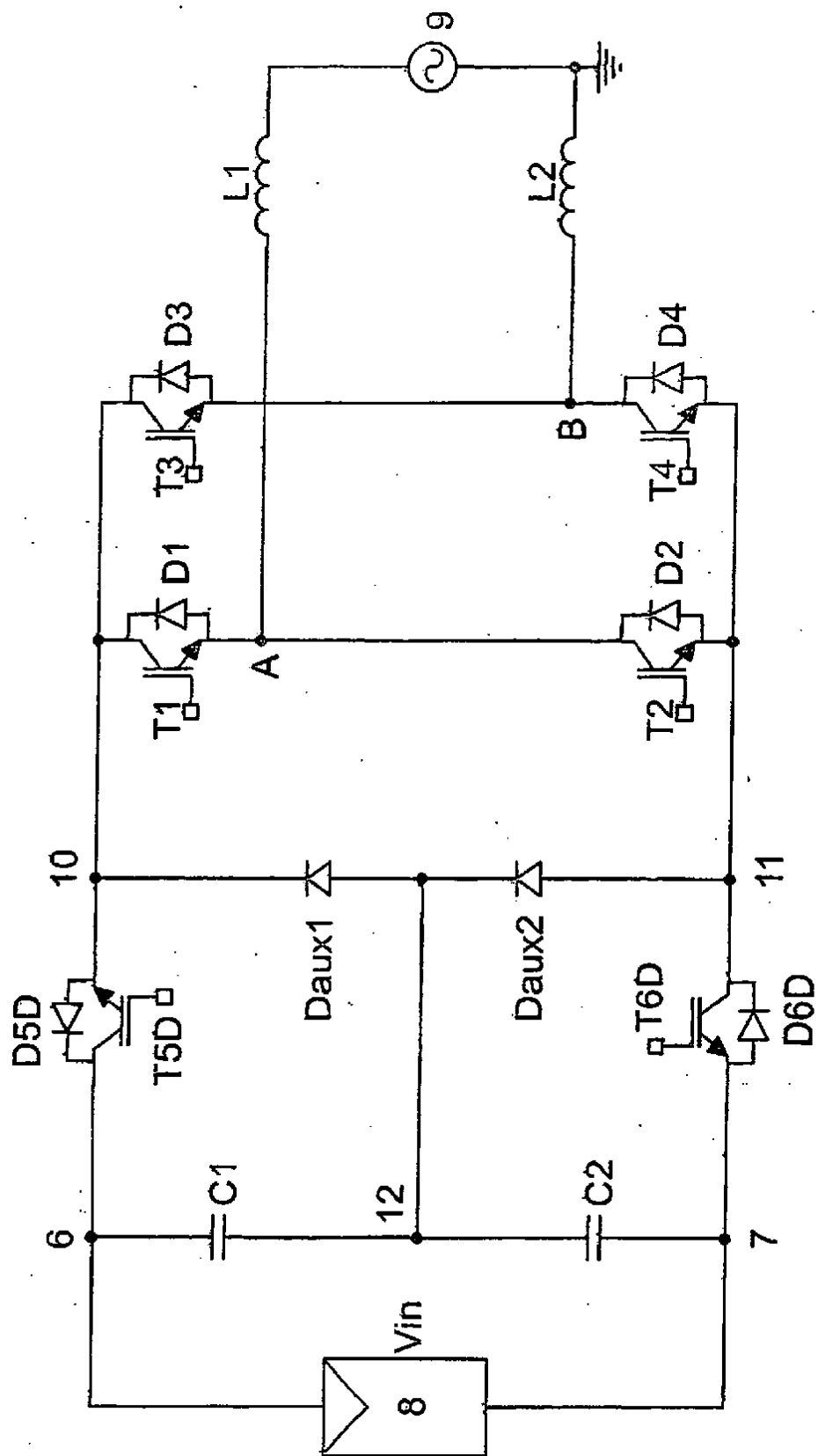
FIG. 1

ESTADO DE LA TÉCNICA



2016

ESTADO DE LA TÉCNICA



361

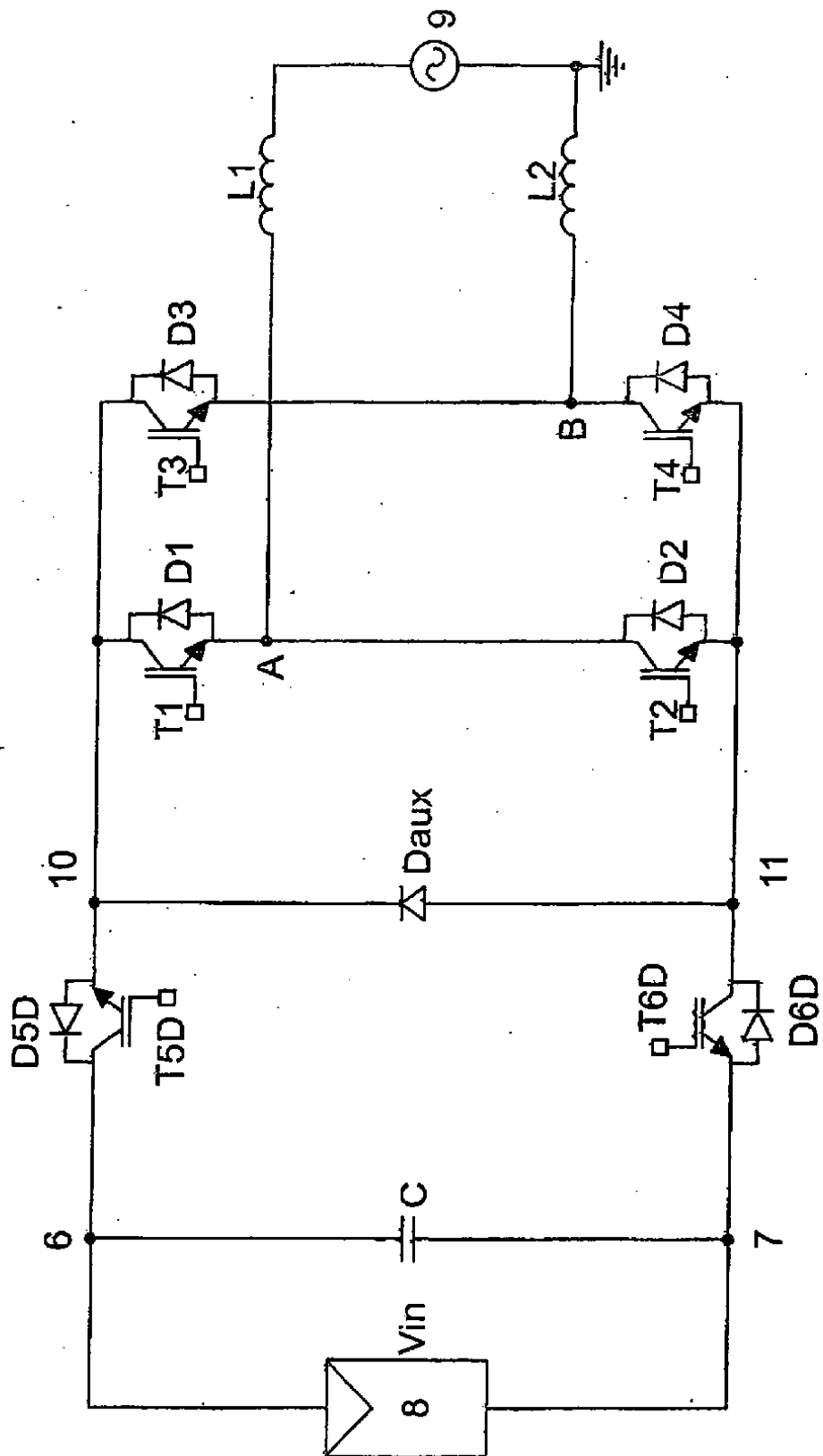


FIG. 4