

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 988 815**

51 Int. Cl.:

H02M 7/483 (2007.01)

H02M 1/42 (2007.01)

H02J 9/06 (2006.01)

H02M 7/487 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2019** **E 19197041 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2024** **EP 3793077**

54 Título: **Sistema de alimentación ininterrumpida, SAI, para conectar una carga polifásica a una fuente de CA y a una fuente de CC**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.11.2024

73 Titular/es:

ABB SCHWEIZ AG (100.0%)
Bruggerstrasse 66
5400 Baden, CH

72 Inventor/es:

PAATERO, ESA-KAI y
NOTARI, NICOLA

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 988 815 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 alimentación ininterrumpida, SAI, para conectar una carga polifásica a una fuente de CA y a una fuente de CC

Campo técnico

La invención se refiere a un método para hacer funcionar un sistema de alimentación ininterrumpida, SAI, para conectar una carga polifásica a una fuente de CA y a una fuente de CC. La invención se refiere, además, a un SAI respectivo.

Antecedentes de la técnica

Los eventos de calidad de energía en las instalaciones eléctricas son un problema importante. Los eventos de calidad de energía comprenden cualquier tipo de perturbación de una fuente de CA que abarca desde, por ejemplo, caídas o fallas de una sola fase de la fuente de CA hasta cortes de toda una fuente de CA polifásica. Para hacer frente a eventos de calidad de energía, los dispositivos de alimentación ininterrumpida y los sistemas de alimentación ininterrumpida proporcionan un sistema de alimentación ininterrumpida, SAI, a una carga.

Un sistema SAI típico, o dispositivo SAI, comprende un convertidor de CA/CC, también denominado rectificador, y un convertidor de salida, también denominado inversor. El convertidor de CA/CC y el convertidor de salida están interconectados mediante un enlace de CC que tiene barras colectoras positivas y negativas, respectivamente, rieles o simplemente enlaces. El enlace de CC tiene una referencia de punto medio, una referencia positiva y una referencia negativa, que generalmente están conectadas por dos capacitancias dispuestas en serie. El rectificador a menudo se proporciona como un convertidor elevador de medio puente que mantiene una división regulada a través de los rieles positivos y negativos del enlace de CC frente a una referencia interna y/o de fuente, como el neutro de fuente común. Además, el convertidor de CA/CC está conectado en un lado de fuente de alimentación del SAI a una fuente de CA, y el convertidor de salida está conectado en un lado de carga del SAI a una carga, que normalmente es una carga de CA. Además, el SAI incluye un convertidor de CC/CC adicional, también denominado convertidor de batería, y una fuente de CC, mediante la cual el convertidor de CC/CC conecta la fuente de CC al enlace de CC. La fuente de CC normalmente es una batería, que se carga a través del convertidor de CC/CC desde el enlace de CC dividido. Cada dispositivo SAI de dicho sistema SAI se puede conectar a una batería individual, o los dispositivos SAI del sistema SAI pueden compartir una sola batería o varias baterías. La batería o baterías pueden ser parte integral del dispositivo SAI o del sistema SAI, o pueden proporcionarse por separado. En cualquier caso, el funcionamiento del dispositivo SAI o del sistema SAI no cambia, ya que es más bien una cuestión de definición.

La carga del SAI puede ser dinámica, por ejemplo, incluyendo transitorios de carga, o estar desequilibrada en estado estacionario entre semiciclos, es decir, la carga del SAI puede tener un componente de CC. En el funcionamiento del SAI con rectificador, dicha carga transitoria o desequilibrada en estado estacionario entre semiciclos no es un problema importante, ya que el control del rectificador aún puede mantener los enlaces de CC positivos y negativos en regulación independiente frente a la referencia. Sin embargo, en el modo de energía almacenada, es posible que el convertidor de batería solo soporte todo el enlace de CC o solo uno de los enlaces de CC positivo y negativo, por lo que el equilibrio global de la tensión del enlace de CC frente al neutro de fuente tiene que soportarse por otros medios, normalmente a través de un convertidor adicional, como un "equilibrador" capaz de controlar la transferencia bidireccional de energía entre los enlaces de CC positivo y negativo para la regulación de la tensión del enlace de CC. Se puede añadir un convertidor equilibrador independiente, lo que, sin embargo, añade costes y complejidad al sistema SAI global y, por lo tanto, no es deseable.

El documento "Wang Hao; et al.: A Dual-Energy-Source Uninterruptible Power Supply (UPS). 2018 International Power Electronics Conference (IPEC-NIIGATA 2018, ECCE ASIA), 20 May 2018" se refiere a un SAI de doble fuente de energía, con una red como fuente primaria y un generador de gas natural como fuente secundaria.

El documento CN 109 842 287 A se refiere a un circuito PFC compatible con entrada de CA monofásica y trifásica y a un método de control del mismo.

Sumario

Por lo tanto, un objeto de la invención es proporcionar una solución más simple y rentable en comparación con la solución de la técnica anterior descrita anteriormente.

El objeto de la invención se satisface mediante las características de las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas se detallan en las reivindicaciones dependientes.

De esta manera, el objeto se satisface mediante un método para operar un sistema de alimentación ininterrumpida, SAI, según la reivindicación 1.

La solución propuesta proporciona un enfoque simple, robusto y rentable para implementar un equilibrador de enlace de CC para un SAI de dos o varios niveles u otros convertidores. Al abrir el primer dispositivo controlado y, al mismo tiempo, cerrar el segundo dispositivo controlado, el primer conjunto de convertidor transfiere energía entre las mitades divididas del enlace de CC de forma que se mantiene la regulación de tensión del enlace de CC con respecto a la referencia del punto medio. En otras palabras, el primer conjunto de convertidor transfiere energía de forma controlable desde una mitad del enlace de CC a la otra, mientras que una corriente compartida puede pasar a través de los inductores de filtro de los primeros convertidores. De este modo, un convertidor existente del SAI, es decir, el rectificador del primer conjunto de convertidor, se utiliza en un segundo modo de funcionamiento como equilibrador. La solución puede requerir algún hardware, como un dispositivo de control para controlar la apertura del primer dispositivo controlado y, al mismo tiempo, el cierre del segundo dispositivo controlado; sin embargo, puede implementarse con un coste y una complejidad relativamente modestos en comparación con las soluciones de la técnica anterior. Por lo tanto, la solución propuesta tiene un claro beneficio para el coste del sistema, además de aumentar la robustez y fiabilidad generales gracias a su simplicidad.

En particular, una topología de convertidor de 3 niveles permite la novedosa forma propuesta de construir el equilibrador con una complejidad adicional muy modesta, ya que recientemente se están sustituyendo los semipuentes de 2 niveles de los SAI heredados por estructuras básicamente similares de construcción de 3 niveles, dado que las topologías de convertidor de 3 niveles proporcionan una ganancia de eficiencia del orden del 1 al 2 %, de aproximadamente el 95 al 97 % para el SAI. Así pues, la solución propuesta se implementa preferentemente para un SAI de topología de convertidor de 3 niveles, como los de tipo T o NPC, con un patrón de control adecuado, si bien la solución puede extenderse a convertidores con más niveles. Las etapas propuestas de abrir el primer dispositivo controlado y, al mismo tiempo, cerrar el segundo dispositivo controlado de manera que el primer conjunto de convertidor transfiera energía entre las mitades del enlace de CC dividido para mantener la regulación de tensión del enlace de CC con respecto a la referencia de punto medio son particularmente adecuadas para un SAI que tienen múltiples convertidores en paralelo en una fase o que funcionan en un modo intercalado, una pata de fase que en efecto consiste en dos o más convertidores controlados preferiblemente de forma independiente conectados a un puerto de alimentación común tal como una fase de fuente de CA y un patrón de PWM desfasada en fase o no, como se analiza más adelante.

El SAI puede tener una fuente de energía almacenada, generalmente denominada "batería", para mantener el enlace de CC en caso de condiciones anormales en la fuente de CA, de modo que el soporte de carga por el segundo conjunto de convertidor se pueda mantener sin interrupciones. La batería generalmente se conecta al enlace de CC a través del tercer conjunto de convertidor para permitir la variación de tensión de la batería debido al agotamiento u otras características. La batería no se limita a la VRLA común, sino que puede ser cualquier fuente de CC práctica, como una pila de combustible, fotovoltaica, eólica o de otro tipo. Pueden conectarse varios terceros conjuntos de convertidores y hacerse funcionar en paralelo para soportar el enlace de CC. Para una máxima simplicidad, la conexión a la batería es preferentemente de solo dos cables. La conexión de la fuente de CC de la batería respectivamente al enlace de CC y su referencia interna común/neutro puede adoptar varias formas, como solo unir los extremos positivo y negativo o solo uno de los enlaces y el neutro. La carga puede ser una carga de CA, una carga de CC o una combinación de ellas y/o una carga multifásica. El primer dispositivo controlado se puede configurar para desconectar todos los primeros convertidores individualmente de la fuente de CA, y/o el segundo dispositivo controlado se puede configurar para conectar cada uno de los dos primeros convertidores juntos.

En una realización, el método comprende la etapa de hacer funcionar los primeros convertidores, el segundo convertidor y/o el tercer convertidor con una modulación de ancho de pulso, PWM, o PWM desfasada en fase con un modo intercalado. La PWM es ventajosa porque se requiere menos capacidad de control, mientras que el intercalado es ventajoso para optimizar, por ejemplo, la ondulación del filtro. Preferentemente, se proporcionan una pluralidad de segundos convertidores y/o terceros convertidores.

Según otra realización adicional, el segundo dispositivo controlado se proporciona como conexión fija permanente entre al menos dos de los primeros convertidores. De esta manera, el segundo dispositivo controlado puede ser controlado o proporcionado de una manera "no controlada" como una conexión permanente tal como un cable o una barra colectora, preferentemente como un convertidor de fase intercalado. El segundo dispositivo controlado, en su caso, y/o el primer dispositivo controlado se proporcionan preferentemente como relé, contactor o conmutador de semiconductor bidireccional.

En otra realización, el método comprende la etapa de hacer funcionar los al menos dos terceros convertidores en paralelo o escalonados en el tiempo para controlar la extracción de energía a una pluralidad de fuentes de CC. De este modo, puede haber varios terceros convertidores, que funcionan en paralelo o escalonados en el tiempo en función de consideraciones de disponibilidad y/o costes operativos.

Según una realización adicional, los primeros convertidores, el segundo convertidor y/o el tercer convertidor comprenden semiconductores de Si, SiC y/o GaN. Estos semiconductores se caracterizan por un rendimiento mejorado, ya que dichos materiales permiten un funcionamiento altamente eficiente, en particular con topologías de 2 niveles de una construcción general mucho más simple. Los semiconductores de Si, SiC y/o GaN tienen pérdidas de conmutación mucho menores que los semiconductores de Si tradicionales. Por lo tanto, el funcionamiento también

puede ser ventajoso en un Modo de Corriente Continua permanente, MCC, además del Modo de Corriente Discontinua, MCD, donde normalmente se permite que la corriente llegue a cero antes del siguiente evento de conmutación, reduciendo así en gran medida las pérdidas totales. Dichos modos pueden adoptarse y modificarse de forma adaptativa dependiendo del nivel de carga y de consideraciones de estrés a corto y largo plazo, siendo el rendimiento energético potencial en MCC generalmente mayor.

En otra realización, el método comprende la etapa de cambiar periódicamente fases abriendo el primer dispositivo controlado con respecto a dos fases periódicamente diferentes y, al mismo tiempo, cerrando el segundo dispositivo controlado con respecto a las dos fases periódicamente diferentes. Este estrés en los componentes del sistema SAI, en particular en los conmutadores semiconductores de los convertidores, se puede reducir de forma ventajosa si se utilizan rutas de corriente alterna. De acuerdo con una implementación preferida adicional, el método comprende la etapa de hacer funcionar el primer conjunto de convertidor con PWM intercambiada entre diferentes primeros convertidores para invertir periódicamente la dirección del flujo de corriente con respecto a los primeros convertidores. Con una realización de este tipo, que utiliza básicamente rutas de corriente alterna, se puede reducir de forma ventajosa la tensión de los componentes del sistema SAI, en particular de los conmutadores semiconductores de los convertidores.

En otra realización, el método comprende un tercer dispositivo controlado y un elemento de filtro conectado en serie entre el primer dispositivo controlado y la referencia de punto medio. De este modo, la conexión en serie se puede conectar, con respecto al primer dispositivo controlado, entre un inductor de filtro asociado al primer convertidor y el primer dispositivo controlado o entre el primer dispositivo controlado y la fuente de CA. Preferiblemente, el tercer dispositivo controlado se proporciona como un conmutador electrónico tal como un conmutador semiconductor, o como un dispositivo mecánico tal como por ejemplo un relé o contactor. El tercer dispositivo controlado proporciona una capacidad de desconexión controlada ventajosa, en particular para el funcionamiento en múltiples modos del sistema SAI. Además, el tercer dispositivo controlado puede desacoplar de forma controlable la corriente reactiva al elemento de filtro.

En una realización adicional, el primer conjunto de convertidor comprende una pluralidad de convertidores de dos niveles controlados preferiblemente de forma independiente que tienen un punto medio de dos niveles y al menos un conmutador semiconductor bidireccional controlado conectado entre el punto medio de dos niveles y la referencia de punto medio. De esta manera, una fase respectiva puede funcionar en un modo de 3 niveles cuando se abre el primer dispositivo controlado.

Según una realización adicional, el segundo dispositivo controlado está dispuesto entre el primer dispositivo controlado y el primer conjunto de convertidor. Preferentemente, un terminal del segundo dispositivo controlado está conectado a un terminal del primer dispositivo controlado y a un terminal del primer conjunto de convertidor respectivamente de un primer convertidor del mismo.

En una realización adicional, el primer conjunto de convertidor comprende inductores de filtro asociados a cada primer convertidor y el segundo dispositivo controlado está dispuesto entre el primer dispositivo controlado y los inductores de filtro. De este modo, cuando el primer dispositivo controlado se abre y el segundo dispositivo se cierra para conducir corriente, el primer conjunto de convertidor transfiere de forma controlable energía desde cualquiera de las mitades del enlace de CC a la otra, mientras que la corriente compartida pasa a través de los inductores de filtro de los primeros convertidores.

Según una realización adicional, el primer conjunto de convertidor se proporciona como rectificador, el segundo conjunto de convertidor se proporciona como inversor y/o el tercer conjunto de convertidor se proporciona como convertidor de CC/CC. El SAI puede comprender además un elemento de derivación, preferiblemente un conmutador, para conectar la fuente de CA y la carga, donde la fuente de CA puede ser común para el rectificador y el elemento de derivación o alimentaciones separadas. El convertidor de CC/CC puede funcionar de forma unidireccional o bidireccional. El primer conjunto de convertidor, el segundo conjunto de convertidor y el tercer conjunto de convertidor se acoplan a través del enlace de CC de tal manera que actúan como almacenamiento de energía para las características de control y carga. La fuente de CA puede suministrarse como monofásica o multifásica.

El objetivo se satisface además mediante un sistema de alimentación ininterrumpida, SAI, de acuerdo con la reivindicación 13.

El dispositivo de control se proporciona preferiblemente como un medio informatizado, por ejemplo como un microprocesador programado respectivamente. El dispositivo de control puede estar asociado a cada SAI, respectivamente dispositivo SAI, o al sistema SAI, controlando así cada dispositivo SAI del sistema SAI. El dispositivo de control puede comprender una interfaz de usuario o el sistema SAI puede comprender una interfaz de usuario a nivel de sistema. Además, el dispositivo de control puede comprender medios de comunicación para comunicarse con otros dispositivos de control y/o dispositivos externos.

En una realización del SAI, el dispositivo de control se configura para hacer funcionar los primeros convertidores, los segundos convertidores y/o los terceros convertidores con una modulación de ancho de pulso, PWM, o PWM

desfasada en fase con un modo intercalado. De acuerdo con otra implementación preferida, el dispositivo de control se configura para cambiar periódicamente fases abriendo el primer dispositivo controlado con respecto a dos fases periódicamente diferentes y, al mismo tiempo, cerrando el segundo dispositivo controlado con respecto a las dos fases periódicamente diferentes.

En una realización, el segundo dispositivo controlado se proporciona como conexión fija permanente entre al menos dos de los primeros convertidores. De acuerdo con otra implementación preferida, el dispositivo de control está configurado para hacer funcionar los terceros convertidores en paralelo o escalonados en el tiempo para controlar la extracción de energía a una pluralidad de fuentes de CC. En una realización preferida, los primeros convertidores, el segundo convertidor y/o el tercer convertidor comprenden semiconductores de Si, SiC y/o GaN.

De acuerdo con otra realización, el dispositivo de control se configura para hacer funcionar el primer conjunto de convertidor con PWM intercambiada entre diferentes primeros convertidores para invertir periódicamente la dirección del flujo de corriente con respecto a los primeros convertidores. En una implementación preferida, el SAI comprende un tercer dispositivo controlado y un elemento de filtro conectado en serie entre el primer dispositivo controlado y la referencia de punto medio. De acuerdo con otra implementación preferida, el primer conjunto de convertidor comprende una pluralidad de convertidores de dos niveles que tienen un punto medio de dos niveles y al menos un conmutador semiconductor bidireccional controlado conectado entre el punto medio de dos niveles y la referencia de punto medio.

En otra realización, el segundo dispositivo controlado está dispuesto entre el primer dispositivo controlado y el primer conjunto de convertidor. De acuerdo con otra implementación preferida, el primer conjunto de convertidor comprende inductores de filtro asociados a cada primer convertidor y el segundo dispositivo controlado está dispuesto entre el primer dispositivo controlado y los inductores de filtro. En otra implementación preferida, el primer conjunto de convertidor se proporciona como rectificador, el segundo conjunto de convertidor se proporciona como inversor y/o el tercer conjunto de convertidor se proporciona como convertidor de CC/CC.

Breve descripción de los dibujos

Estos y otros aspectos y ejemplos de la invención se harán evidentes a partir de y se dilucidarán con referencia a las realizaciones descritas a continuación.

En los dibujos:

la **figura 1** muestra un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) de acuerdo con una primera realización preferida en una vista esquemática,

la **figura 2** muestra una parte del sistema SAI de la **figura 1** como circuito de 2 niveles en una vista esquemática,

la **figura 3** muestra la parte del sistema SAI de la **figura 1** como circuito tipo T de 3 niveles en una vista esquemática,

la **figura 4** muestra la parte del sistema SAI de la **figura 1** como circuito tipo NPC de 3 niveles en una vista esquemática,

la **figura 5** muestra, para la realización representada en la **figura 3**, la ruta de corriente de transferencia de energía en una vista esquemática,

la **figura 6** muestra una segunda ruta de corriente con respecto a la realización mostrada en **figura 5** en una vista esquemática,

la **figura 7** muestra una realización de tipo NPC con respecto a la segunda de ruta de corriente alternativa como se representa en la **figura 6** en una vista esquemática,

la **figura 8** muestra una ruta de corriente con respecto a una topología de 2 niveles en una vista esquemática, mientras que las rutas de corriente se muestran en la **figura 5**,

la **figura 9** muestra una realización preferida para hacer funcionar conmutadores semiconductores con rutas de corriente alterna en una vista esquemática,

la **figura 10** muestra, con respecto a la ruta de corriente inferior de la **figura 9** abajo a la derecha, posibles esquemas de control en una vista esquemática,

la **figura 11** muestra una realización preferida con múltiples primeros convertidores que funcionan con una PWM común o intercalados con un patrón de PWM en una vista esquemática, y

la **figura 12** muestra una realización en la que se proporcionan un tercer dispositivo controlado y un elemento de filtro en una vista esquemática.

5 Descripción de realizaciones

La **figura 1** muestra un sistema de alimentación ininterrumpida, SAI, de acuerdo con una realización en una vista esquemática. El sistema SAI comprende una pluralidad de dispositivos SAI idénticos, donde dos de ellos se muestran y se denominan SAI 1 y SAI N. El sistema SAI conecta una carga 2 a una fuente de CA 3 y una fuente de CC 4.

Cada dispositivo SAI 1, N comprende un primer conjunto de convertidor 5, que se proporciona como rectificador de CA/CC y que comprende al menos dos primeros convertidores 6 controlados independientemente, no mostrados. El primer conjunto de convertidor 5 está conectado en un primer lado a la fuente de CA 3 y en un segundo lado a un enlace de CC dividido 7, que comprende dos mitades con una referencia de punto medio 8. Cada dispositivo SAI 1, N comprende además un segundo conjunto de convertidor 9, que se proporciona como inversor y comprende un segundo convertidor 10 controlado independientemente proporcionado como inversores de CC/CA, no mostrados. El segundo conjunto de convertidor 9 está conectado en un primer lado al enlace de CC 7 y en un segundo lado a la carga 2. La **figura 1** muestra otro segundo conjunto de convertidor 9 conectado en paralelo al segundo conjunto de convertidor 9. Los primeros convertidores 6, los segundos convertidores 10 y los terceros convertidores 12 comprenden semiconductores de Si, SiC y/o GaN.

Cada dispositivo SAI 1, N comprende además al menos un tercer conjunto de convertidor 11, mientras que dos terceros conjuntos de convertidor 11 se representan en la **figura 1** y conectados en paralelo. Cada uno de los dos terceros conjuntos de convertidor 11 comprende un tercer convertidor 12 controlado independientemente, que está conectado en un primer lado a la fuente de CC 4 y en un segundo lado al enlace de CC 7. Los terceros conjuntos de convertidor 11 se proporcionan como convertidores CC/CC de energía almacenada con respectivos terceros convertidores 12. El sistema SAI o cada dispositivo SAI 1, N comprende además un dispositivo de control computarizado 13 que comprende una interfaz de usuario y medios de comunicación para comunicarse con una interfaz de usuario a nivel de sistema SAI opcional 14.

Al referirnos ahora a **figura 2** mostrando una parte del sistema SAI de la **figura 1** con un circuito básico de 2 niveles, cada dispositivo SAI 1, N comprende adicionalmente un primer dispositivo controlado 15, que se proporciona como conmutador electrónico para desconectar individualmente al menos dos de los primeros convertidores 6 de la fuente de CA 3. Dentro de la realización representada en la **figura 2**, cada fase L1, L2 y L3 está provista de un conmutador controlado, como un conmutador electrónico o mecánico.

Por último, cada dispositivo SAI 1, N comprende un segundo dispositivo controlado 16, que en la **figura 2** también se proporciona como conmutador electrónico o mecánico, pero que también se puede proporcionar como conexión permanente, no mostrado. El segundo dispositivo controlado 16 está configurado para conectar al menos dos de los primeros convertidores 6 entre sí. El primer conjunto de convertidor 5 comprende inductores de filtro 17 asociados a cada primer convertidor 6. El segundo dispositivo controlado 16 está dispuesto entre el primer dispositivo controlado 15 y los inductores de filtro 17. El dispositivo de control 13 controla el primer dispositivo controlado 15 para que se abra y, al mismo tiempo, el segundo dispositivo controlado 16 para que se cierre, de forma que el primer conjunto de convertidor 5 transfiera energía entre las mitades del enlace de CC dividido 8, manteniendo así la regulación de tensión del enlace de CC 7 con respecto a la referencia de punto medio 8.

Los primeros convertidores 6 pueden funcionar fácilmente en 4 cuadrantes de tal manera que es posible un flujo de corriente controlado en cualquier dirección entre el enlace de CC 7 y los conductores de fase 18 que conectan la referencia de punto medio 8 con las fases L1, L2, L3 de la fuente de CA 3. La referencia de punto medio del enlace de CC interno 8 puede no pasar a una referencia de fuente y/o de carga en una instalación de tipo T de 3 hilos y 3 niveles como se muestra en la **figura 3** (sin números de referencia) o conectarse a una referencia de fuente/carga como, por ejemplo, Neutro en una instalación de 4 hilos como se muestra en la **figura 4** (sin números de referencia), en la que Neutro está fijado.

La **figura 5** muestra, para la realización representada en **figura 3**, la ruta de corriente de transferencia de energía cuando el primer dispositivo controlado 15 está abierto y el segundo dispositivo controlado 16 está cerrado, con lo que por razones de simplicidad se omite la tercera pata de fase. La parte superior izquierda muestra todos los conmutadores semiconductores y la parte inferior derecha solo los conmutadores semiconductores activos como vista simplificada. La ruta de corriente de transferencia de energía a la mitad inferior del enlace de CC dividido 7 se ve afectada mediante una simple inversión del control de los conmutadores semiconductores 6 y 3. La ruta de corriente exterior de transferencia de energía representa la ruta de la corriente ascendente, por la que la energía se almacena en ambos inductores de fase 17, mientras que las otras dos rutas de corriente de transferencia de energía representan una ruta respectiva de corriente descendente con energía de ambos inductores 17 que va a cualquiera de las mitades del enlace 8. En este último caso, la ruta de corriente inferior de transferencia de energía muestra que la energía de ambos inductores 17 se transfiere al condensador inferior 18 a medida que el conmutador semiconductor 6 conduce.

La ruta de corriente superior de transferencia de energía muestra que la energía opuesta fluye hacia el condensador superior 18 a medida que el conmutador semiconductor 3 conduce.

La **figura 6** muestra una segunda alternativa de ruta de corriente con conmutadores menos activos con respecto a la realización mostrada en la **figura 5**, mientras que por razones de simplicidad solo se muestra la ruta de corriente para transferencia de energía a la mitad inferior del enlace de CC dividido 7 (línea inferior). Dicha ruta de corriente muestra una corriente que decae a medida que la energía de ambos inductores 17 va a cualquiera de las mitades del enlace 8. La línea de ruta de corriente inferior representa la ruta de corriente que decae donde se extrae energía de ambos inductores de fase 17.

En la **figura 7** se muestra una realización de tipo NPC con respecto a la segunda alternativa de ruta de corriente como se representó anteriormente en la **figura 6**, mientras que el funcionamiento es ambivalente al tipo T como se muestra en la figura anterior, aunque implica una ruta más complicada. Por razones de claridad, en la **figura 7** solo se muestra la ruta de corriente para transferencia de energía a la mitad inferior del enlace de CC dividido 7 (línea inferior) con la ruta de corriente que decae a través del conmutador semiconductor 7, el diodo 4, los conmutadores semiconductores 4, 3 y el inductor 17, con la energía de ambos inductores 17 yendo a cualquiera de las mitades del enlace. La ruta de corriente superior representa la ruta de la corriente ascendente a través de los conmutadores semiconductores 1, 2, los inductores en serie, el conmutador semiconductor 7 y el diodo 4, mientras que la energía se almacena en ambos inductores de fase 17. Como antes, en la parte inferior derecha se muestra una vista simplificada con solo conmutadores semiconductores activos.

La **figura 8** muestra la ruta de corriente al aplicar la solución propuesta a una topología de 2 niveles mediante la adición de conmutadores semiconductores de pinza 2, 3 de una topología de 3 niveles en una fase L1, L2, L3 solamente. Las rutas de corriente y la función son como se describe con respecto a la **figura 5**, mientras que el control y la conducción como se describe con respecto a la **figura 6** también es posible.

La siguiente **figura 9** muestra una realización para hacer funcionar los conmutadores semiconductores con rutas de corriente alterna para promediar la tensión sobre varios de los dispositivos 1, N con configuración tipo T. La parte superior izquierda muestra, en la ruta de corriente inferior, las rutas de almacenamiento de energía a los inductores 17 y a los conmutadores semiconductores 1 y 8, mientras que las rutas de corriente superiores muestran rutas de almacenamiento de energía a los inductores 17 y a los conmutadores semiconductores 5 y 4. De esta manera, la descarga de energía al condensador inferior 18 tendrá, por ejemplo, el interruptor semiconductor 6 o 2 en conducción. La parte inferior derecha muestra una alternativa de, en la ruta de corriente inferior, las rutas de almacenamiento de energía a los inductores 17 y a los conmutadores semiconductores 1 y 6, y en las rutas de corriente superiores, las rutas de almacenamiento de energía a los inductores 17 y a los conmutadores semiconductores 5 y 2. De esta manera, la descarga de energía al condensador inferior 18 tendrá como consecuencia el interruptor semiconductor 3 o 7 en conducción.

La **figura 10** muestra, con respecto a la línea de ruta de corriente inferior de la parte de abajo a la derecha de la **figura 9**, posibles esquemas de control, a saber, MCC, modo de corriente continua, frente a MCD, modo de corriente discontinua, con respecto a los conmutadores semiconductores 1 y 6.

En la **figura 11**, se representa una realización con múltiples primeros convertidores 6 en una pata de fase, mientras que el circuito puede funcionar con una PWM común para los interruptores semiconductores, de modo que se requiera menos capacidad de control, o un Módulo 2 intercalado con un patrón de PWM desfasada en fase para un ciclo de PWM para optimizar, por ejemplo, la ondulación del filtro.

Por último, la **figura 12** muestra una realización en la que se proporcionan un tercer dispositivo controlado 19 y un elemento de filtro 20, que están conectados en serie entre el primer dispositivo controlado 15 y la referencia de punto medio 8. De este modo, la conexión en serie puede ser proporcionada respectivamente conectada en diferentes posiciones como se representa en la **figura 12**, entre el segundo dispositivo controlado 16 y el primer dispositivo controlado 15 o entre la fase Lx o el primer dispositivo controlado 15.

En las reivindicaciones, la expresión "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. El mero hecho de que determinadas medidas se mencionen en reivindicaciones dependientes recíprocamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda usarse con ventaja. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como una limitación del ámbito de aplicación.

Lista de signos de referencia

1, N SAI

2 carga

3 fuente de CA

	4 fuente de CC
5	5 primer conjunto de convertidor
	6 primeros convertidores
	7 enlace de CC
10	8 dos mitades, referencia del punto medio
	9 segundo conjunto de convertidor
	10 segundo convertidor
15	11 tercer conjunto de convertidor
	12 tercer convertidor
20	13 dispositivo de control
	14 interfaz de usuario
	15 primer dispositivo controlado
25	16 segundo dispositivo controlado
	17 inductores de filtro
30	18 condensador
	19 tercer dispositivo controlado
	20 elemento de filtro

REIVINDICACIONES

1. Método para hacer funcionar un sistema de alimentación ininterrumpida, SAI, (1, N) para conectar una carga (2) a una fuente de CA (3) y a una fuente de CC (4), comprendiendo el SAI (1, N)

un primer conjunto de convertidor (5) que comprende un primer convertidor de 3 niveles (6) con topología de tipo T o NPC, estando conectado el primer convertidor de 3 niveles (6) en un primer lado a través de tres patas de fase a la fuente de CA (3) y conectado en un segundo lado a un enlace de CC dividido (7), comprendiendo el enlace de CC dividido (7) dos mitades con una referencia de punto medio (8),
 en donde cada pata de fase del primer convertidor de 3 niveles (6) comprende un primer dispositivo controlado (15) dispuesto entre la respectiva pata de fase de la fuente de CA (3) y la respectiva pata de fase del primer convertidor de 3 niveles (6), estando configurado el primer dispositivo controlado (15) para conectar y desconectar al menos dos patas de fase del primer convertidor (6) de la fuente de CA (3), y
 en donde cada pata de fase comprende además un inductor (17) dispuesto entre la respectiva pata de fase del primer convertidor de 3 niveles (6) y el primer dispositivo controlado (15),
 en donde el primer conjunto de convertidor (5) comprende además un segundo dispositivo controlado (16), configurado para conectar y desconectar las al menos dos patas de fase del primer convertidor (6) en el lado de la fuente de CA (3), en donde el segundo dispositivo controlado (16) está conectado en su primer lado entre el inductor (17) y el primer dispositivo controlado (15) de una primera de las al menos dos patas de fase y en su segundo lado entre el inductor (17) y el primer dispositivo controlado (15) de una segunda de las al menos dos patas de fase,
 un segundo conjunto de convertidor (9) que comprende un segundo convertidor (10) conectado en un primer lado al enlace de CC (7) y en un segundo lado a la carga (2),
 un tercer conjunto de convertidor (11) que comprende un tercer convertidor (12) conectado en un primer lado a la fuente de CC (4) y en un segundo lado al enlace de CC (7),

el SAI (1, N) configurado para realizar las etapas de:

abrir, en un modo de funcionamiento como equilibrador, las tres patas de fase del primer dispositivo controlado (15), y, cerrar el segundo dispositivo controlado (16) y hacer funcionar conmutadores semiconductores del convertidor (6) con una ruta de corriente en el primer convertidor de 3 niveles (6), de tal manera que el primer conjunto de convertidor (5) transfiere energía desde los inductores (17), que están conectados a través del segundo dispositivo controlado (16), a las mitades divididas del enlace de CC (8) para mantener la regulación de tensión del enlace de CC (7) con respecto a la referencia de punto medio (8).

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende la etapa de:

hacer funcionar los primeros convertidores (6), el segundo convertidor (10) y/o el tercer convertidor (12) con una modulación de ancho de pulso, PWM, o PWM desfasada en fase con un modo intercalado.

3. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

donde el segundo dispositivo controlado (16) se proporciona como conexión fija permanente entre al menos dos de los primeros convertidores (6).

4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa de:

hacer funcionar los terceros convertidores (12) en paralelo o escalonados en el tiempo para controlar la extracción de energía hacia una pluralidad de fuentes de CC (4).

5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

donde los primeros convertidores (6), los segundos convertidores (10) y los terceros convertidores (12) comprenden semiconductores de Si, SiC y/o GaN.

6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa de:

cambiar periódicamente fases (L1, L2, L3) abriendo el primer dispositivo controlado (15) con respecto a dos fases periódicamente diferentes (L1, L2, L3) y, al mismo tiempo, cerrando el segundo dispositivo controlado (16) con respecto a las dos fases periódicamente diferentes (L1, L2, L3).

7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa de:

hacer funcionar el primer conjunto de convertidor (5) con PWM intercambiada entre diferentes primeros convertidores (6) para invertir periódicamente la dirección del flujo de corriente con respecto a los primeros convertidores (6).

8. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un tercer dispositivo controlado (19) y un elemento de filtro (20) conectado en serie entre el primer dispositivo controlado (15) y la referencia de punto medio (8).

9. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

donde el primer conjunto de convertidor (5) comprende una pluralidad de convertidores de dos niveles que tienen un punto medio de dos niveles y al menos un conmutador semiconductor bidireccional controlado conectado entre el punto medio de dos niveles y la referencia de punto medio.

10. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
donde el segundo dispositivo controlado (16) está dispuesto entre el primer dispositivo controlado (15) y el primer conjunto de convertidor (5).
- 5 11. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
donde el primer conjunto de convertidor (5) comprende inductores de filtro (17) asociados a cada primer convertidor (6) y el segundo dispositivo controlado (16) está dispuesto entre el primer dispositivo controlado (15) y los inductores de filtro (17).
- 10 12. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
donde el primer conjunto de convertidor (5) se proporciona como rectificador, el segundo conjunto de convertidor (9) se proporciona como inversor y/o el tercer conjunto de convertidor (11) se proporciona como convertidor de CC/CC.
- 15 13. Sistema de alimentación ininterrumpida, SAI, (1, N) para conectar una carga (2) a una fuente de CA (3) y a una fuente de CC (4), comprendiendo el SAI (1, N)
- un primer conjunto de convertidor (5) que comprende un primer convertidor de 3 niveles (6) con topología de tipo T o NPC, estando conectado el primer convertidor de 3 niveles (6) en un primer lado a través de tres patas de fase a la fuente de CA (3) y conectado en un segundo lado a un enlace de CC dividido (7), comprendiendo el enlace de CC dividido (7) dos mitades con una referencia de punto medio (8),
- 20 en donde cada pata de fase del primer convertidor de 3 niveles (6) comprende un primer dispositivo controlado (15) dispuesto entre la respectiva pata de fase de la fuente de CA (3) y la respectiva pata de fase del primer convertidor de 3 niveles (6), estando configurado el primer dispositivo controlado (15) para conectar y desconectar al menos dos patas de fase del primer convertidor (6) de la fuente de CA (3), y
- 25 en donde cada pata de fase comprende además un inductor (17) dispuesto entre la respectiva pata de fase del primer convertidor de 3 niveles (6) y el primer dispositivo controlado (15),
en donde el primer conjunto de convertidor (5) comprende además un segundo dispositivo controlado (16), configurado para conectar y desconectar las al menos dos patas de fase del primer convertidor (6) en el lado de la fuente de CA (3), en donde el segundo dispositivo controlado (16) está conectado en su primer lado entre el inductor (17) y el primer dispositivo controlado (15) de una primera de las al menos dos patas de fase y en su segundo lado entre el inductor (17) y el primer dispositivo controlado (15) de una segunda de las al menos dos patas de fase,
- 30 un segundo conjunto de convertidor (9) que comprende un segundo convertidor (10) configurado para conectarse en un primer lado al enlace de CC (7) y en un segundo lado a la carga (2), y
- 35 un tercer conjunto de convertidor (11) que comprende un tercer convertidor (12) configurado para conectarse en un primer lado a la fuente de CC (4) y en un segundo lado al enlace de CC (7),
el SAI (1, N) configurado para realizar las etapas de la reivindicación 1.
14. SAI (1, N) de acuerdo con la reivindicación anterior,
donde el dispositivo de control (13) se configura para hacer funcionar los primeros convertidores (6), los segundos convertidores (10) y/o los terceros convertidores (12) con una modulación de ancho de pulso, PWM, o PWM desfasada en fase con modo intercalado.
- 40 15. SAI (1, N) de acuerdo con cualquiera de las dos reivindicaciones anteriores,
donde el dispositivo de control (13) se configura para cambiar periódicamente fases (L1, L2, L3) abriendo el primer dispositivo controlado (15) con respecto a dos fases periódicamente diferentes (L1, L2, L3) y, al mismo tiempo, cerrando el segundo dispositivo controlado (16) con respecto a las dos fases periódicamente diferentes (L1, L2, L3).
- 45

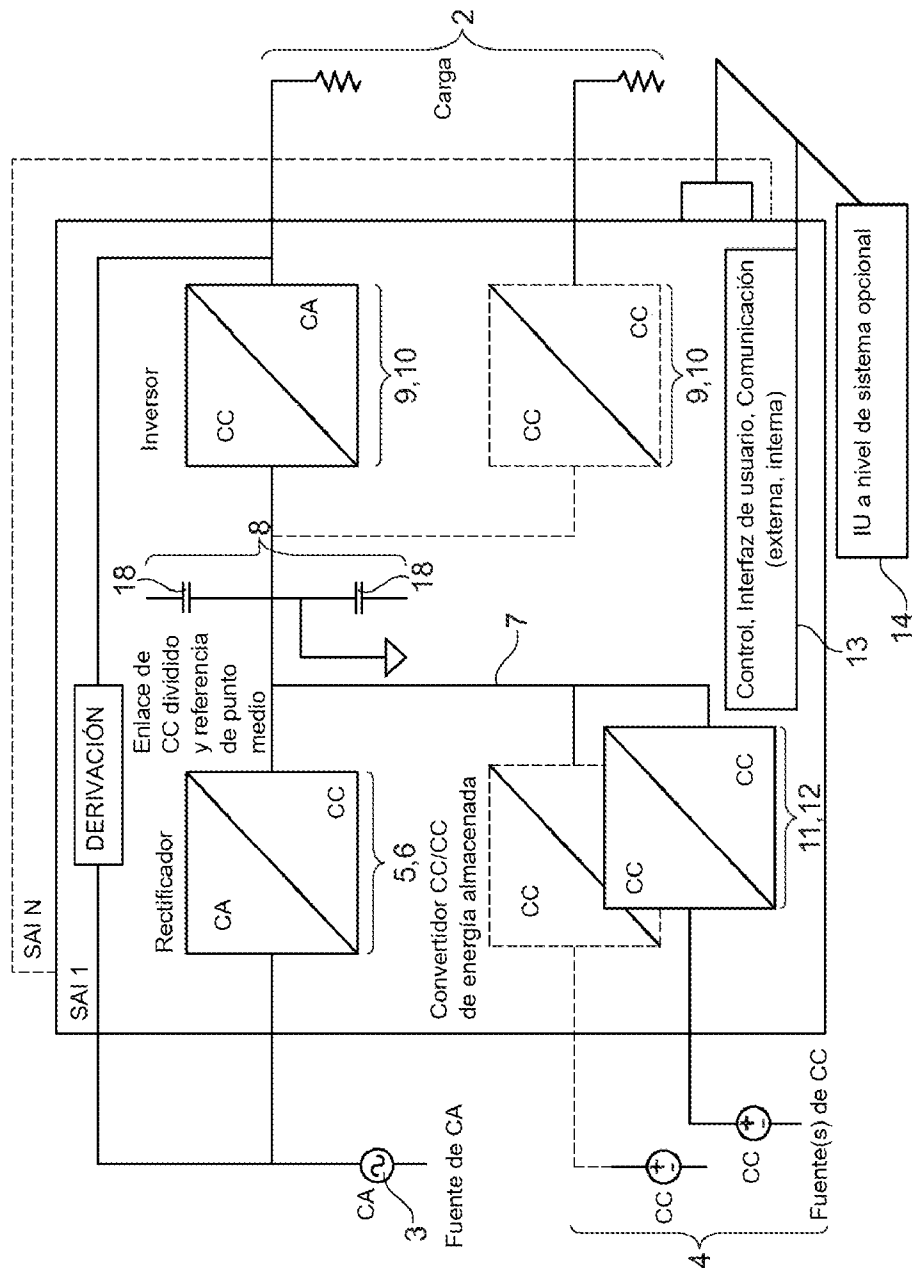


Fig. 1

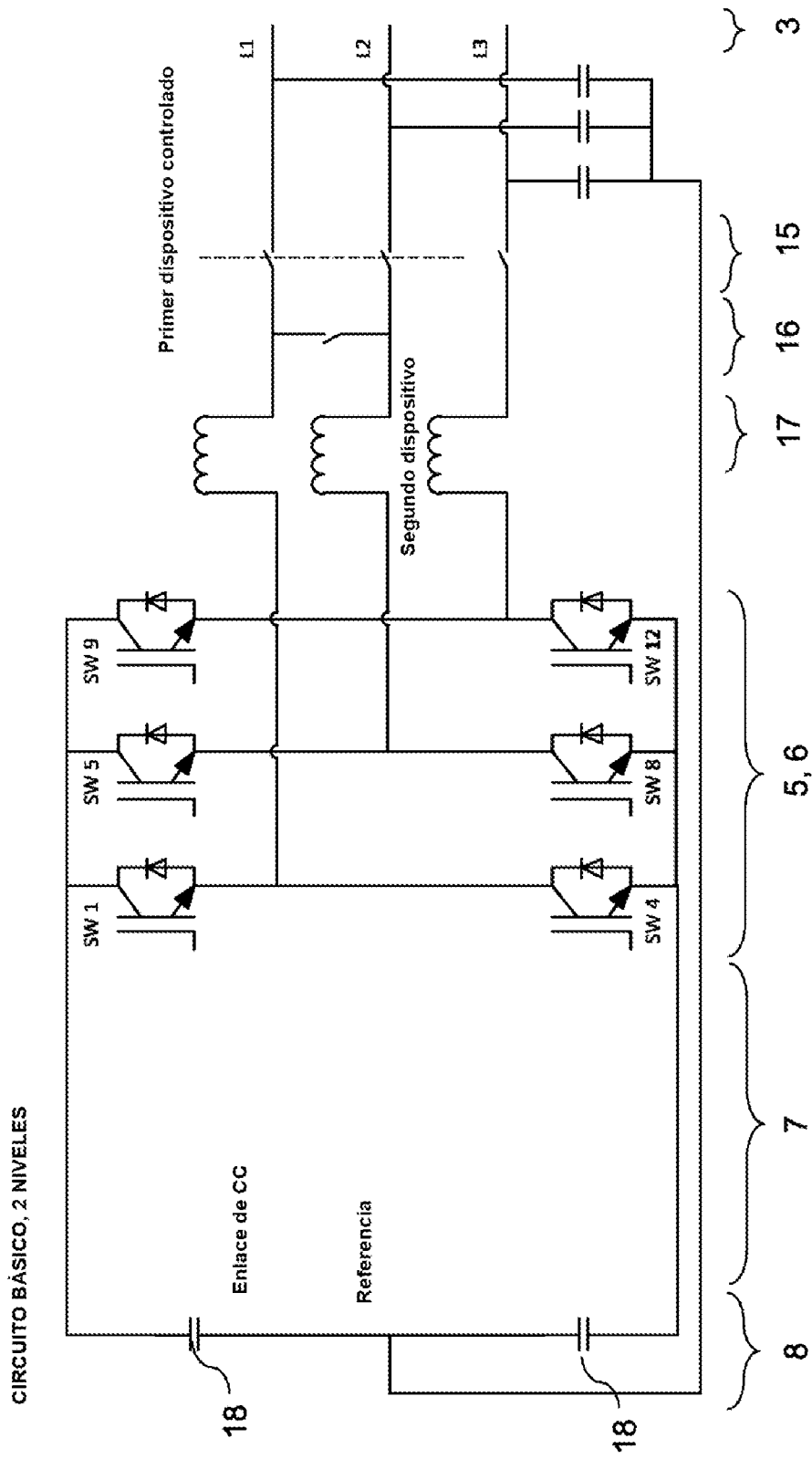


Fig. 2

CIRCUITO BÁSICO, 3 NIVELES, TIPO T

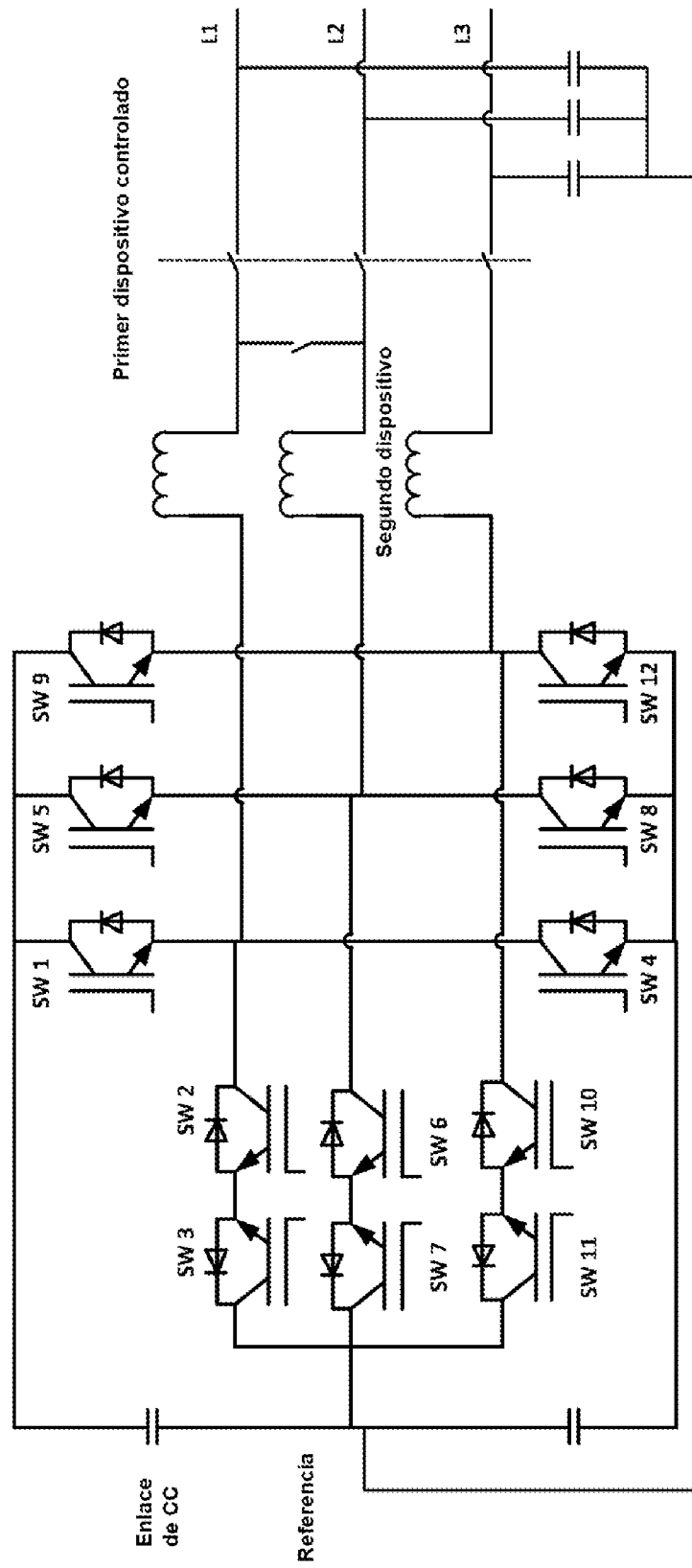


Fig. 3

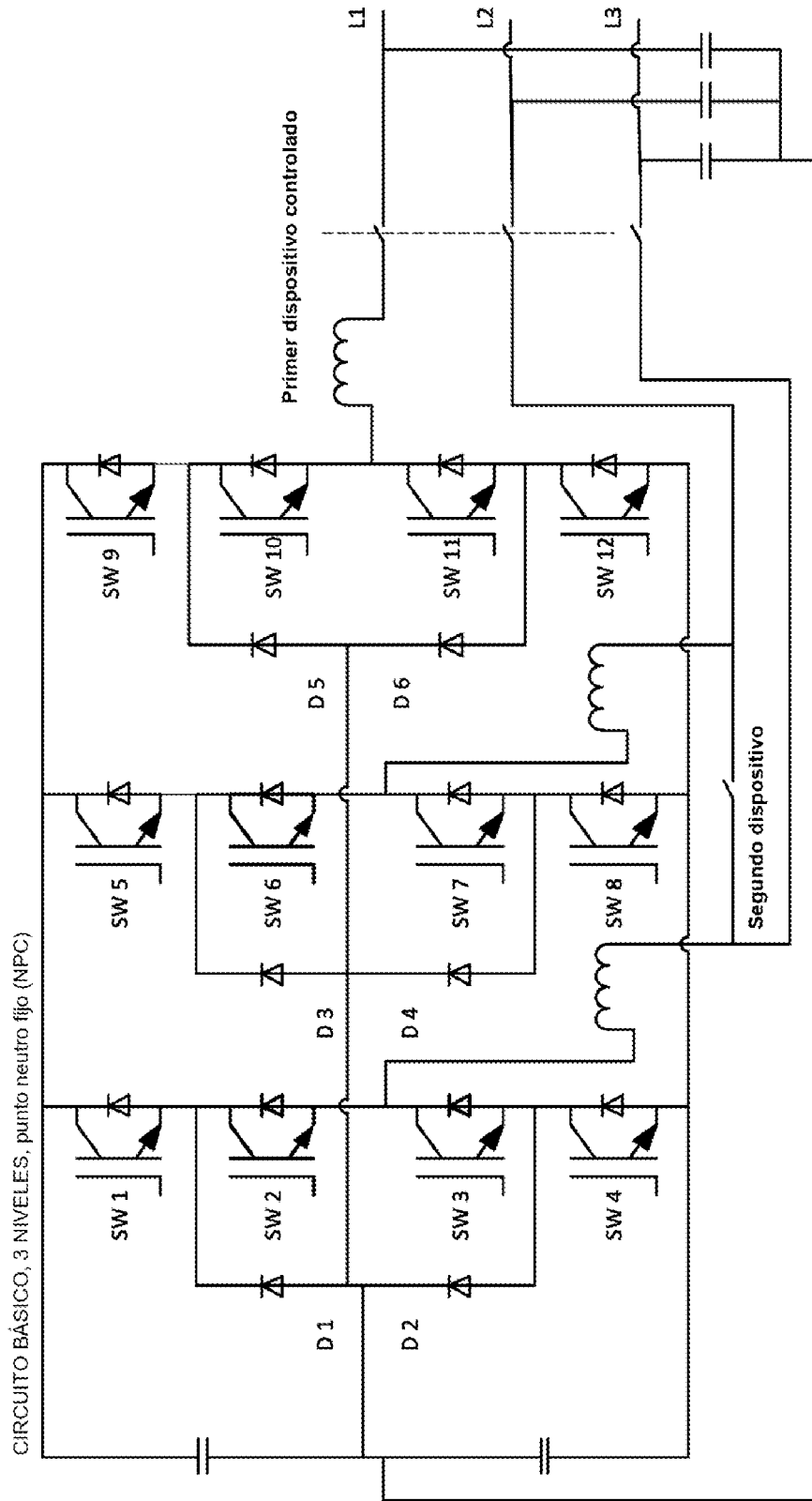


Fig. 4

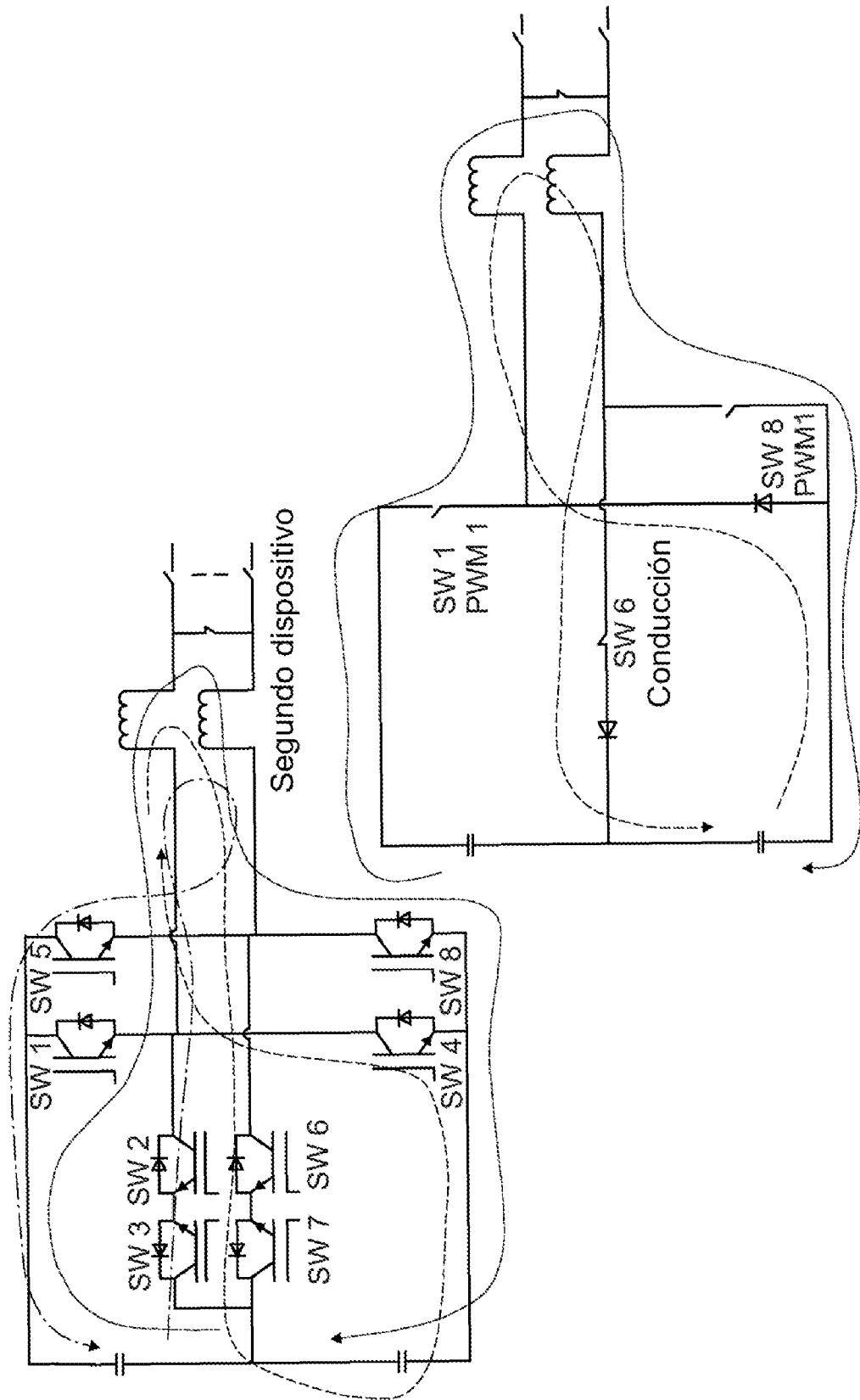


Fig. 5

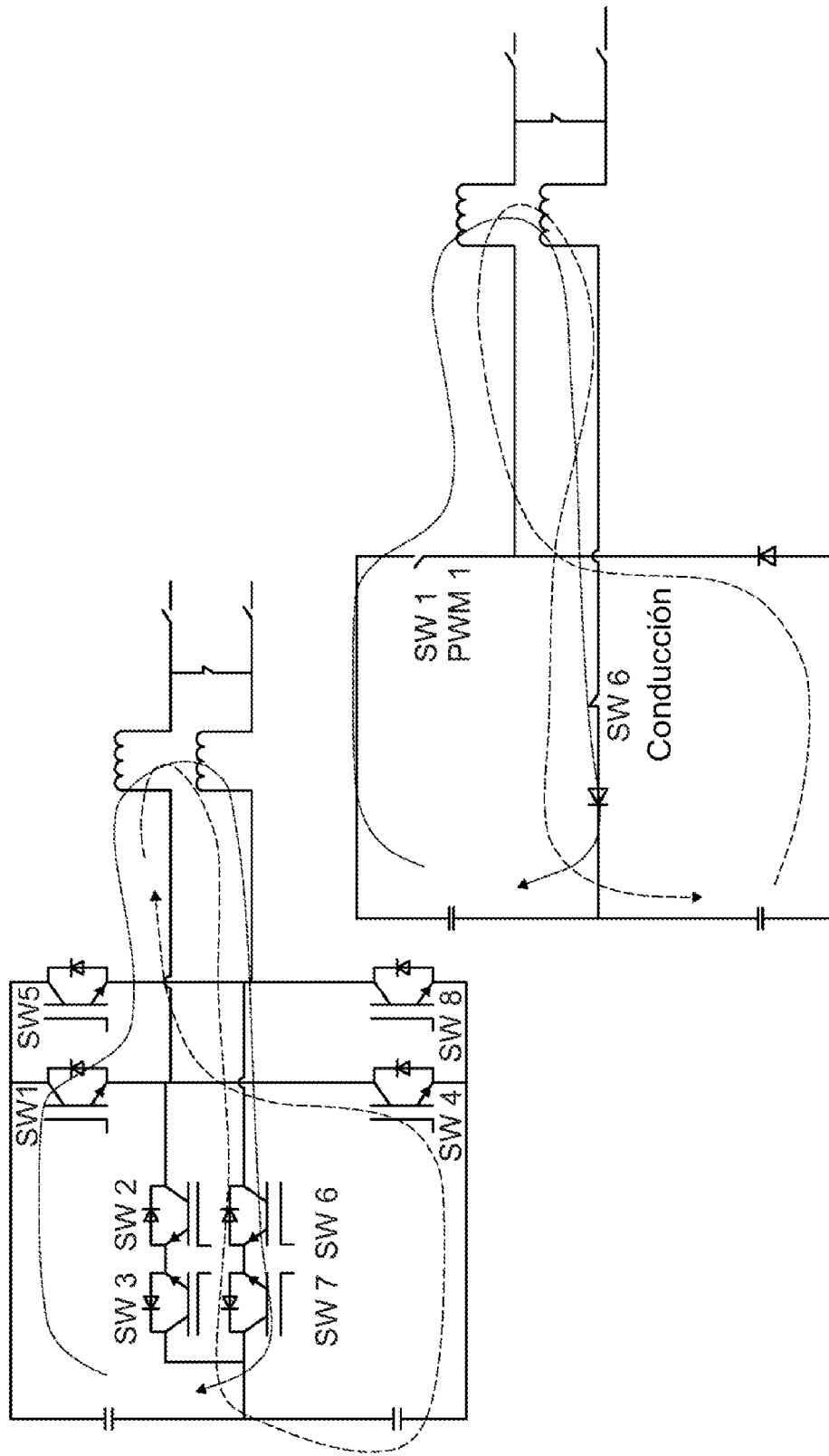


Fig. 6

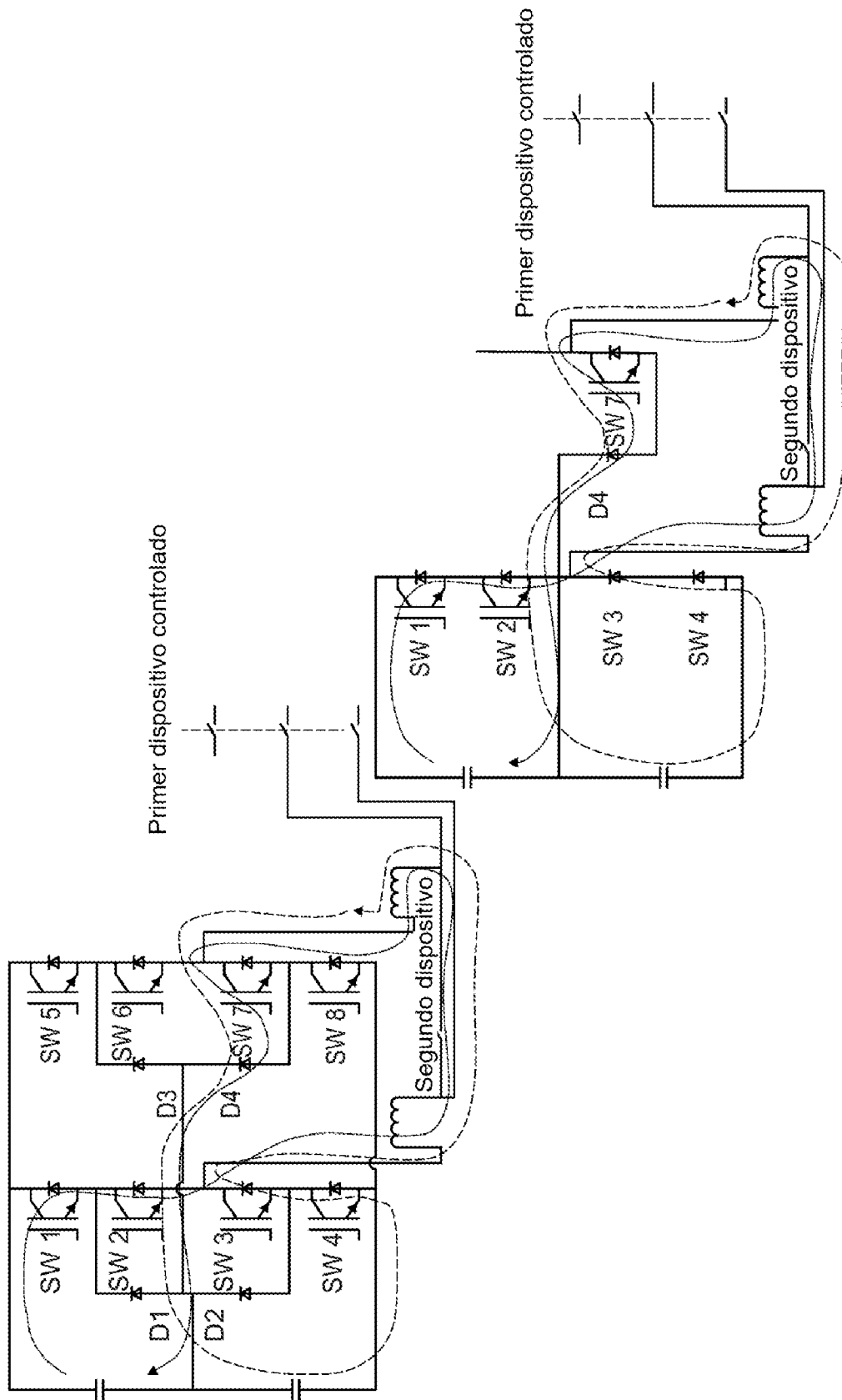


Fig. 7

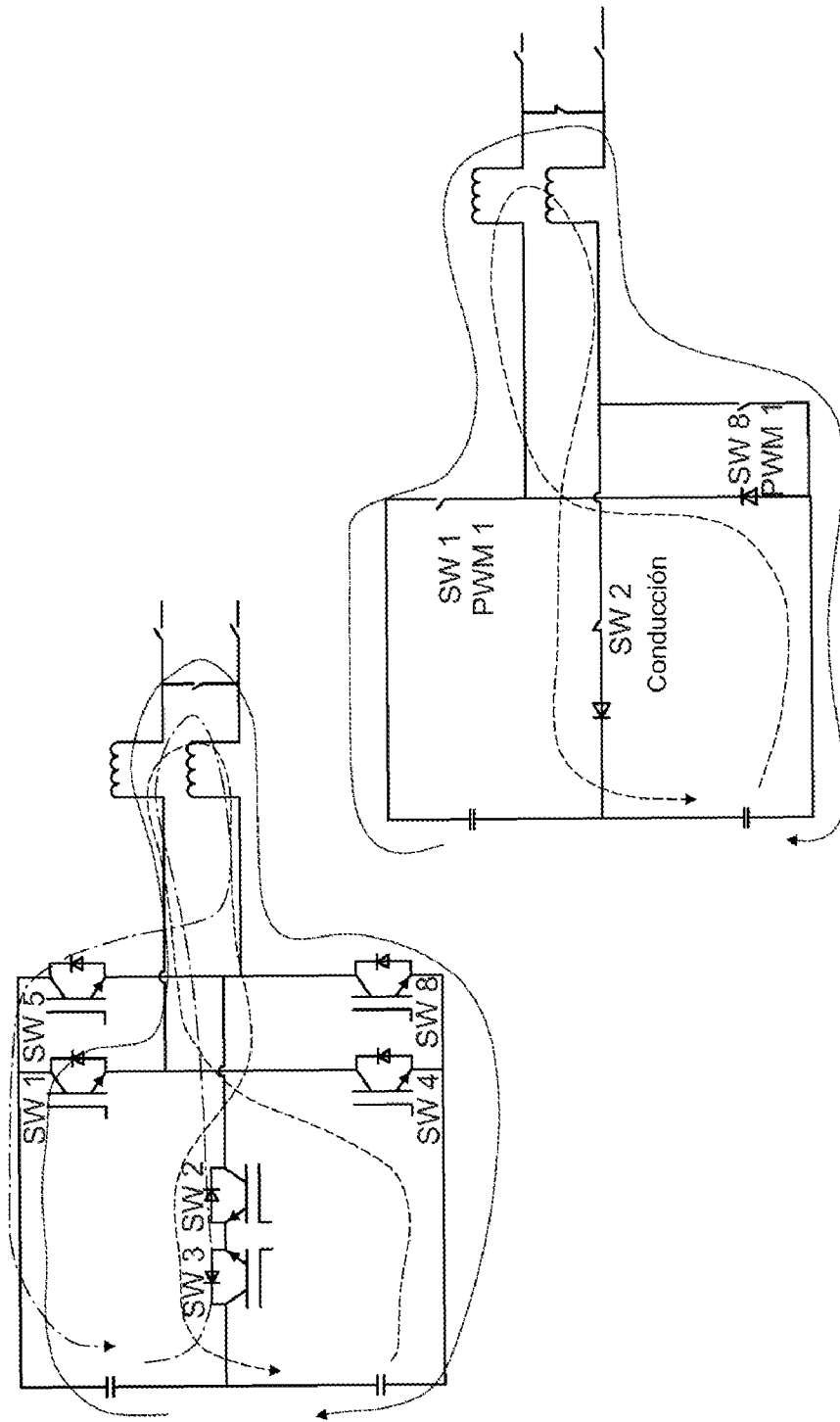


Fig. 8

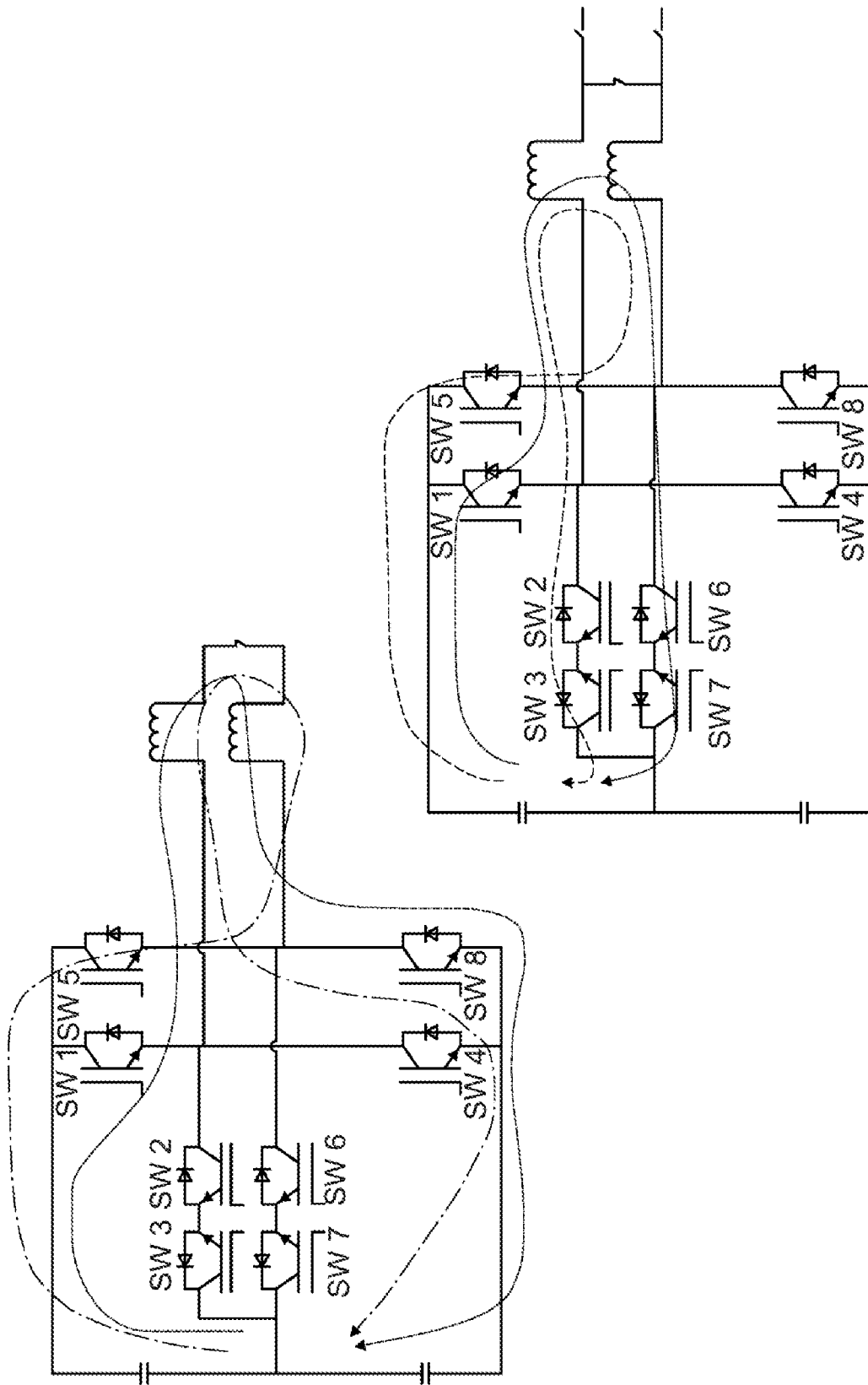


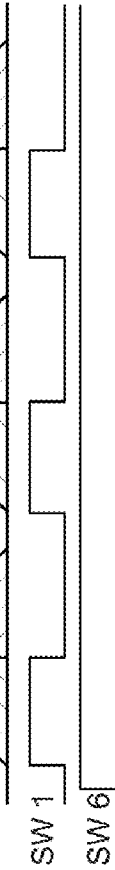
Fig. 9

MCD, modo de corriente discontinua

SW 1 conduce, la tensión del condensador superior hace que la corriente en los inductores conectados en serie pase de cero a un valor de control, SW6 conduce continuamente

SW1 apagado, la ruta de corriente cambia al condensador inferior y SW 4, la corriente decae a cero, SW 6 conduce continuamente

La corriente decae a cero antes de la siguiente activación de SW 1, pérdidas de conmutación muy bajas



MCD a MCC

- se representa un cambio de modo entre situaciones de estado estacionario debido, por ejemplo, a una etapa de carga

SW 1 apagado, la corriente decae a un nivel por encima de cero

De MCD a MCC

SW 1 encendido de nuevo, la corriente todavía pasa a través de SW 4 es conmutado por SW 1 a la otra ruta



SW 1 y SW 4 transportan tensión y corriente simultáneamente, debido al tiempo finito para transferir la corriente a otra ruta, los dispositivos sufren pérdidas relacionadas con eventos de conmutación.

Las pérdidas son relativamente elevadas para Si, muy modestas para materiales avanzados, p. ej., SiC.

Fig. 10

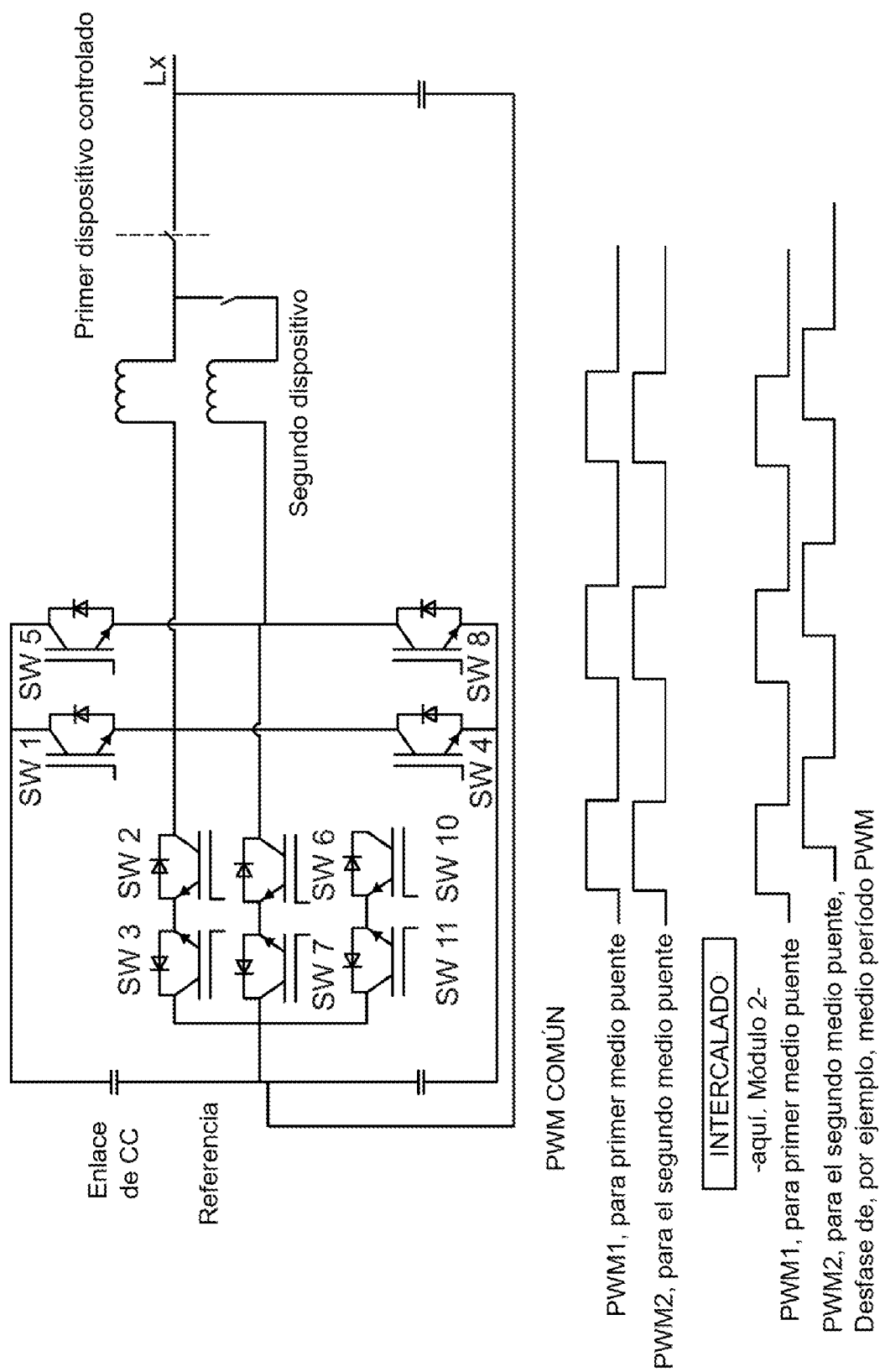


Fig. 11

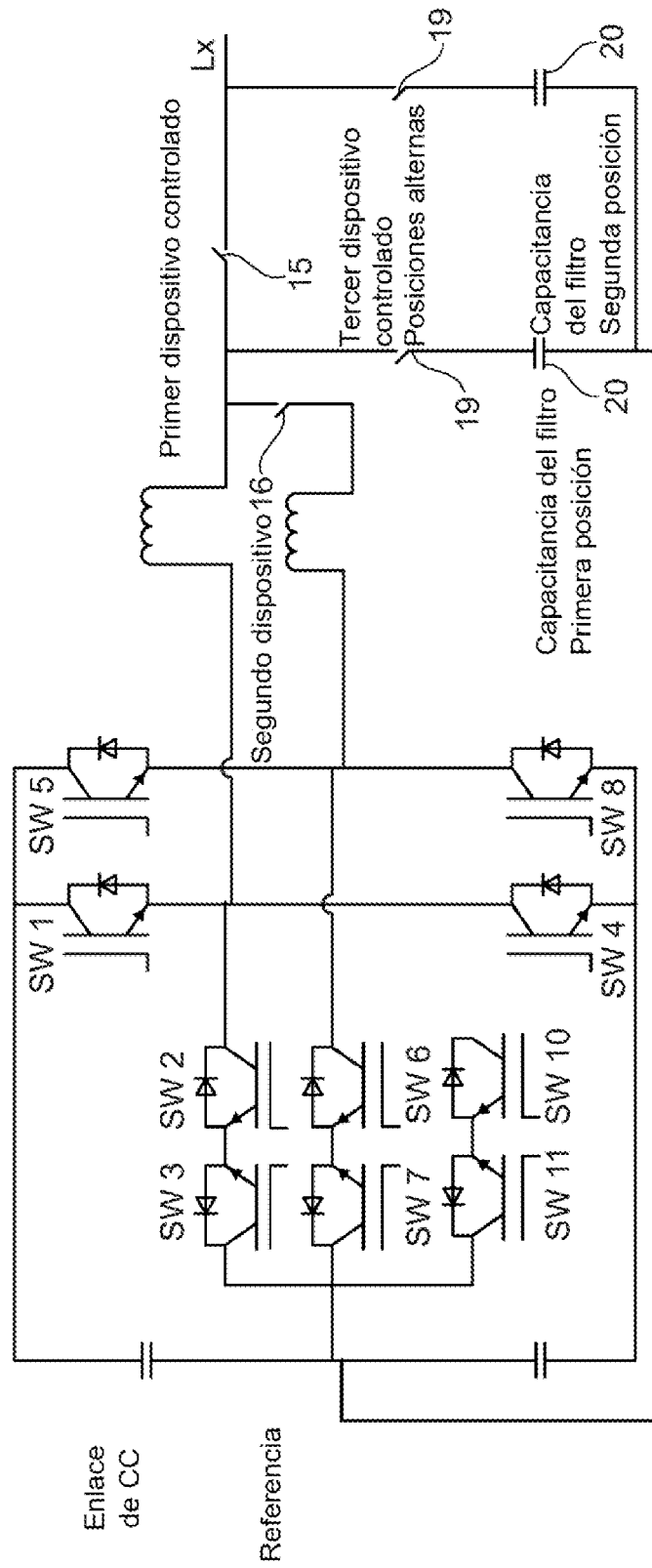


Fig. 12