

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 218**

51 Int. Cl.:

H02M 7/483 (2007.01)

H02M 7/487 (2007.01)

H02M 7/49 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2012 E 12191958 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019 EP 2688190**

54 Título: **Convertidor de tensión de múltiples niveles**

30 Prioridad:

16.07.2012 US 201213549984

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

22.05.2020

73 Titular/es:

**DELTA ELECTRONICS, INC. (100.0%)
252, Shangying Road, Guishan Industrial Zone
Taoyuan County 33341, TW**

72 Inventor/es:

BARBOSA, PETER

74 Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

ES 2 762 218 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

Convertidor de tensión de múltiples niveles

5 Antecedentes

Campo técnico

10 La presente descripción se refiere a un convertidor. Más en concreto, la presente descripción se refiere a un convertidor de tensión de múltiples niveles.

Descripción de la técnica relacionada

15 Existe una creciente demanda de sistemas de conversión de potencia que puedan proporcionar tensiones de salida deseadas y tengan un buen rendimiento y control espectral. Un método conocido para lograr niveles de tensión de salida deseados de un sistema de conversión de potencia es utilizar una topología de convertidor de potencia de múltiples niveles.

20 La topología de convertidor de potencia de múltiples niveles se ha utilizado ampliamente para aplicaciones de potencia tales como sistemas de accionamiento de velocidad variable (VSD), generadores de turbina eólica, sistemas de distribución de potencia eléctrica, etc. Las tensiones de potencia con un mayor número de niveles de tensión se aplican para sintetizar formas de onda con mejor espectro armónico. Es decir, los convertidores de múltiples niveles pueden alcanzar la tensión deseada y minimizar armónicos inducidos.

25 Sin embargo, un convertidor de múltiples niveles típico tiene límites a la hora de generar una tensión de potencia con un mayor número de niveles de tensión y, por tanto, no se controla fácilmente. Además, dado que el número de niveles de convertidor requeridos en cualquier topología de convertidor de múltiples niveles depende de los niveles de tensión de salida deseados, el aumento del número de niveles de convertidor también aumenta la complejidad del control y el coste de circuitos de convertidor.

30 El documento EP2357721 (A1) da a conocer un inversor NPC (Neutral-Point-Clamped) trifásico de tres niveles, que está conectado a una primera fuente de alimentación de CC. Los inversores monofásicos se conectan en serie con líneas de salida de CA de fases individuales del inversor trifásico de tres niveles de modo que las sumas de las tensiones de salida del inversor trifásico de tres niveles y de las tensiones de salida de los inversores monofásicos correspondientes son generadas a una carga a través de un filtro de suavizado. Una unidad de control de salida controla el inversor trifásico de tres niveles de manera que las fases individuales del inversor trifásico de tres niveles generan pulsos de tensión primaria a una velocidad de un pulso por medio ciclo y controla los inversores monofásicos individuales mediante PWM, de modo que las tensiones de salida a las fases individuales de la carga forman ondas sinusoidales cuyas fases son desviadas mediante $2\pi/3$ de una fase a otra, teniendo las ondas sinusoidales el mismo valor máximo.

Breve descripción de la invención

45 Un aspecto de la presente descripción se refiere a un convertidor de tensión de múltiples niveles. El convertidor de tensión de múltiples niveles incluye un circuito convertidor multipunto y una pluralidad de circuitos inversores en puente completo conectados en cascada. El circuito convertidor multipunto está configurado para convertir una tensión de CC en una tensión intermedia de tres niveles. Los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada están conectados eléctricamente en serie con el circuito convertidor multipunto y configurados para recibir la tensión intermedia de tres niveles para generar una tensión de salida de $(2^{n+1}+1)$ niveles, correspondiente a una salida monofásica, en donde n es una cantidad de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada. Otras características del convertidor multitensión se definen en la reivindicación 1.

50 Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son a modo de ejemplo y pretenden proporcionar una explicación adicional de la descripción tal como se reivindica.

55 Breve descripción de los dibujos

La publicación puede entenderse con más claridad leyendo la siguiente descripción detallada de las realizaciones, con referencia a los dibujos adjuntos, como sigue:

60 La figura 1 es un diagrama esquemático de un convertidor de tensión de múltiples niveles según una realización no reivindicada de la presente descripción, útil para entender la invención;

65 La figura 2 es un diagrama esquemático de un convertidor de tensión de múltiples niveles según otra realización no reivindicada de la presente descripción, útil para entender la invención; y

La figura 3 es un diagrama esquemático de un convertidor de tensión de múltiples niveles según una realización de la presente descripción.

Descripción de las realizaciones

5 En la siguiente descripción, se presentan detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de las realizaciones de la presente publicación. Sin embargo, los expertos en la materia reconocerán que la presente publicación se puede poner en práctica sin uno o más de los detalles específicos o en combinación con otros componentes. No se muestran ni describen en detalle implementaciones u operaciones bien conocidas para evitar
10 ocultar aspectos de varias realizaciones de la presente descripción.

Los términos usados en esta descripción generalmente tienen sus significados normales en la técnica y en el contexto específico donde se usa cada término. El uso de ejemplos en cualquier parte de esta descripción, incluidos ejemplos de cualquiera de los términos analizados en este documento, es solo ilustrativo y de ninguna manera limita
15 el alcance y el significado de la publicación o de cualquier término ejemplificado. Asimismo, la presente publicación no se limita a varias realizaciones dadas en esta descripción.

Tal como se usa en el presente documento, “alrededor de”, “más o menos”, “aproximadamente” o “sustancialmente” generalmente significarán dentro del 20 por ciento, preferiblemente dentro del 10 por ciento y más preferiblemente
20 dentro del 5 por ciento de un valor o rango dado. Las cantidades numéricas dadas en este documento son aproximadas, lo que significa que el término “alrededor de”, “más o menos”, “aproximadamente” o “sustancialmente” puede deducirse si no se indica expresamente.

Se entenderá que, aunque los términos “primero”, “segundo”, etc., pueden usarse en el presente documento para describir varios elementos, estos elementos no deberían estar limitados por estos términos. Estos términos solo se usan para diferenciar un elemento de otro. Por ejemplo, un primer elemento podría denominarse un segundo elemento y, de manera similar, un segundo elemento podría denominarse un primer elemento, sin apartarse del alcance de las realizaciones. Tal como se usa en este documento, el término “y/o” incluye todas y cada una de las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados.
25
30

Tal como se usa en el presente documento, los términos “que comprende”, “que incluye”, “que tiene”, “que contiene”, “que implica” y similares deben entenderse como abiertos, es decir, significan entre otros.

La referencia a lo largo de la descripción a “una realización” significa que un rasgo, estructura, implementación o característica particular descrita en relación con la realización se incluye en al menos una realización de la presente descripción. Por lo tanto, los usos de las frases “en una realización” en varios lugares a lo largo de la descripción no se refieren necesariamente a la misma realización. Además, los rasgos, estructuras, implementaciones o características particulares pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones.
35

En la siguiente descripción y reivindicaciones, se pueden usar los términos “acoplado” y “conectado”, junto con sus derivados. En realizaciones particulares, “conectado” y “acoplado” pueden usarse para indicar que dos o más elementos están en contacto físico o eléctrico directo entre sí, o también pueden significar que dos o más elementos pueden estar en contacto indirecto entre sí. “Acoplado” y “conectado” aún pueden usarse para indicar que dos o más elementos cooperan o interactúan entre sí.
40
45

La figura 1 es un diagrama esquemático de un convertidor de tensión de múltiples niveles según una realización no reivindicada de la presente descripción, útil para entender la invención. El convertidor de tensión de múltiples niveles 100 incluye al menos un circuito inversor en puente completo 110 y un circuito convertidor multipunto 120 (es decir, un circuito convertidor de N puntos). El circuito convertidor multipunto 120 está configurado para convertir una tensión de CC 2U en una tensión intermedia de múltiples niveles VL. El circuito inversor en puente completo 110 está conectado eléctricamente en serie con el circuito convertidor multipunto 120 a una salida monofásica y configurado para recibir la tensión intermedia de múltiples niveles VL para generar una tensión de salida de múltiples niveles VP correspondiente a la salida monofásica.
50

Para facilitar la ilustración y la explicación de la funcionalidad y la operación de una fase del convertidor de tensión de múltiples niveles que puede tener salidas multifase, la conexión en serie del circuito convertidor multipunto con el circuito inversor en puente completo en la presente descripción se ilustra simplemente para la fase única del convertidor de tensión de múltiples niveles. Es decir, puede haber tres circuitos (cada uno de los cuales se puede configurar como se muestra en la figura 1 o la figura 2 o la figura 3 que se muestran a continuación) conectados eléctricamente en paralelo en un lado de CC para construir el convertidor de tensión de múltiples niveles como un convertidor de tensión trifásico.
55
60

En la presente realización, el circuito inversor en puente completo 110 incluye además un primer par de conmutación 112, un segundo par de conmutación 114 y un dispositivo de soporte de tensión 116. El primer par de conmutación 112 incluye dos dispositivos de conmutación S1 y S2 conectados en serie en un nodo primario Q1 entre un nodo positivo PS y un nodo negativo NS. El segundo par de conmutación 114 incluye dos dispositivos de conmutación S3
65

y S4 conectados en serie entre el nodo positivo PS y el nodo negativo NS en un nodo secundario Q2 configurado para generar la tensión de salida de múltiples niveles VP. El dispositivo de soporte de tensión 116 está eléctricamente conectado paralelamente al primer par de conmutación 112 y el segundo par de conmutación 114 entre el nodo positivo PS y el nodo negativo NS.

5 En la práctica, el dispositivo de soporte de tensión 116 puede ser un condensador, una fuente de tensión de CC, etc., que puede mantener una tensión de CC durante un período de tiempo suficiente, y cada uno de los dispositivos de conmutación S1, S2, S3 y S4 puede implementarse mediante un conmutador seleccionado del grupo que consiste en un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), un tiristor controlado por puerta integrada (IGCT), un MOSFET de potencia, un transistor de unión bipolar, etc., con un diodo antiparalelo conectado en paralelo y polarizado inversamente con respecto al conmutador. Además, cada uno del primer par de conmutación 112 y el segundo par de conmutación 114 puede implementarse mediante un módulo IGBT que incluye dos IGBT y diodos antiparalelos respectivos conectados en paralelo al mismo.

15 De acuerdo con la configuración del circuito inversor en puente completo 110, el circuito inversor en puente completo 110 se puede diseñar y accionar fácilmente porque su configuración modular proporciona flexibilidad para una fácil expansión del número de niveles sin introducir una complejidad excesiva en el circuito de potencia.

20 Por otro lado, el circuito convertidor multipunto 120 puede incluir además una primera unidad de conmutación 122, una segunda unidad de conmutación 124, una unidad intermedia 126 y una tercera unidad de conmutación 128. La segunda unidad de conmutación 124 está conectada eléctricamente en serie con la primera unidad de conmutación 122 en un terminal de salida intermedio L, y el terminal de salida intermedio L está conectado al nodo primario Q1 del circuito inversor en puente completo 110 y está configurado para generar la tensión intermedia de múltiples niveles VL, en el que la primera unidad de conmutación 122 está conectada entre el terminal de salida intermedio L y un terminal de CC positivo P, y la segunda unidad de conmutación 124 está conectada entre el terminal de salida intermedio L y un terminal de CC negativo N. La unidad intermedia 126 incluye dos condensadores C1 y C2 conectados eléctricamente en serie en un terminal de punto neutro NP entre el terminal de CC positivo P y el terminal de CC negativo N, y paralelamente a la conexión en serie de la primera unidad de conmutación 122 y la segunda unidad de conmutación 124. Además, la tercera unidad de conmutación 128 está conectada eléctricamente entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP.

25 En la presente realización, la primera unidad de conmutación 122 incluye además un dispositivo de conmutación S5 y la segunda unidad de conmutación 124 incluye además un dispositivo de conmutación S6, en el que el dispositivo de conmutación S5 y el dispositivo de conmutación S6 están conectados en serie al terminal de salida intermedio L entre el terminal de CC positivo P y el terminal de CC negativo N.

30 Además, la tercera unidad de conmutación 128 puede incluir también dos dispositivos de conmutación S71 y S72 conectados en antiserie (es decir, conexión recíproca) entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP. La conexión en antiserie de los dispositivos de conmutación S71 y S72 está configurada para que una corriente circule de un lado a otro entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP.

35 La primera unidad de conmutación 122, la segunda unidad de conmutación 124 y la tercera unidad de conmutación 128 están dispuestas en paralelo una con respecto a otra entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP, de modo que la configuración del circuito convertidor multipunto 120 tiene tres trayectorias de conmutación entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP, y cada una de las trayectorias de conmutación es corta y, por tanto, se controla fácilmente.

40 En la práctica, cada uno de los dispositivos de conmutación S5, S6, S71 y S72 puede implementarse mediante un conmutador seleccionado del grupo que consiste en un IGBT, un IGCT, un MOSFET de potencia, un transistor de unión bipolar, etc., con un diodo antiparalelo conectado en paralelo y polarizado inversamente con respecto al conmutador. Además, cada una de la primera unidad de conmutación 122, la segunda unidad de conmutación 124 y la tercera unidad de conmutación 128 puede implementarse también mediante un módulo IGBT.

45 De acuerdo con la configuración del circuito convertidor multipunto 120, el circuito convertidor multipunto 120 puede estar configurado para tener múltiples trayectorias de conmutación entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP, y cada una de las trayectorias de conmutación es corta y por tanto fácilmente controlable. Además, la configuración del circuito convertidor multipunto 120 también permite un diseño modular, y por tanto no se requiere una circuitería compleja por lo que la circuitería se simplifica. Además, la configuración del circuito convertidor multipunto 120 simplifica el diseño de la barra colectora ya que los bucles de conmutación (por ejemplo, el bucle formado entre el terminal de punto neutro NP y el terminal de salida intermedio L) se simplifican en comparación con los bucles en un circuito convertidor multipunto convencional.

50 En operación, suponiendo que cada uno de los condensadores C1 y C2 pueda mantener una tensión U, el circuito convertidor multipunto 120 tiene tres etapas de conmutación. En la primera etapa de conmutación, el dispositivo de conmutación S5 se enciende y los dispositivos de conmutación S6, S71, S72 se apagan, y la tensión intermedia de múltiples niveles VL se convierte en U. En la segunda etapa de conmutación, los dispositivos de conmutación S71,

S72 se encienden y los dispositivos de conmutación S5, S6 se apagan, y la tensión intermedia de múltiples niveles VL es igual a cero. En la tercera etapa de conmutación, el dispositivo de conmutación S6 se enciende mientras que los dispositivos de conmutación S5, S71, S72 se apagan y la tensión intermedia de múltiples niveles VL se convierte en $-U$.

5 Además, suponiendo que el dispositivo de soporte de tensión 116 sea capaz de mantener una tensión $U/2$, la tensión de salida de múltiples niveles VP tiene cinco niveles de tensión (es decir, U , $U/2$, 0 , $-U/2$, $-U$) de acuerdo con las operaciones del circuito convertidor multipunto 120 y el circuito inversor en puente completo 110. En concreto, en la condición de encendido del dispositivo de conmutación S5, cuando los dispositivos de conmutación
10 S1 y S3 se encienden, la tensión de salida de múltiples niveles VP se convierte en U ; en la condición de encendido del dispositivo de conmutación S5, cuando los dispositivos de conmutación S1 y S4 se encienden, la tensión de salida de múltiples niveles VP se convierte en $U/2$; en la condición de encendido de los dispositivos de conmutación S71, S72, cuando los dispositivos de conmutación S1 y S3 se encienden, la tensión de salida de múltiples niveles VP es igual a cero; y los niveles de tensión $-U/2$ y $-U$ pueden deducirse por analogía (por ejemplo, la operación en la condición de encendido del dispositivo de conmutación S6). Las operaciones antes mencionadas serían entendidas por personas con conocimientos normales en la técnica, por lo que no se describen con más detalle en este documento.

20 La figura 2 es un diagrama esquemático de un convertidor de tensión de múltiples niveles de acuerdo con realización no reivindicada de la presente descripción. Tal como se ilustra en la figura 2, el convertidor de tensión de múltiples niveles 200 incluye el circuito inversor en puente completo 110 y un circuito convertidor multipunto 220, en el que las conexiones y operaciones del circuito inversor en puente completo 110 y el circuito convertidor multipunto 220 son similares a las descritas en la figura 1, y las conexiones de la primera unidad de conmutación 222, la segunda unidad de conmutación 224, la unidad intermedia 126 y la tercera unidad de conmutación 228 también son
25 similares a las descritas en la figura 1.

En la presente realización, en comparación con la figura 1, la primera unidad de conmutación 222 incluye además una pluralidad de dispositivos de conmutación (p. ej., S51, S52, S53, S54) conectados eléctricamente en serie al terminal de salida intermedio L, la segunda unidad de conmutación 224 incluye además una pluralidad de dispositivos de conmutación (p. ej., S61, S62, S63, S64) conectados eléctricamente en serie al terminal de salida intermedio L, y la tercera unidad de conmutación 228 incluye además dos grupos de dispositivos de conmutación, que están conectados en antiserie entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP, en el que cada uno de los dos grupos incluye una pluralidad de dispositivos de conmutación conectados eléctricamente en serie (p. ej., un grupo que incluye dispositivos de conmutación S71, S72 y el otro grupo que incluye dispositivos de conmutación S73, S74).
30
35

En concreto, los dispositivos de conmutación S51, S52, S53, S54 están conectados en serie con el condensador C1 entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP para formar una trayectoria de conmutación, los dispositivos de conmutación S61, S62, S63, S64 están conectados en serie con el condensador C2 entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP para formar otra trayectoria de conmutación, y el grupo que incluye los dispositivos de conmutación S71, S72 y el otro grupo que incluye los dispositivos de conmutación S73, S74 están conectados en antiserie (es decir, conexión recíproca) entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP para formar aún otra trayectoria de conmutación y ser configurados para que una corriente circule de un lado a otro entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP, lo que da así como resultado que cada una de las trayectorias de conmutación sea corta y fácil de controlar.
40
45

En una realización, una cantidad de los dispositivos de conmutación conectados en serie en cada una de la primera unidad de conmutación 222 y la segunda unidad de conmutación 224 puede aumentarse para que sea cualquier cantidad dos veces la cantidad de los dispositivos de conmutación conectados en serie en cada uno de los dos grupos de dispositivos de conmutación en la tercera unidad de conmutación 228, a fin de bloquear la tensión que es dos veces la tensión a través de cada uno de los dispositivos de conmutación S1, S2, S3 y S4.
50

En la práctica, cada uno de los dispositivos de conmutación S51-S54, S61-S64, S71-S74 puede implementarse mediante un conmutador seleccionado del grupo que consiste en un IGBT, un IGCT, un MOSFET de potencia, un transistor de unión bipolar, etc., con un diodo antiparalelo conectado en paralelo y polarizado inversamente con respecto al conmutador. Además, cada una de la primera unidad de conmutación 222, la segunda unidad de conmutación 224 y la tercera unidad de conmutación 228 también pueden implementarse mediante uno o más módulos IGBT.
55

60 La operación del convertidor de tensión de múltiples niveles 200 es similar a la que se muestra en la figura 1 y, por tanto, las operaciones serían entendidas por personas con conocimientos normales en la técnica, por lo que no se describen con más detalle en este documento.

La figura 3 es un diagrama esquemático de un convertidor de tensión de múltiples niveles de acuerdo con una realización de la presente descripción. El convertidor de tensión de múltiples niveles 300 incluye una pluralidad de circuitos inversores en puente completo conectados en cascada (es decir, circuitos inversores en puente completo
65

3101, 3102..., 310n) y un circuito convertidor multipunto 320. El circuito convertidor multipunto 120 está configurado para convertir una tensión de CC (p. ej., la tensión $2U$) en la tensión intermedia de tres niveles VL (p. ej., la tensión VL con niveles de U , 0 y $-U$). Los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada 3101, 3102..., 310n están conectados eléctricamente en serie con el circuito convertidor multipunto 320 a una salida monofásica y configurados para recibir la tensión intermedia de tres niveles VL para generar una tensión de salida de $(2^{n+1}+1)$ niveles VP correspondiente a la salida monofásica, en donde n es una cantidad de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada.

Cada uno de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada puede incluir además un primer par de conmutación 312, un segundo par de conmutación 314 y un dispositivo de soporte de tensión 316. El primer par de conmutación 312 comprende dos unidades de conmutación S11 y S21 conectadas en serie en un nodo primario (por ejemplo, Q11). El segundo par de conmutación 314 incluye dos unidades de conmutación S31 y S41 conectadas en serie en un nodo secundario (por ejemplo, Q21), en el que el nodo secundario está conectado al nodo primario de un siguiente circuito inversor en puente completo (por ejemplo, el nodo secundario Q21 del circuito inversor en puente completo 3101 está conectado al nodo primario Q12 del circuito inversor en puente completo 3102). El dispositivo de soporte de tensión 316 está eléctricamente conectado paralelamente al primer par de conmutación 312 y el segundo par de conmutación 314.

En la presente realización, el nodo primario de un primero de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada (es decir, el nodo primario Q11 del circuito inversor en puente completo 3101) está configurado para recibir la tensión intermedia de tres niveles VL, y el nodo secundario de un último de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada (es decir, el nodo secundario Q2n del circuito inversor en puente completo 310n) está configurado para generar la tensión de salida de $(2^{n+1}+1)$ niveles. Es decir, la cantidad de circuitos inversores en puente completo se puede aumentar de acuerdo con las necesidades prácticas, de modo que aumente el número de niveles de tensión del convertidor de tensión de múltiples niveles 300, y la forma de onda de salida del convertidor de tensión de múltiples niveles 300 se aproxime a una onda sinusoidal pura, lo que da como resultado armónicos más bajos en cada tensión de fase de salida.

Además, cada una de las unidades de conmutación en el primer par de conmutación 312 y el segundo par de conmutación 314 en un circuito inversor en puente completo de orden i (es decir, el circuito inversor en puente completo 310i) de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada puede incluir además $2^{(n-i)}$ dispositivos de conmutación conectados en serie, donde $i = 1, 2, 3, \dots, n$. En concreto, para las unidades de conmutación S1i, S2i, S3i y S4i, cada una de ellas incluye en correspondencia $2^{(n-i)}$ dispositivos de conmutación conectados en serie al nodo primario o al nodo secundario, para que las unidades de conmutación S1n, S2n, S3n y S4n puedan bloquear la tensión más baja $U/2^n$ en el convertidor de tensión de múltiples niveles 300.

De manera similar, el circuito convertidor multipunto 320 puede incluir además una primera unidad de conmutación S5, una segunda unidad de conmutación S6, una unidad intermedia 326 y una tercera unidad de conmutación S7. La segunda unidad de conmutación S6 está conectada eléctricamente en serie con la primera unidad de conmutación S5 en el terminal de salida intermedio L y el terminal de salida intermedio L está conectado al nodo primario del primero de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada, es decir, al nodo primario Q11 del circuito inversor en puente completo 3101, y configurado para generar la tensión intermedia de tres niveles VL, en el que la primera unidad de conmutación S5 está conectada entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de CC positivo P, y la segunda unidad de conmutación S6 está conectada entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de CC negativo N. La unidad intermedia 326 incluye dos condensadores C1 y C2 conectados eléctricamente en serie en el terminal de punto neutro NP entre el terminal de CC positivo P y el terminal de CC negativo N y paralelamente a la conexión en serie de la primera unidad de conmutación S5 y la segunda unidad de conmutación S6. Además, la tercera unidad de conmutación S7 está conectada eléctricamente entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP.

En una realización, cada una de la primera unidad de conmutación S5 y la segunda unidad de conmutación S6 puede incluir un único dispositivo de conmutación conectado al terminal de salida intermedio L, similar lo mostrado en la realización ilustrada en la figura 1. Además, la tercera unidad de conmutación S7 puede incluir también dos dispositivos de conmutación conectados en antiserie entre el terminal de salida intermedio L y el terminal de punto neutro NP, también similar a lo mostrado en la realización ilustrada en la figura 1.

En otra realización, cada una de la primera unidad de conmutación S5 y la segunda unidad de conmutación S6 puede incluir además una pluralidad de dispositivos de conmutación conectados eléctricamente en serie al terminal de salida intermedio VL, similar a lo mostrado en la realización ilustrada en la figura 2.

Además, la tercera unidad de conmutación S7 puede incluir también dos grupos de dispositivos de conmutación, que están conectados en antiserie entre el terminal de salida intermedio VL y el terminal de punto neutro NP, en la que cada uno de los dos grupos incluye una pluralidad de dispositivos de conmutación eléctricamente conectados en serie, similar también a lo mostrado en la realización ilustrada en la figura 2.

En otra realización más, una cantidad de los dispositivos de conmutación conectados en serie en cada una de la

primera unidad de conmutación S5 y la segunda unidad de conmutación S6 es $2^{(n+1)}$, y una cantidad de los dispositivos de conmutación conectados en serie en cada uno de los dos grupos de dispositivos de conmutación en la tercera unidad de conmutación S7 es 2^n , para bloquear la tensión que es varias veces la tensión en cada uno de los dispositivos de conmutación S1n, S2n, S3n y S4n.

5 Por lo tanto, tal como se menciona anteriormente, cada una de las unidades de conmutación S1i, S2i, S3i, S4i, S5, S6 y S7 puede incluir un número correspondiente de dispositivos de conmutación según las necesidades prácticas. Por ejemplo, en la condición en la que haya dos circuitos inversores en puente completo conectados en cascada (es decir, $n = 2$) que estén conectados en serie con el circuito convertidor multipunto 320, cada una de las unidades de conmutación S12, S22, S32, S42 en el circuito inversor en puente completo 3102 puede incluir un solo dispositivo de conmutación, cada una de las unidades de conmutación S11, S21, S31, S41 en el circuito inversor en puente completo 3101 puede incluir dos dispositivos de conmutación conectados en serie, cada una de la primera unidad de conmutación S5 y la segunda la unidad de conmutación S6 en el circuito convertidor multipunto 320 puede incluir ocho dispositivos de conmutación conectados en serie y cada uno de los dos grupos que estén conectados en antiserie en la tercera unidad de conmutación S7 puede incluir cuatro dispositivos de conmutación.

En la práctica, cada uno de los dispositivos de conmutación mencionados anteriormente puede implementarse mediante un conmutador seleccionado del grupo que consiste en un IGBT, un IGCT, un MOSFET de potencia, un transistor de unión bipolar, etc., con un diodo antiparalelo conectado en paralelo y polarizado inversamente con respecto al conmutador, y cada una de las unidades de conmutación mencionadas anteriormente puede implementarse también mediante uno o más módulos IGBT.

La operación del convertidor de tensión de múltiples niveles 300 se puede deducir por analogía de lo que se muestra en la figura 1 y, por tanto, las operaciones serían entendidas por personas con conocimientos normales en la técnica, por lo que no se describen con más detalle en este documento.

Para las realizaciones mencionadas anteriormente, el convertidor de tensión de múltiples niveles de la presente descripción no solo se puede configurar fácilmente para que tenga un número de circuitos inversores en puente completo de manera que aumente el número de niveles de tensión del convertidor de tensión de múltiples niveles y la forma de onda de salida del convertidor de tensión de múltiples niveles se aproxime a una onda sinusoidal pura, dando como resultado armónicos más bajos en cada tensión de fase de salida, sino que también se puede configurar para que tenga múltiples trayectorias de conmutación empleando el circuito convertidor multipunto de manera que cada una de las trayectorias de conmutación sea corta y, por tanto, fácil de controlar, y los bucles de conmutación se simplifiquen.

Además, el circuito convertidor multipunto y los circuitos inversores en puente completo pueden tener configuraciones modulares, lo que proporciona flexibilidad para una fácil expansión del número de niveles sin introducir una complejidad excesiva en el circuito de potencia.

40 Como entiende un experto en la materia, las realizaciones anteriores de la presente descripción son ilustrativas de la presente descripción en vez de limitativas de la presente descripción. Su objetivo es incluir varias modificaciones y disposiciones similares incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, cuyo alcance debe estar en consonancia con la interpretación más amplia para abarcar todas esas modificaciones y estructuras similares.

REIVINDICACIONES

1. Convertidor de tensión de múltiples niveles (300), que comprende:

5 un circuito convertidor multipunto (120, 220, 320) configurado para convertir una tensión de CC en una tensión intermedia de tres niveles (VL); y
 una pluralidad de circuitos inversores en puente completo conectados en cascada (110, 3101-310n), conectados eléctricamente en serie con el circuito convertidor multipunto (120, 220, 320) y configurados para recibir la tensión intermedia de tres niveles (VL) para generar una tensión de salida de $(2^{n+1}+1)$ niveles (VP) correspondiente a una salida monofásica, en donde n es una cantidad de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada (110, 3101-310n);
 10 en el que cada uno de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada (110, 3101-310n) comprende, además:

15 un primer par de conmutación (112, 312) que comprende dos unidades de conmutación (S1, S2, S11-S1n, S21-S2n) conectadas en serie en un nodo primario (Q1, Q1i);
 un segundo par de conmutación (114, 314) que comprende dos unidades de conmutación (S3, S4, S31-S3n, S41-S4n) conectadas en serie en un nodo secundario (Q2, Q2i), en el que el nodo secundario (Q2) está conectado al nodo primario (Q1i+1) de un siguiente circuito inversor en puente completo (110, 3101-310n); y
 20 un dispositivo de soporte de tensión (116, 316) eléctricamente conectado paralelamente al primer par de conmutación (112, 312) y al segundo par de conmutación (114, 314);

caracterizado por que cada una de las unidades de conmutación (S1, S2, S11-S1n, S21-S2n) en el primer par de conmutación y el segundo par de conmutación (S3, S4, S31-S3n, S41-S4n) en un circuito inversor en puente completo de orden i (110, 3101-310n) de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada (110, 3101-310n) comprende además $2^{(n-i)}$ dispositivos de conmutación conectados en serie, en donde i = 1, 2, 3, ..., n.

2. Convertidor de tensión de múltiples niveles según la reivindicación 1, en el que el nodo primario (Q1, Q11) de un primero de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada (110, 3101-310n) está configurado para recibir la tensión intermedia de tres niveles (VL), y el nodo secundario (Q2, Q2n) de un último de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada (110, 3101-310n) está configurado para generar la tensión de salida de $(2^{n+1}+1)$ niveles (VP).

3. Convertidor de tensión de múltiples niveles según la reivindicación 1, en el que el circuito convertidor multipunto comprende, además:

una primera unidad de conmutación (122, 222, S5);
 una segunda unidad de conmutación (124, 224, S6) conectada eléctricamente en serie con la primera unidad de conmutación (122, 222, S5) en un terminal de salida intermedio (L) conectado al nodo primario (Q1, Q11) de un primero de los circuitos inversores en puente completo conectados en cascada (110, 3101-310n), estando el terminal de salida intermedio (L) configurado para generar la tensión intermedia de tres niveles (VL);
 una unidad intermedia (126, 326) que comprende dos condensadores (C1, C2) conectados eléctricamente en serie en un terminal de punto neutro (NP) y paralelamente a la conexión en serie de la primera unidad de conmutación (122, 222, S5) y la segunda unidad de conmutación (124, 224, S6); y
 una tercera unidad de conmutación (128, 228, S7) conectada eléctricamente entre el terminal de salida intermedio (L) y el terminal de punto neutro (NP).

4. Convertidor de tensión de múltiples niveles según la reivindicación 3, en el que cada una de la primera unidad de conmutación (122, 222) y la segunda unidad de conmutación (124, 224) comprende además un dispositivo de conmutación (S5, S6) conectado al terminal de salida intermedio (L).

5. Convertidor de tensión de múltiples niveles según la reivindicación 4, en el que la tercera unidad de conmutación (128, 228) comprende además dos dispositivos de conmutación (S71, S72) conectados en antiserie entre el terminal de salida intermedio (L) y el terminal de punto neutro (NP).

6. Convertidor de tensión de múltiples niveles según la reivindicación 3, en el que cada una de la primera unidad de conmutación (122, 222) y la segunda unidad de conmutación (124, 224) comprende además una pluralidad de dispositivos de conmutación conectados eléctricamente en serie al terminal de salida intermedio (L).

7. Convertidor de tensión de múltiples niveles según la reivindicación 6, en el que la tercera unidad de conmutación (128, 228) comprende además dos grupos de dispositivos de conmutación, que están conectados en antiserie entre el terminal de salida intermedio (L) y terminal de punto neutro (NP), en el que cada uno de los dos grupos comprende una pluralidad de dispositivos de conmutación conectados eléctricamente en serie.

8. Convertidor de tensión de múltiples niveles según la reivindicación 7, en el que una cantidad de dispositivos de

ES 2 762 218 T3

conmutación conectados en serie en cada una de la primera unidad de conmutación (112, 222) y la segunda unidad de conmutación (124, 224) es $2^{(n+1)}$, y una cantidad de dispositivos de conmutación conectados en serie en cada uno de los dos grupos de dispositivos de conmutación es 2^n .

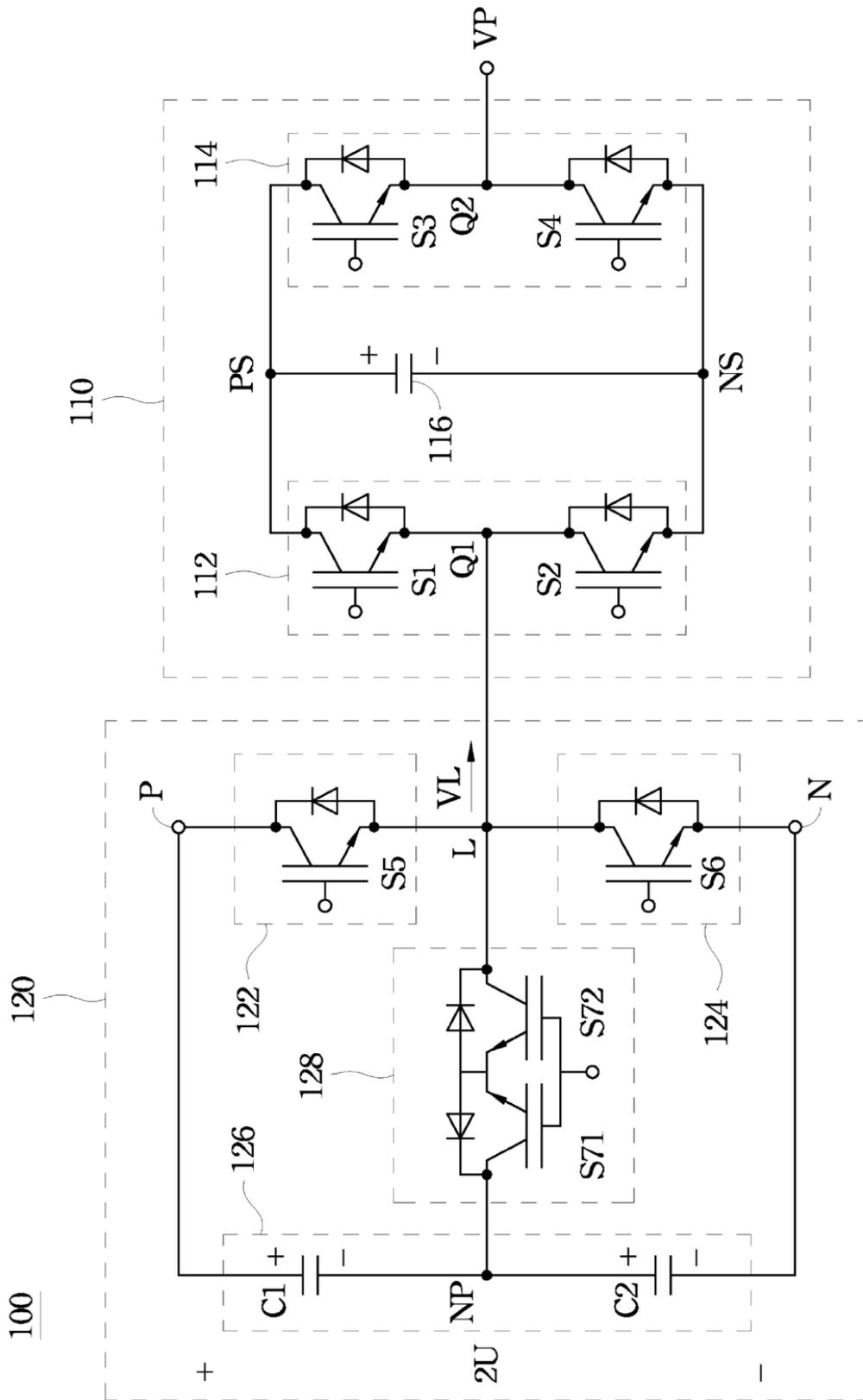


Fig. 1

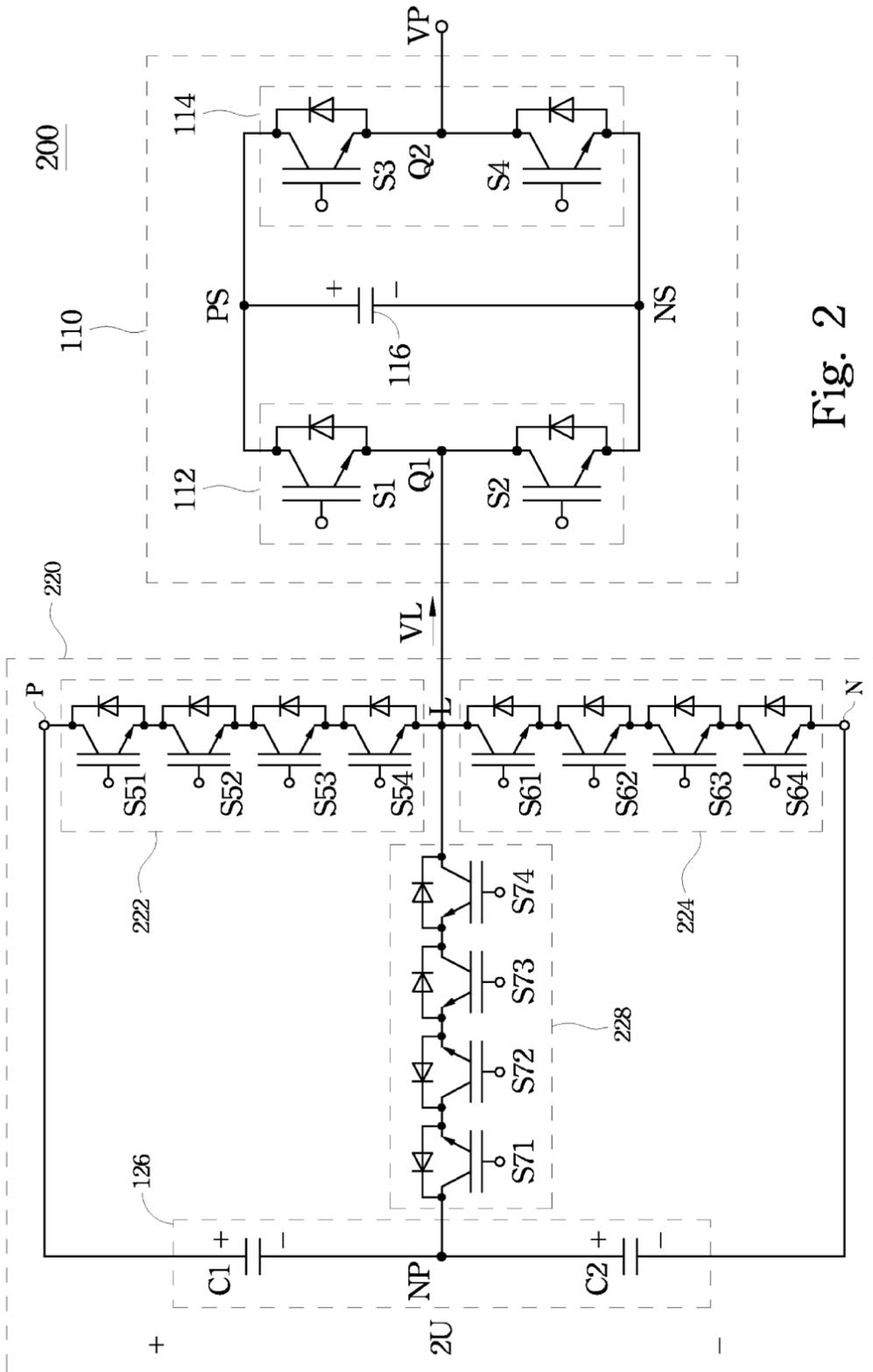


Fig. 2

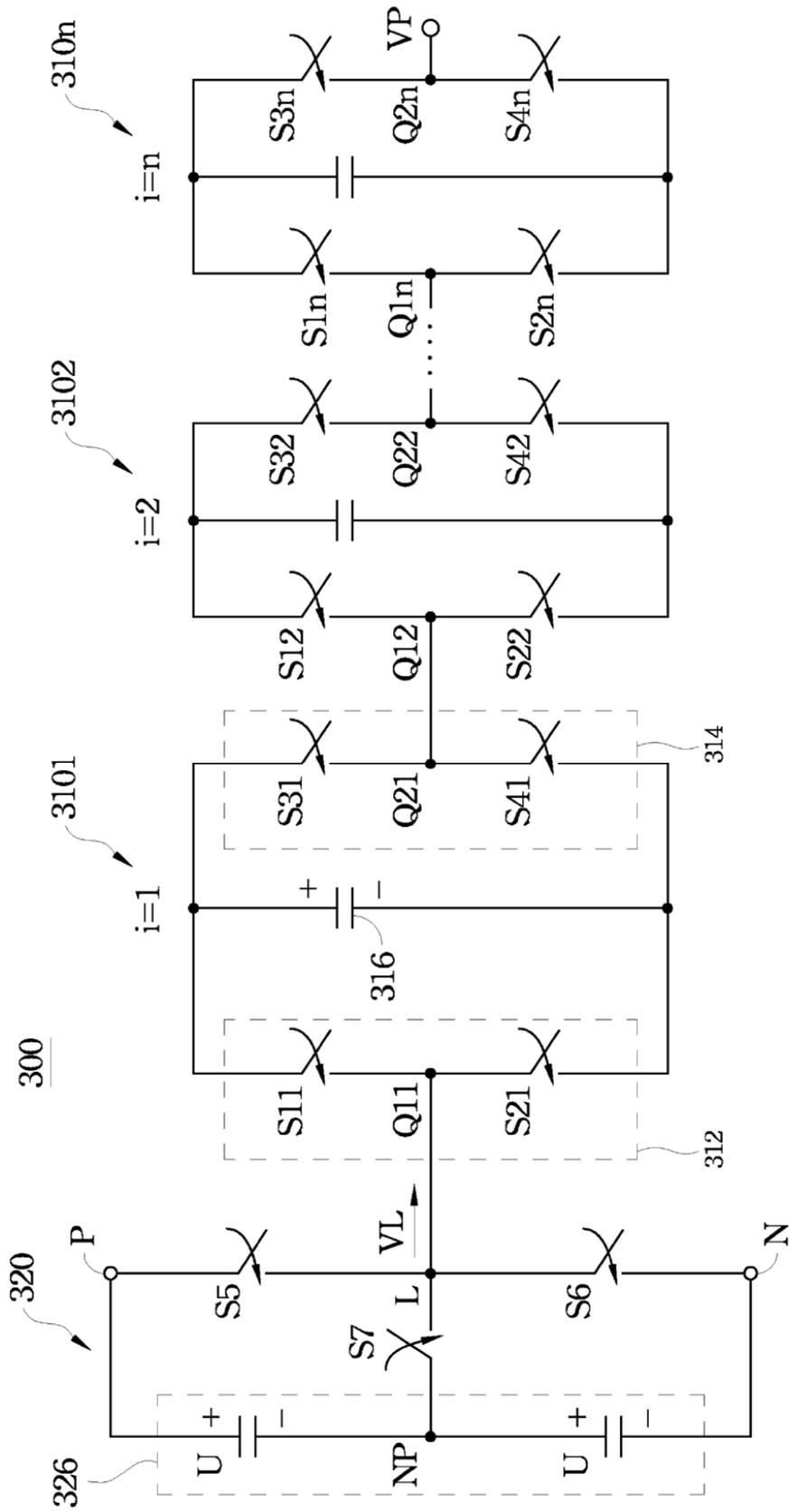


Fig. 3