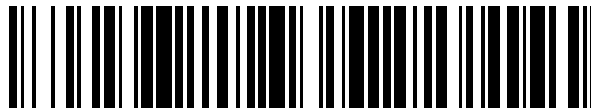


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 675**

51 Int. Cl.:

H02M 7/483 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2010** **E 10189482 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2018** **EP 2323248**

54 Título: **Operación de un convertidor de tres niveles**

30 Prioridad:

10.11.2009 US 615566

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

21.11.2018

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**EL-BARBARI, SAID FAROUK SAID;
ROESNER, ROBERT y
SHEN, JIE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 690 675 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

Operación de un convertidor de tres niveles

La presente invención se refiere, en general, a la conversión de energía eléctrica, y, más específicamente, a la conexión eficiente de un módulo fotovoltaico a una red eléctrica o a una carga.

5 Con el aumento del coste y la escasez de las fuentes de energía convencionales y las preocupaciones acerca del medio ambiente, existe un interés significativo en las fuentes de energía alternativas tales como la energía solar y la energía eólica. La generación de energía solar usa módulos fotovoltaicos (PV) para generar electricidad a partir del sol. Múltiples células de PV están conectadas eléctricamente entre sí en tales sistemas. La electricidad generada por los módulos de PV se transmite a la red eléctrica a través de uno o diversos convertidores electrónicos de potencia, 10 tales como los convertidores con enclavamiento por diodos. Dichos convertidores con enclavamiento por diodos se describen, por ejemplo, en el documento "Neutral-point balancing of neutral point clamped three level inverter with a front end switched rectifier DC source for the full modulation range" (IETDL Journal 2009 Vol.2).

En general, la eficiencia de los convertidores electrónicos de potencia usados en los sistemas fotovoltaicos es pobre con carga parcial y alta de media a plena carga. Ya que los convertidores operan a carga parcial la mayor parte del tiempo, la eficiencia general de los sistemas de PV es menor que óptima. Por lo tanto, las pérdidas de potencia de los convertidores multinivel con enclavamiento por diodos son un problema importante en los sistemas fotovoltaicos de dimensionamiento de unidades debido a la influencia de tales pérdidas en la energía total entregada a la carga. Las pérdidas de potencia se producen en los convertidores con enclavamiento por diodos principalmente debido a las pérdidas en los dispositivos de conmutación tales como los transistores bipolares de puerta aislada (IGBT), los 15 tiristores de apagado por puerta (GTO), los tiristores conmutados de puerta integrada (IGCT) y los diodos que se utilizan en general en los convertidores o los componentes pasivos tales como los inductores de filtro. Los dispositivos de conmutación tienen en general tres tipos principales de pérdidas: pérdidas de conducción, pérdidas de conmutación y pérdidas de accionamiento de puerta. Las pérdidas de accionamiento de puerta no están presentes en los diodos. Sin embargo, las pérdidas de conducción y las pérdidas de conmutación son en gran medida parte de las pérdidas del diodo. Las pérdidas en los diodos de conmutación rápida son normalmente más altas que en los diodos de conmutación lenta. Las pérdidas de conmutación corresponden a las pérdidas que se producen durante los cambios de estado del dispositivo de conmutación (durante el encendido y el apagado). Las pérdidas de conducción corresponden a pérdidas que se producen en el dispositivo de conmutación durante su 20 conducción (cuando el dispositivo transporta una corriente). Las pérdidas de accionamiento de puerta se refieren a la energía necesaria para cargar y descargar la puerta-fuente y las capacidades de puerta-drenaje de los dispositivos de conmutación y se ven afectadas por la frecuencia de conmutación, la capacitancia de drenaje-fuente y la tensión atravesada. Las pérdidas de inductor de filtro consisten normalmente en pérdidas de cobre y hierro. Las pérdidas de cobre en los convertidores de potencia suelen aumentar por la piel y los efectos de proximidad. Por lo tanto, es deseable determinar un procedimiento y un sistema que aborden los problemas anteriores.

De acuerdo con una realización de la presente invención, se proporciona un procedimiento de operación de un convertidor de tres niveles. El procedimiento incluye controlar la tensión de salida del convertidor cuando una tensión de enlace de CC del convertidor de tres niveles es menor que la mitad de una tensión de enlace de CC nominal del convertidor, para cada pata del convertidor, conectando alternativamente un terminal de salida de la pata al terminal positivo o al terminal negativo del enlace de CC. Cuando la tensión de enlace de CC es al menos la mitad de la 25 tensión de enlace de CC nominal, el procedimiento incluye controlar la tensión de salida del convertidor, para cada pata, conectando selectivamente el terminal de salida del convertidor al terminal positivo, al terminal negativo, o a un punto medio del enlace de CC.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, se proporciona un procedimiento para suministrar energía solar a partir de un sistema de generación de potencia que comprende un módulo fotovoltaico (PV). El procedimiento incluye proporcionar una alimentación de CC desde el módulo de PV a un convertidor de tres niveles. Cuando una tensión de enlace de CC de un convertidor de tres niveles es menor que la mitad de una tensión de enlace de CC nominal del convertidor, el procedimiento incluye controlar la tensión de salida del convertidor, para cada pata del convertidor, conectando alternativamente un terminal de salida de la pata al terminal positivo o al terminal negativo del enlace de CC. El procedimiento incluye además controlar la tensión de salida del convertidor cuando la tensión de enlace de CC es al menos la mitad de la tensión de enlace de CC nominal, para cada pata, conectando selectivamente el terminal de salida del convertidor al terminal positivo, al terminal negativo, o a un punto medio del 30 enlace de CC.

De acuerdo con una realización de la presente invención, se proporciona un procedimiento de operación de un convertidor con enclavamiento al punto neutro (NPC) de tres niveles. El convertidor de NPC incluye unos dispositivos de conmutación externos primero y segundo con unos conmutadores mecánicos primero y segundo conectados a través de los mismos, unos dispositivos de conmutación internos primero y segundo, unos diodos primero y segundo y un enlace de CC dividido que tiene un primer punto medio conectado a través de los dos dispositivos de conmutación externos. Los primeros dispositivos de conmutación interno y externo están conectados en serie en un segundo punto medio, los dispositivos de conmutación internos primero y segundo están conectados en serie en un tercer punto medio y los segundos dispositivos de conmutación externos interno y externo están 35

conectados en serie en un cuarto punto medio. El primer diodo está conectado entre el primer punto medio y el segundo punto medio, y el segundo diodo está conectado entre el primer punto medio y el cuarto punto medio. El procedimiento incluye mantener los dispositivos de conmutación externos y los conmutadores mecánicos en el estado ENCENDIDO mientras conmutan alternadamente los dispositivos de conmutación internos a los estados ENCENDIDO y APAGADO cuando una tensión de enlace de CC de una pata del convertidor de NPC es menor que la mitad de la tensión de enlace de CC nominal del convertidor de NPC. El procedimiento también incluye generar una tensión de salida positiva cuando una tensión de enlace de CC de una pata del convertidor de NPC es al menos la mitad de la tensión de enlace de CC nominal del convertidor de NPC manteniendo los conmutadores mecánicos en un estado APAGADO y conmutando alternativamente el primer dispositivo de conmutación externo y el segundo dispositivo de conmutación interno a los estados de ENCENDIDO y APAGADO mientras que el primer dispositivo de conmutación interno y el segundo dispositivo de conmutación externo están en el estado ENCENDIDO y en el estado APAGADO respectivamente. El procedimiento incluye además generar una tensión de salida negativa cuando una tensión de enlace de CC de una pata del convertidor de NPC es al menos la mitad de la tensión de enlace de CC nominal del convertidor de NPC manteniendo los conmutadores mecánicos en el estado APAGADO y conmutando alternativamente el primer dispositivo de conmutación interno y el segundo dispositivo de conmutación externo a los estados de ENCENDIDO y APAGADO mientras que el primer dispositivo de conmutación externo y el segundo dispositivo de conmutación interno están en el estado APAGADO y en el estado ENCENDIDO respectivamente para generar la tensión de salida negativa.

De acuerdo con otra realización más de la presente invención, se proporciona un convertidor con enclavamiento al punto neutro (NPC) de tres niveles que comprende unos dispositivos de conmutación externos primero y segundo con unos conmutadores mecánicos primero y segundo conectados a través de los mismos y unos dispositivos de conmutación interiores primero y segundo. Los dispositivos de conmutación internos primero y segundo están conectados en serie en un primer punto medio; los segundos dispositivos de conmutación interno y externo están conectados en serie en un segundo punto medio y los primeros dispositivos de conmutación externo e interno están conectados en serie en un tercer punto medio. El convertidor de NPC también incluye los diodos primero y segundo y un enlace de CC dividido que tiene un cuarto punto medio conectado a través de los dispositivos de conmutación externos primero y segundo en el que el primer diodo está conectado entre el cuarto punto medio y el tercer punto medio, y el segundo diodo está conectado entre el cuarto punto medio y el segundo punto medio. El convertidor de NPC incluye además un controlador configurado para proporcionar señales de control para mantener los dispositivos de conmutación externos y los conmutadores mecánicos en un estado ENCENDIDO mientras conmutan alternativamente los dispositivos de conmutación internos a los estados ENCENDIDO y APAGADO cuando una tensión de enlace de CC de una pata del convertidor de NPC es menor que la mitad de una tensión de enlace de CC nominal del convertidor de NPC. El controlador está configurado además para proporcionar señales de control cuando una tensión de enlace de CC de una pata del convertidor de NPC es al menos la mitad de la tensión de enlace de CC nominal del convertidor de NPC para mantener los conmutadores mecánicos en el estado APAGADO y para conmutar alternativamente el primer dispositivo de conmutación externo y segundo dispositivo de conmutación interno a los estados ENCENDIDO mientras que el primer dispositivo de conmutación interno y el segundo dispositivo de conmutación externo están en el estado ENCENDIDO y en el estado APAGADO respectivamente para generar una tensión de salida positiva.

Diversas características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor cuando la siguiente descripción detallada se lea haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que caracteres similares representan partes similares en todos los dibujos, en los que:

la figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de generación de energía solar convencional;

la figura 2 es un diagrama de circuito de una pata de un convertidor de tres niveles con enclavamiento al punto neutro y su forma de onda de salida de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 3 es un diagrama que representa un modo de operación para un convertidor de tres niveles con enclavamiento al punto neutro de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 4 es un diagrama que representa la operación del convertidor de tres niveles de NPC cuando la tensión de enlace de CC es igual o mayor que la mitad de la tensión de enlace de CC nominal;

la figura 5 es un diagrama que representa otro modo de operación para un convertidor de tres niveles con enclavamiento al punto neutro que utiliza unos conmutadores mecánicos de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 6 es una representación diagramática de las formas de onda de tensión de salida del convertidor de tres niveles de NPC que utiliza el modo operativo de la figura 3 de acuerdo con una realización de la presente invención; y

la figura 7 es un diagrama de flujo para un procedimiento de operación del convertidor de tres niveles de acuerdo con una realización de la presente invención.

Como se trata en detalle a continuación, diversas realizaciones de la presente invención funcionan para proporcionar

un sistema y un procedimiento para la transferencia eficiente de energía a partir de un sistema de generación de energía solar para una carga o para una red de eléctrica.

La figura 1 ilustra un sistema 10 de generación de energía solar. El sistema de generación de potencia incluye un módulo 12 de PV. El módulo de PV está conectado a una red 14 eléctrica a través de un convertidor 16 de CC/CC, un enlace 18 de CC y un convertidor 20 de CC/CA de tres niveles trifásico del lado de la red. El convertidor 20 de CC/CA mantiene una tensión de CC constante en el enlace 18 de CC, y de este modo gestionar el flujo de energía desde el enlace 18 de CC a la red 14 eléctrica. El convertidor 16 de CC/CC se controla mediante un controlador CC/CC 22, y el convertidor 20 del lado de la red se controla mediante un controlador 24 del lado de la red. Un controlador 26 de sistema genera un orden de tensión de CC de referencia para el convertidor 22 de CC/CC y una orden de magnitud de tensión de salida de referencia y una orden de frecuencia de referencia para el convertidor 24 del lado de la red. En una realización, el módulo 12 de PV puede conectarse directamente al enlace 18 de CC sin usar ningún convertidor de CC/CC en el medio. En otra realización, el convertidor trifásico del lado de la red puede reemplazarse por múltiples convertidores monofásicos y/o puede usarse un único controlador para las múltiples funciones de control mostradas en la figura 1.

La figura 2 ilustra un esquema 110 de una pata 112 o una fase de un convertidor de tres niveles con enclavamiento al punto neutro (NPC) usado en un sistema de generación de energía solar y su forma 130 de onda de tensión de salida de acuerdo con una realización de la presente invención. En esta realización, la una pata 112 del convertidor de tres niveles de NPC incluye cuatro dispositivos 114, 116, 118 y 120 de conmutación y dos diodos 122 y 124. Las tensiones V_1 y V_2 de entrada están controladas para mantenerse en $V_{cc}/2$ donde V_{cc} es la tensión de enlace de CC total. La tensión V_3 es la tensión de salida de fase A medida con respecto a un punto 126 central de un enlace 46 de CC. Además, el dispositivo 114 es complementario del dispositivo 118, es decir, cuando el dispositivo 114 está conduciendo, el dispositivo 118 no conduce y viceversa. De manera similar, los dispositivos 116 y 120 son complementarios entre sí.

En operación, la una pata del convertidor de tres niveles de NPC tiene tres etapas de conmutación. En la primera etapa de conmutación, los dispositivos 114 y 116 se encienden y los dispositivos 118 y 120 se apagan. Suponiendo una operación estable, $V_1 = V_2 = V_{cc}/2$, V_3 se convierte en $V_{cc}/2$. En la segunda etapa de conmutación, los dispositivos 116 y 118 se encienden mientras que los dispositivos 114 y 120 se apagan. En esta etapa, V_3 es igual a cero. En esta etapa, la tensión V_3 de salida es igual a una tensión en la toma central o punto 126 central del convertidor de tres niveles de NPC. El punto 126 central se refiere a un punto de conexión entre dos condensadores de enlace de CC. En una realización, cuando hay más de dos condensadores de enlace de CC, puede haber más de un punto de conexión en función del número de condensadores de enlace de CC utilizados. En operación, en función de una corriente de carga suministrada por el convertidor de tres niveles de NPC a la red eléctrica, la tensión de punto central puede no permanecer estable y, por lo tanto, las tensiones V_1 y V_2 pueden fluctuar a partir del valor $V_{cc}/2$. En una realización, cuando una tensión de salida del módulo de PV es menor que una tensión umbral, la estabilidad del punto central se controla mediante el convertidor de CC a CC; y cuando la tensión de salida del módulo de PV es más alta que la tensión umbral, la estabilidad del punto central se controla mediante el convertidor multinivel.

En la tercera etapa de conmutación, los dispositivos 114 y 116 están apagados mientras que los dispositivos 118 y 120 están encendidos. Esto hace que V_3 se convierta en $-V_{cc}/2$ como se muestra en una forma 130 de onda. Por lo tanto, puede verse que la tensión V_3 de fase tiene tres niveles $V_{cc}/2$, 0 y $-V_{cc}/2$. En una realización, se combinan tres de tales patas para un convertidor trifásico de NPC y las tensiones de línea resultantes (con cinco niveles: V_{cc} , $V_{cc}/2$, 0, $-V_{cc}/2$ y $-V_{cc}$) se alimentan a la red eléctrica como se muestra en figura 1. Los expertos en la materia apreciarán que el convertidor 112 de tres niveles de la figura 2 puede aumentarse a cualquier nivel en función de la topología del circuito y, por lo tanto, en función de la cantidad de dispositivos y diodos en el circuito. A medida que aumenta el número de niveles en el convertidor, la forma de onda de salida del convertidor se aproxima a una onda sinusoidal pura, lo que da como resultado unos armónicos más bajos en la tensión de salida.

Debería observarse que los impulsos de conmutación para los dispositivos de conmutación pueden generarse mediante una técnica de modulación de ancho de pulso (PWM). En una realización, la técnica de PWM puede incluir una técnica de PWM triangular sinusoidal o una técnica de PWM de vector espacial. En otra realización, el circuito también puede usarse para un circuito monofásico. Además, los dispositivos de conmutación pueden incluir transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) o tiristores conmutados de puerta integrada (IGCT) o transistores de efecto de campo de óxido metálico (MOSFET) o dispositivos de carburo de silicio o combinaciones de los mismos.

La figura 3 ilustra un modo de operación 140 para un convertidor de tres niveles con enclavamiento al punto neutro de acuerdo con una realización de la presente invención. En una operación convencional, como se ha explicado anteriormente, para sintetizar una tensión positiva en los terminales de salida de un convertidor de tres niveles de NPC, el dispositivo 116 de conmutación inferior del lado positivo se enciende de manera continua y el dispositivo 120 de conmutación inferior en el lado negativo se mantiene apagado, mientras que el dispositivo 114 de conmutación superior del lado positivo y el dispositivo 118 de conmutación superior del lado negativo se encienden alternativamente. Por lo tanto, cuando el dispositivo 114 de conmutación se enciende, la tensión de salida V_3 será $V_{cc}/2$, y cuando el dispositivo 118 de conmutación se enciende, la tensión de salida V_3 será cero. De manera similar, para sintetizar la tensión negativa, el dispositivo 114 de conmutación superior del lado positivo se apaga de

manera continua y el dispositivo 118 de conmutación superior en el lado negativo se mantiene encendido mientras que el dispositivo 116 de conmutación inferior del lado positivo y el dispositivo 120 de conmutación inferior del lado negativo se encienden alternativamente.

5 En una realización desvelada en el presente documento, cuando la tensión V_{cc} de enlace de CC es mayor que la mitad de una tensión de enlace de CC nominal, los dispositivos de conmutación se encienden de la misma manera que en el procedimiento convencional. Sin embargo, cuando la tensión V_{cc} de enlace de CC es menor que la mitad de la tensión de enlace de CC nominal, entonces los dispositivos 114 y 120 de conmutación externos se mantienen encendidos de manera continua (lo que en la figura 3 está representado por dos cortocircuitos 142 y 144), mientras que los dispositivos 116 y 118 de conmutación internos se conectan alternativamente. En una realización, este modo de operación se denomina operación de dos niveles del convertidor de tres niveles. Una vez que la tensión de enlace de CC supera la mitad de la tensión nominal, el procedimiento de conmutación vuelve a un procedimiento de conmutación normal del convertidor de NPC de tres niveles.

15 La figura 4 muestra la operación del convertidor de tres niveles de NPC cuando la tensión de enlace de CC es igual o mayor que la mitad de la tensión de enlace de CC nominal. La operación se muestra con respecto a dos realizaciones 160, 162 y sus representaciones 164 y 166 gráficas de tensión de salida, respectivamente. Cuando la tensión de fase de salida necesaria del convertidor es positiva, el primer dispositivo 116 de conmutación interno se mantiene ENCENDIDO y el segundo dispositivo 120 de conmutación externo se mantiene APAGADO mientras que el primer dispositivo 114 de conmutación externo y el segundo dispositivo 118 de conmutación interno se ENCIENDEN y se APAGAN alternativamente como se muestra en el circuito 160. Esto da como resultado una tensión de salida positiva del convertidor como se muestra en la representación 164 gráfica. De manera similar, cuando la tensión de fase de salida necesaria del convertidor es negativa, el primer dispositivo 114 de conmutación externo se mantiene APAGADO y el segundo dispositivo 118 de conmutación interno se mantiene APAGADO mientras que el primer dispositivo 116 de conmutación interno y el segundo dispositivo 120 de conmutación externo se ENCIENDEN y se APAGAN alternativamente como se muestra en el circuito 162 y la tensión de salida negativa es como se muestra en la representación 166 gráfica.

20 La figura 5 ilustra otro modo de operación 170 para un convertidor de tres niveles con enclavamiento al punto neutro que usa unos conmutadores mecánicos de acuerdo con una realización de la presente invención. En esta realización, dos conmutadores 172 y 174 mecánicos están conectados a través de unos dispositivos 142 y 144 de conmutación externos, respectivamente. Cuando la tensión V_{cc} de enlace de CC es mayor que la mitad de la tensión de enlace de CC nominal, los conmutadores 172 y 174 mecánicos se APAGAN de manera continua, mientras que cuando la tensión V_{cc} de enlace de CC es menor que la mitad de la tensión de enlace de CC nominal, los conmutadores mecánicos se ENCIENDEN de manera continua junto con los dispositivos 142 y 144 de conmutación. Esto da como resultado un aumento de la eficacia del convertidor reduciendo las pérdidas de conducción de los dispositivos 142 y 144 de conmutación.

30 La figura 6 muestra las formas de onda de tensión de salida del convertidor de tres niveles de NPC usando un procedimiento de acuerdo con una realización de la presente invención. La forma 182 de onda muestra la tensión de salida del convertidor de tres niveles cuando la tensión de enlace de CC es mayor que la mitad de la tensión de enlace de CC nominal. En esta realización, la tensión de enlace de CC nominal es de 600 voltios. Por lo tanto, cuando la tensión de enlace de CC es mayor que la mitad de la tensión de enlace de CC nominal, la tensión de salida tiene tres niveles $V_{cc} = 600$, cero y $-V_{cc} = -600$. Además, la forma 184 de onda muestra la tensión de salida del convertidor de tres niveles cuando la tensión de enlace de CC es menor que la mitad de la tensión de enlace de CC nominal, es decir, 300 voltios en este caso. Puede verse que la tensión de salida en este caso tiene solo dos niveles $V_{cc} = 280$ y $V_{cc} = -280$. También debería observarse que el nivel cero no está presente en este caso.

45 La figura 7 muestra un procedimiento 190 de operación del convertidor de tres niveles de NPC de acuerdo con una realización de la presente invención. El procedimiento incluye medir la tensión V_{cc} de enlace de CC en la etapa 192. La tensión V_{cc} de enlace de CC medida se compara a continuación en la etapa 194 con la mitad de la tensión de enlace de CC nominal. Si la tensión de enlace de CC medida es mayor que la mitad de la tensión de enlace de CC nominal, entonces se aplica una modulación de ancho de pulso (PWM) convencional de tres niveles a los dispositivos de conmutación del convertidor de tres niveles en la etapa 196. La PWM de tres niveles se refiere al control de la tensión de salida del convertidor, para cada pata, conectando selectivamente el terminal de salida del convertidor al terminal positivo, al terminal negativo, o a un punto medio del enlace de CC. Sin embargo, si la tensión de enlace de CC es menor que la mitad de la tensión de enlace de CC nominal, entonces se aplica una PWM de dos niveles a los dispositivos de conmutación del convertidor de tres niveles en la etapa 198. Como se ha explicado anteriormente, la PWM de dos niveles se refiere a la operación del convertidor de tres niveles donde solo dos dispositivos se encienden alternativamente y otros dos dispositivos de conmutación se mantienen en estado encendido y en estado apagado respectivamente. En otras palabras, controlar la tensión de salida del convertidor, para cada pata del convertidor, conectando alternativamente un terminal de salida de la pata al terminal positivo o al terminal negativo del enlace de CC. Debería observarse que las formas de onda de PWM pueden generarse por una técnica de PWM triangular sinodal o una técnica de PWM de vector espacial o por otras técnicas de PWM similares.

60 Una ventaja del procedimiento propuesto de operar un convertidor de tres niveles de NPC es que proporciona una mayor eficiencia del convertidor de tres niveles. Además, cuando el procedimiento de PWM propuesto se usa en un

sistema fotovoltaico, los convertidores fotovoltaicos tienen una mayor eficiencia de carga parcial. Esto permite una mayor producción de energía anualizada (AEP) para el sistema fotovoltaico. El procedimiento propuesto para operar un convertidor de tres niveles de NPC también puede usarse en otros sistemas de generación de potencia, tales como los sistemas de generación de potencia de almacenamiento de energía de batería o células de combustible.

- 5 Aunque solo se han ilustrado y descrito ciertas características de la invención en el presente documento, muchas modificaciones y cambios se les ocurrirán a los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Un convertidor (110) con enclavamiento en el punto neutro (NPC) de tres niveles que comprende unos dispositivos (114, 120) de conmutación externos primero y segundo con unos conmutadores (172, 174) mecánicos primero y segundo conectados a través de los mismos, y unos dispositivos (116, 118) de conmutación internos primero y segundo, en el que el primer dispositivo (116) de conmutación interno y el segundo dispositivo (118) de conmutación interno están conectados en serie en un primer punto medio; el segundo dispositivo (118) de conmutación interno y el segundo dispositivo (120) de conmutación externo están conectados en serie en un segundo punto medio y los primeros dispositivos (114, 116) de conmutación externo e interno están conectados en serie en un tercer punto medio;
- unos diodos (122, 124) primero y segundo y un enlace (46) de CC dividido que tiene un cuarto punto medio (126) conectado a través de unos dispositivos (114, 120) de conmutación externos primero y segundo en los que el primer diodo (122) está conectado entre el cuarto punto medio y el tercer punto medio, y el segundo diodo (124) está conectado entre el cuarto punto medio y el segundo punto medio;
- un controlador configurado para proporcionar señales de control para mantener los dispositivos (114, 120) de conmutación externos y los conmutadores (172, 174) mecánicos en un estado ENCENDIDO mientras se conmutan alternativamente los dispositivos (116, 118) de conmutación internos a los estados ENCENDIDO y APAGADO cuando la tensión de enlace de CC de una pata del convertidor de NPC es menor que la mitad de una tensión de enlace de CC nominal del convertidor de NPC;
- en el que el controlador está configurado además para proporcionar señales de control cuando una tensión de enlace de CC de una pata del convertidor de NPC es al menos la mitad de la tensión de enlace de CC nominal del convertidor de NPC para mantener los conmutadores (172, 174) mecánicos en un estado APAGADO y conmutar alternativamente el primer dispositivo (114) de conmutación externo y el segundo dispositivo (128) de conmutación interno a los estados ENCENDIDOS mientras que el primer dispositivo (116) de conmutación interno y el segundo dispositivo (120) de conmutación externo están en el estado ENCENDIDO y en el estado APAGADO respectivamente para generar una tensión de salida positiva, en el que el controlador está configurado adicionalmente para proporcionar señales de control cuando una tensión de enlace de CC de una pata del convertidor de NPC es al menos la mitad de la tensión de enlace de CC nominal del convertidor de NPC para mantener los conmutadores mecánicos en el estado APAGADO y conmutar alternativamente el primer dispositivo de conmutación interno y el segundo dispositivo de conmutación externo a los estados ENCENDIDO y APAGADO mientras que el primer dispositivo (114) de conmutación externo y el segundo dispositivo (118) de conmutación interno están en el estado APAGADO y en el estado ENCENDIDO respectivamente para generar una tensión de salida negativa.
2. Un procedimiento de operación de un convertidor (110) con enclavamiento en el punto neutro (NPC) de tres niveles que comprende unos dispositivos (114, 120) de conmutación externos primero y segundo con unos conmutadores (172, 174) mecánicos primero y segundo conectados a través de los mismos, unos dispositivos (116, 118) de conmutación internos primero y segundo, unos diodos (122, 124) primero y segundo y un enlace (46) de CC dividido que tiene un primer punto (126) medio conectado a través de los dos dispositivos (114, 120) de conmutación externos en el que los dispositivos (114, 120) de conmutación externos primero y segundo están conectados en serie en un segundo punto medio, los dispositivos (116, 118) de conmutación internos primero y segundo están conectados en serie en un tercer punto medio; los segundos dispositivos (118, 120) de conmutación interno y externo están conectados en serie en un cuarto punto medio, el primer diodo (122) está conectado entre el primer punto medio y el segundo punto medio, y el segundo diodo (124) está conectado entre el primer punto medio y el cuarto punto medio, comprendiendo el procedimiento:
- mantener los dispositivos (114, 120) de conmutación externos y los conmutadores (172, 174) mecánicos en un estado ENCENDIDO mientras se conmutan alternativamente los dispositivos (116, 118) de conmutación internos a los estados de ENCENDIDO y APAGADO cuando una tensión de enlace de CC de una pata del convertidor de NPC es menor que la mitad de una tensión de enlace de CC nominal del convertidor de NPC;
- generar una tensión de salida positiva cuando una tensión de enlace de CC de una pata del convertidor de NPC es al menos la mitad de la tensión de enlace de CC nominal del convertidor de NPC manteniendo los conmutadores (172, 174) mecánicos en el estado APAGADO y conmutando alternativamente el primer dispositivo (114) de conmutación externo y el segundo dispositivo (118) de conmutación interno a los estados de ENCENDIDO y APAGADO mientras que el primer (116) dispositivo de conmutación interno y el segundo dispositivo (120) de conmutación externo están en el estado ENCENDIDO y en el estado APAGADO respectivamente; y
- generar una tensión de salida negativa cuando una tensión de enlace de CC de una pata del convertidor de NPC es al menos la mitad de la tensión de enlace de CC nominal del convertidor de NPC manteniendo los conmutadores (172, 174) mecánicos en el estado APAGADO y conmutando alternativamente el primer dispositivo (116) de conmutación interno y el segundo dispositivo (120) de conmutación externo a los estados de ENCENDIDO y APAGADO mientras que el primer dispositivo (114) de conmutación externo y el segundo dispositivo (118) de conmutación interno están en el estado APAGADO y en el estado ENCENDIDO respectivamente.

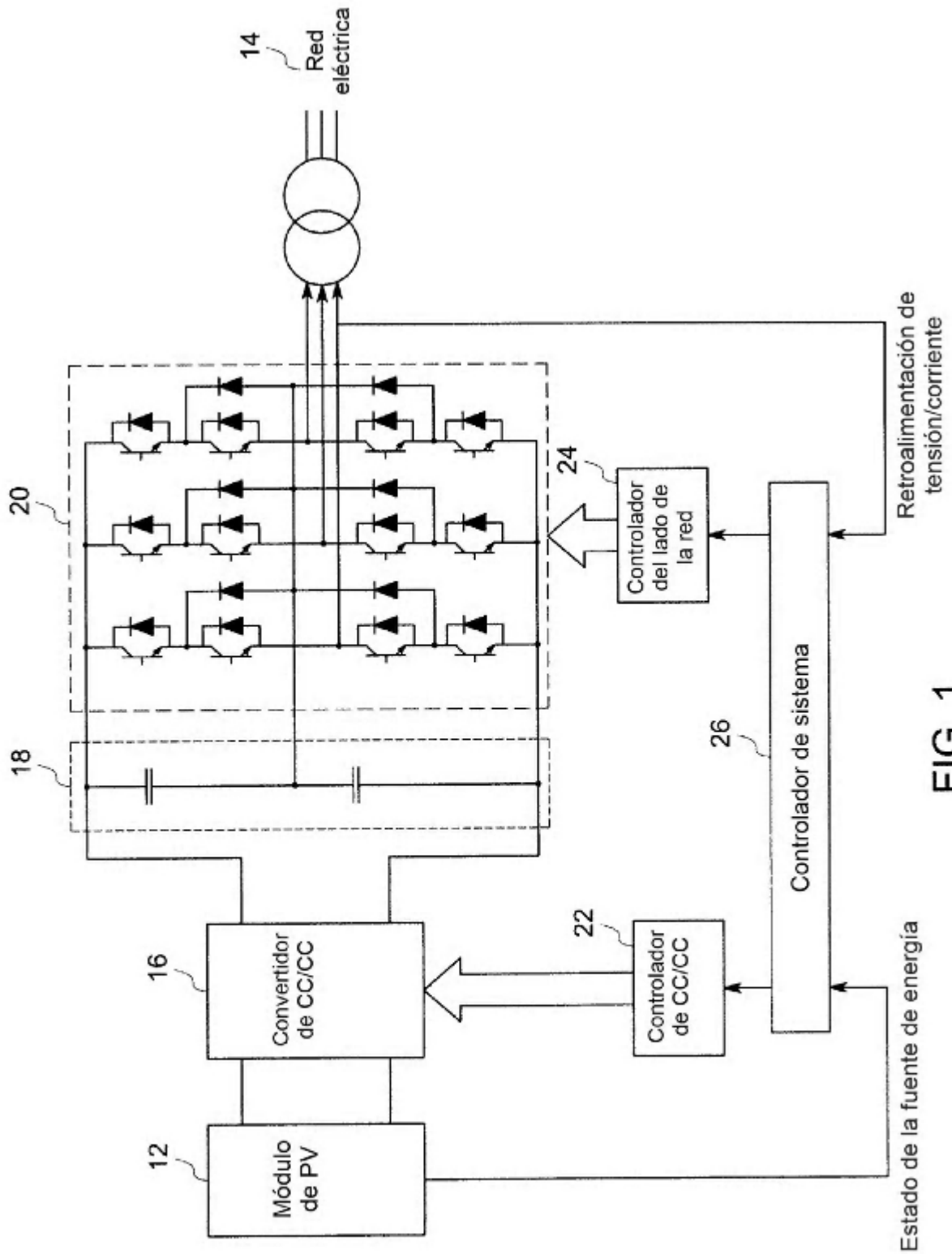
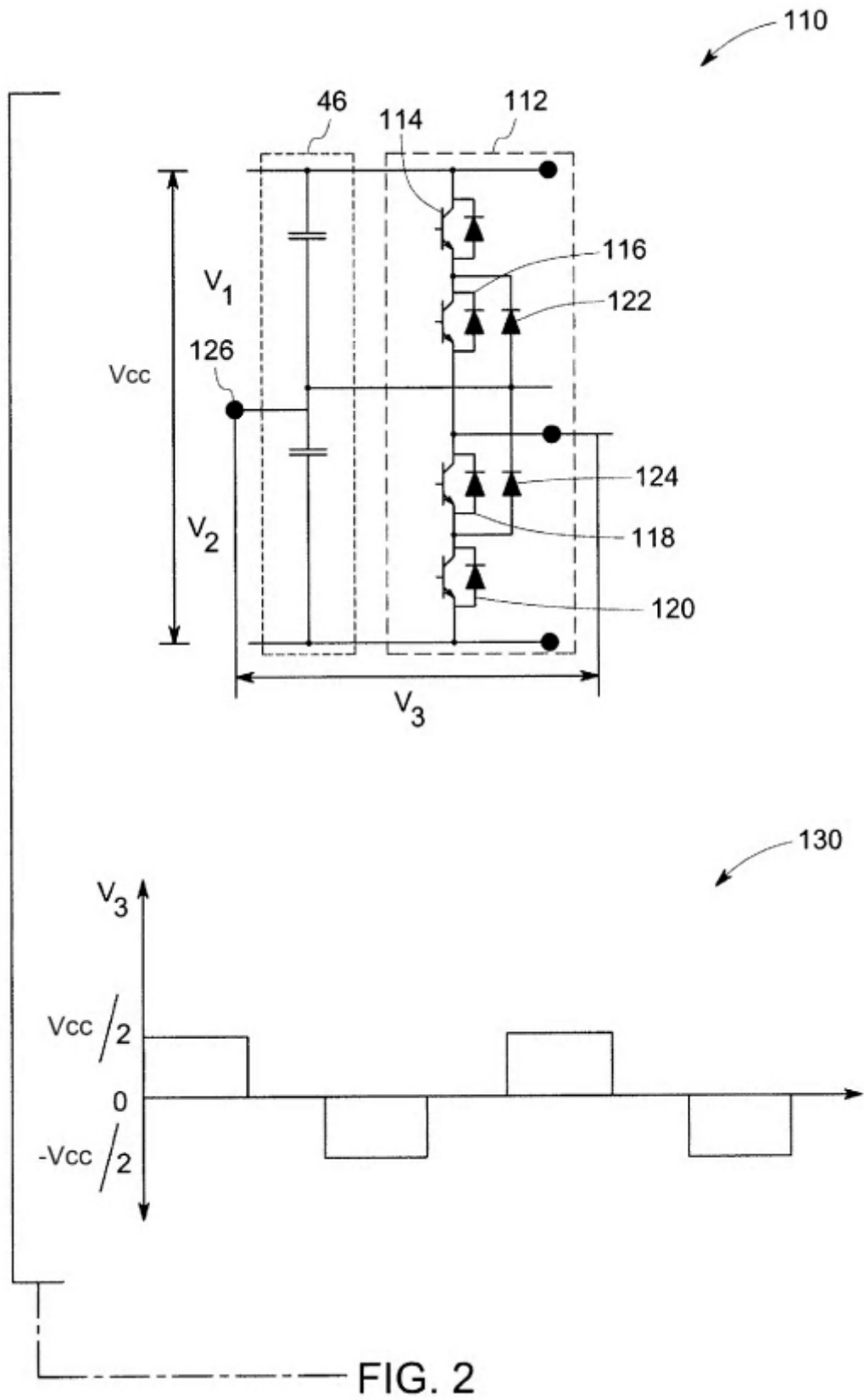


FIG. 1



140

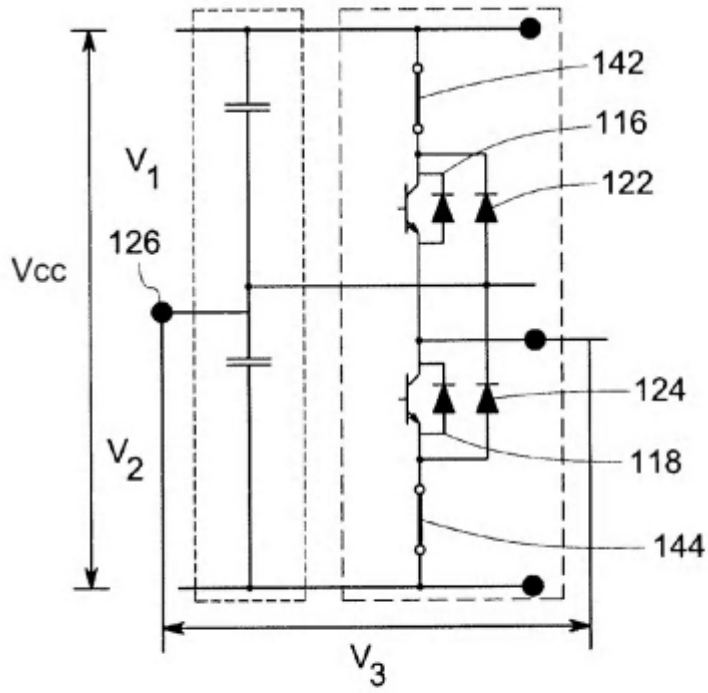


FIG. 3

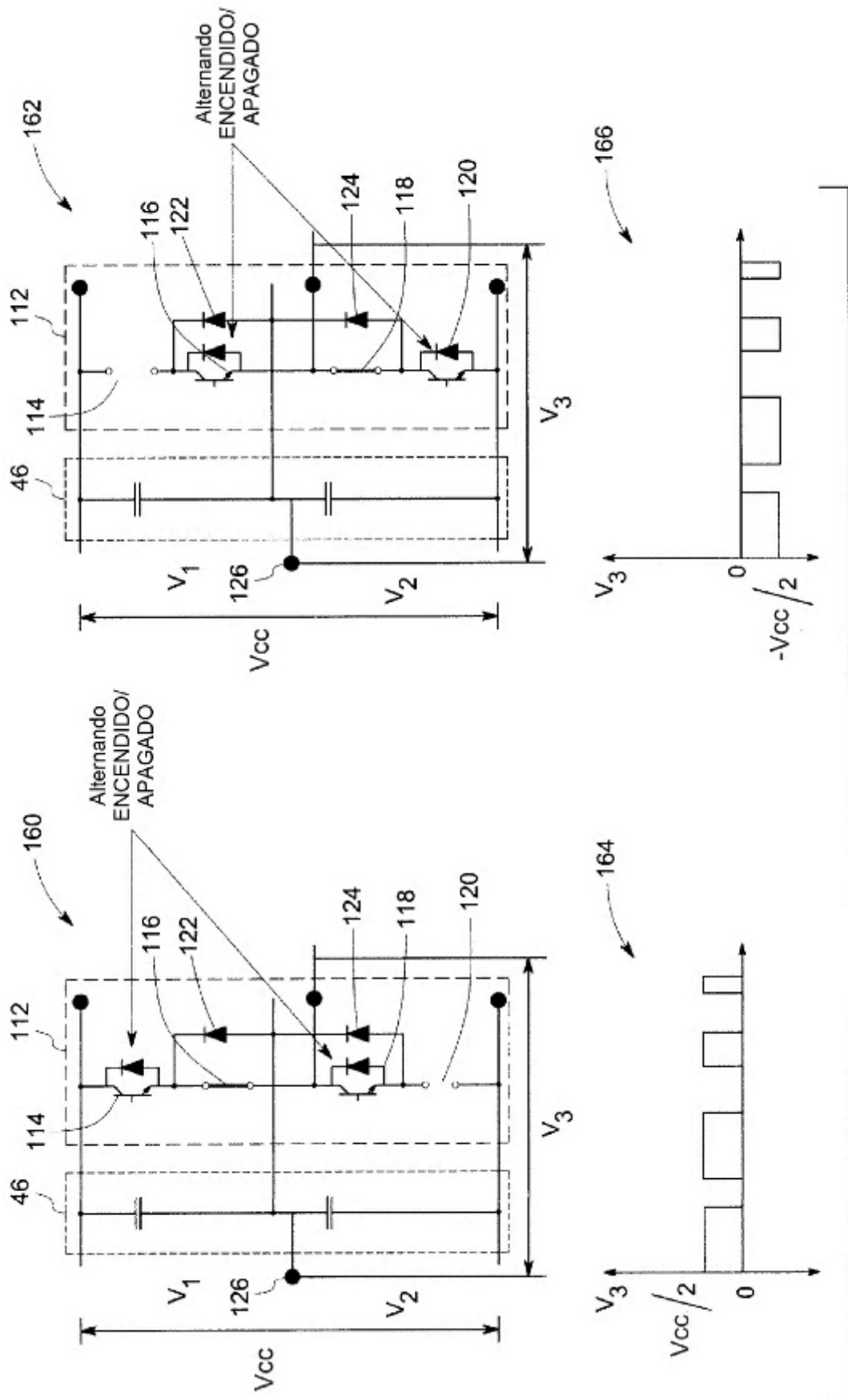


FIG. 4

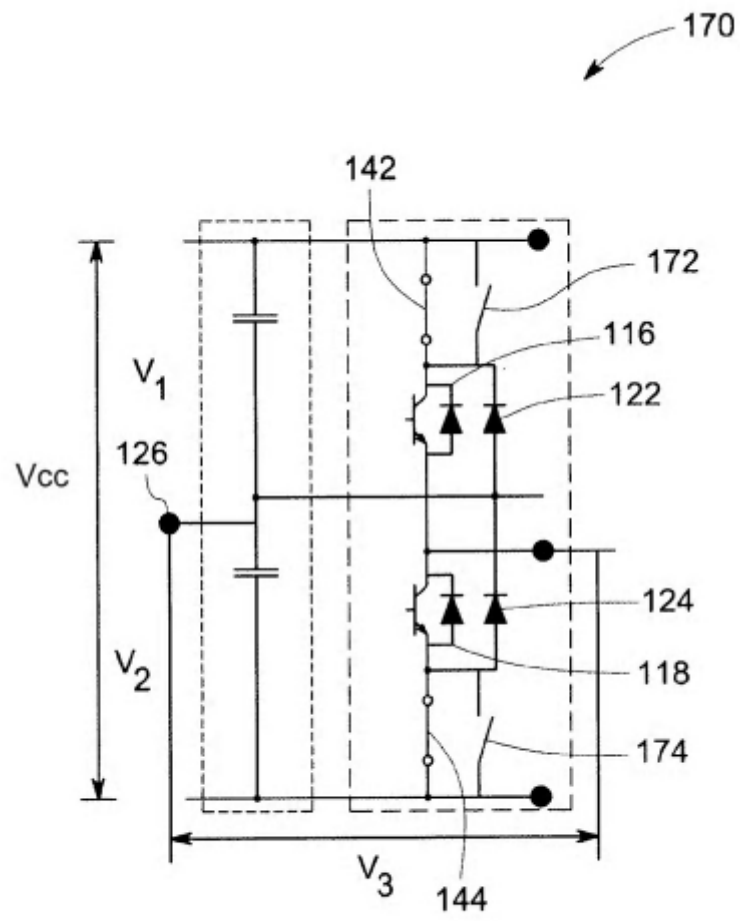


FIG. 5

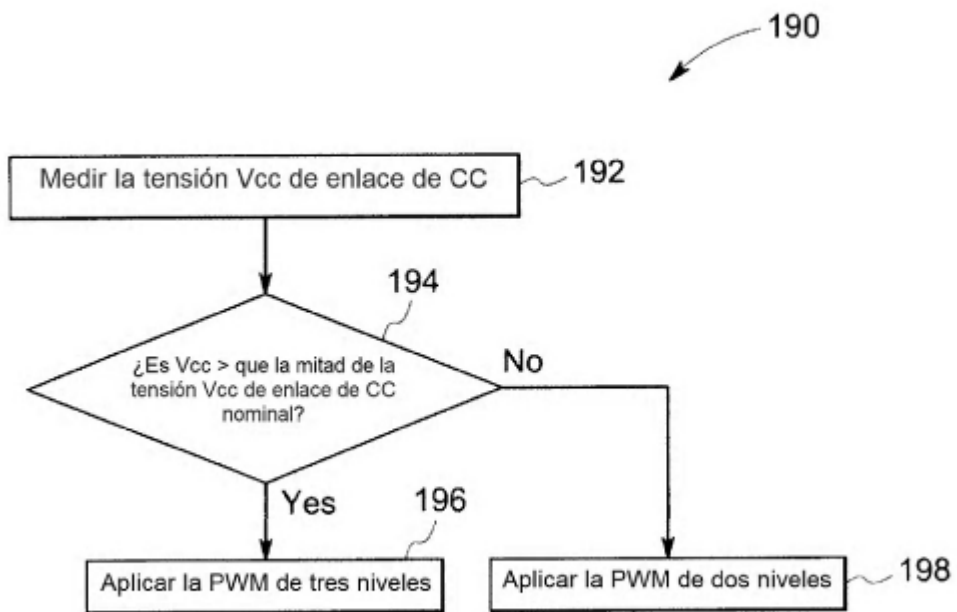
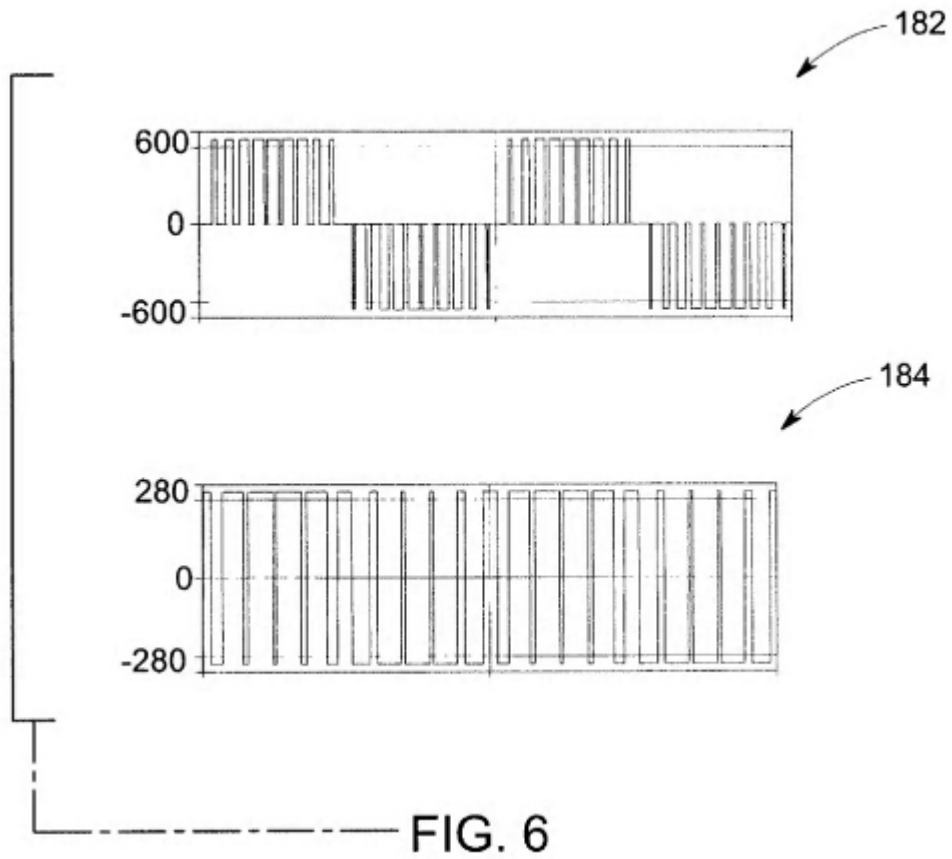


FIG. 7