

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 249**

51 Int. Cl.:

H02M 7/487 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.01.2015 PCT/CN2015/070055**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.09.2015 WO15127829**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.01.2015 E 15755349 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 3072229**

54 Título: **Inversor de conmutación suave**

30 Prioridad:

25.02.2014 US 201414189606

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

29.07.2020

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian,
Longgang District
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

FU, DIANBO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 776 249 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

Inversor de conmutación suave

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un dispositivo y método de inversor, y, en realizaciones particulares, a un inversor y método de conmutación suave.

Antecedentes

10 Las fuentes de energía renovables incluyen la energía solar, la energía eólica, la energía mareomotriz y similares. Un sistema de conversión de energía solar puede incluir una pluralidad de paneles solares conectados en serie o en paralelo. La salida de los paneles solares puede generar una tensión de CC variable dependiendo de una variedad de factores, como la hora del día, la ubicación y la capacidad de seguimiento del sol. Con el fin de regular la salida de los paneles solares, la salida de los paneles solares puede estar acoplada a un convertidor de CC / CC para lograr una tensión de salida regulada en la salida del convertidor de CC / CC. Además, los paneles solares pueden conectarse a un sistema de batería de reserva a través de un aparato de control de carga de la batería. Durante el día, la batería de reserva se carga a través de la salida de los paneles solares. Cuando la red eléctrica falla o los paneles solares son un sistema de energía eléctrica sin conexión a la red, la batería de reserva proporciona electricidad a las cargas acopladas a los paneles solares.

20 Dado que la mayoría de las aplicaciones pueden estar diseñadas para funcionar con 120 voltios de potencia de CA, se emplea un inversor solar para convertir la salida de CC variable de los módulos fotovoltaicos en una fuente de potencia de CA de 120 voltios. Se puede emplear una pluralidad de topologías de inversor para lograr una conversión de potencia alta así como de eficiencia alta de energía solar a electricidad de red eléctrica. En particular, se puede lograr una salida de CA de alta potencia utilizando una serie de conmutadores semiconductores de potencia para convertir una pluralidad de fuentes de CC de baja tensión a una salida de CA de alta potencia sintetizando una forma de onda de tensión de escalera.

25 En aplicaciones solares, los inversores de tres niveles y los inversores de cinco niveles se emplean extensivamente para lograr una alta eficiencia y una baja distorsión armónica total. Tales inversores de tres niveles y los inversores de cinco niveles se denominan alternativamente inversores multinivel.

30 De acuerdo con la diferencia de topología, los inversores multinivel se pueden dividir en tres categorías, a saber, inversores multinivel con fijación por diodos, inversores multinivel de condensador flotante e inversores multinivel en cascada de puente H. Además, los inversores multinivel pueden emplear diferentes técnicas de modulación de ancho de pulso (PWM, por sus siglas en inglés) tales como PWM sinusoidal (SPWM, por sus siglas en inglés), PWM de eliminación armónica selectiva, modulación de vector espacial y similares. Los inversores multinivel son una topología de potencia común para aplicaciones de alta y media potencia, como la interfaz de la red eléctrica para fuentes de energía renovables, sistemas de transmisión de CA flexibles, sistemas de accionamiento de motor de media tensión y similares.

35 El inversor multinivel con fijación por diodos se conoce comúnmente como inversor con fijación de punto neutro (NCP, por sus siglas en inglés) de tres niveles. Un inversor NCP de tres niveles requiere dos condensadores conectados en serie acoplados entre los buses de CC de entrada. Cada condensador se carga a un potencial igual. Además, el inversor NCP de tres niveles puede comprender cuatro elementos de conmutación y dos diodos de fijación. Los diodos de fijación ayudan a reducir el esfuerzo de voltaje en el elemento de conmutación a un nivel de tensión de condensador.

40 Un inversor NCP utiliza una forma de onda de escalera para generar una salida de CA. Tal forma de onda de escalera se asemeja a una forma de onda sinusoidal deseada. Como resultado, la tensión de salida del inversor NCP puede ser de una baja distorsión armónica total (THD, por sus siglas en inglés). Además, la forma de onda de escalera puede reducir los esfuerzos de voltaje. Como resultado, se puede mejorar el rendimiento de compatibilidad electromagnética (EMC, por sus siglas en inglés) del inversor NCP. Además, para lograr el mismo THD, el inversor NCP puede funcionar a una frecuencia de conmutación más baja. Tal conmutación más baja ayuda a reducir las pérdidas de conmutación para lograr un sistema de conversión de potencia eficiente.

45 El artículo "A Novel ZVT Inverter with Simplified Auxiliary Circuit" por Choi J-Y et al., APEC 2001. 16^a. Conferencia y exposición anual de electrónica de potencia aplicada IEEE. Anaheim, CA, del 4 al 8 de marzo; Nueva York, NY: IEEE, EE. UU., Vol. Conf. 16, 4 de marzo de 2001, páginas 1151 - 1157 propone un inversor ZVT, por sus siglas en inglés, en el que cada fase utiliza un conmutador auxiliar.

El artículo "An Improved Zero-Voltage Switching Inverter Using Two Coupled Magnetics in One Resonant Pole" por WENSONG YU et al., IEEE Transactions on Power Electronics., (20100430), vol. 25, no. 4, páginas 953 - 956, se refiere a la corriente de magnetización durante la libre circulación en un inversor ZVS con inductores acoplados.

Sumario de la invención

Estos y otros problemas son generalmente resueltas o evitadas, y las ventajas técnicas se logran generalmente mediante las realizaciones preferidas de la presente invención que se define en las reivindicaciones.

5 De acuerdo con una realización, un inversor comprende un primer conmutador acoplado a una entrada de un filtro de salida y un bus de CC positivo, un segundo conmutador acoplado a la entrada del filtro de salida y un bus de CC negativo, un transformador acoplado a un nodo común del primer conmutador y el segundo conmutador, un primer aparato de libre circulación y un primer conmutador de conmutación suave conectados en serie entre el bus positivo y el bus negativo, en el que el primer conmutador de conmutación suave está configurado de manera que el primer conmutador sea de una primera transición de tensión cero durante un proceso de encendido del primer conmutador y
 10 un segundo aparato de libre circulación y un segundo conmutador de conmutación suave conectado en serie entre el bus positivo y el bus negativo, en donde el segundo conmutador de conmutación suave está configurado de tal manera que el segundo conmutador es de una segunda transición de tensión cero durante un proceso de encendido del segundo conmutador.

15 Según un ejemplo, un aparato comprende una red de conmutación suave acoplada a un convertidor de potencia, en donde el convertidor de potencia comprende un primer conmutador, un segundo conmutador y un filtro de salida formado por un inductor y un condensador, y en donde la red de conmutación suave comprende un dispositivo magnético, un primer conmutador auxiliar, un segundo conmutador auxiliar, un primer aparato de libre circulación y un segundo aparato de libre circulación, y en donde la red de conmutación suave está configurada de modo que el primer conmutador es de conmutación de tensión cero, el segundo conmutador es de conmutación de tensión cero, el primer conmutador auxiliar es de conmutación de corriente cero y el segundo conmutador auxiliar es de conmutación de corriente cero.

20 De acuerdo con otro ejemplo más, un método comprende proporcionar una red de conmutación suave acoplada a un primer conmutador principal, un segundo conmutador principal y un filtro de salida de un convertidor de potencia, en donde la red de conmutación suave comprende un primer conmutador auxiliar, un primer aparato de libre circulación conectado en serie con el primer conmutador auxiliar, un segundo conmutador auxiliar, un primer aparato de libre circulación conectado en serie con el primer conmutador auxiliar y un dispositivo magnético acoplado al filtro de salida.

25 El método comprende además antes de una transición de tensión cero del primer conmutador principal, encender el primer conmutador auxiliar y después de la transición de tensión cero del primer conmutador principal, apagar el primer conmutador auxiliar.

30 Una ventaja de una realización de la presente invención es que una red de conmutación suave ayuda a lograr la conmutación de tensión cero para el conmutador principal del inversor y la conmutación de corriente cero para los elementos de conmutación en la red de conmutación suave. Tal conmutación de tensión cero y conmutación de corriente cero ayudan a reducir los esfuerzos de voltaje de un inversor. Como resultado, la red de conmutación suave ayuda a mejorar la eficiencia, la fiabilidad y el coste del inversor. Además, se evita un cortocircuito en uno de los bobinados del transformador.
 35

Lo anterior ha esbozado de manera bastante general las características y ventajas técnicas de la presente invención para que la descripción detallada de la invención que sigue se pueda entender mejor. A continuación se describirán características y ventajas adicionales de la invención que constituyen el objeto de las reivindicaciones de la invención. Los expertos en la técnica deben apreciar que la concepción y la realización específica descrita se pueden utilizar fácilmente como base para modificar o diseñar otras estructuras o procesos para llevar a cabo los mismos propósitos de la presente invención. Los expertos en la técnica también deberían darse cuenta de que tales construcciones equivalentes no se apartan del alcance de la invención como se establece en las reivindicaciones adjuntas.
 40

Breve descripción de los dibujos

45 Para una comprensión más completa de la presente invención, y las ventajas de la misma, ahora se hace referencia a las siguientes descripciones tomadas junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra un diagrama de bloques de un sistema inversor de conmutación suave de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción;

La figura 1A ilustra un diagrama de bloques de un sistema inversor de conmutación suave de acuerdo con otra realización de la presente descripción;

50 La figura 2 ilustra un diagrama esquemático del sistema inversor de conmutación suave que se muestra en la figura 1 cuando el sistema inversor de conmutación suave opera en un primer medio ciclo de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción;

La figura 3 ilustra un diagrama de tiempos de varias señales en el sistema inversor de conmutación suave mostrado en la figura 2 de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción;

La figura 4 ilustra un diagrama esquemático del sistema inversor de conmutación suave que se muestra en la figura 1 cuando el sistema inversor de conmutación suave opera en un segundo medio ciclo de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción;

5 La figura 5 ilustra un diagrama de tiempos de varias señales en el sistema inversor de conmutación suave que se muestra en la figura 4 de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción;

La figura 6 ilustra un diagrama esquemático de un primer ejemplo ilustrativo de un sistema que comprende la red de conmutación suave mostrada de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción;

La figura 7 ilustra un diagrama esquemático de un segundo ejemplo ilustrativo de un sistema que comprende la red de conmutación suave mostrada de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción;

10 La figura 8 ilustra un diagrama esquemático de un tercer ejemplo ilustrativo de un sistema que comprende la red de conmutación suave mostrada de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción;

La figura 9 ilustra un diagrama de bloques de un sistema inversor de conmutación suave trifásico de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción;

15 La figura 10 ilustra un diagrama de bloques de un sistema inversor de conmutación suave trifásico de acuerdo con otra realización de la presente descripción; y

La figura 11 ilustra un diagrama de bloques de un sistema inversor de conmutación suave trifásico de acuerdo con otra realización más de la presente descripción.

20 Los números y símbolos correspondientes en las diferentes figuras generalmente se refieren a partes correspondientes a menos que se indique lo contrario. Las figuras están dibujadas para ilustrar claramente los aspectos relevantes de las diversas realizaciones y no están necesariamente dibujadas a escala.

Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

25 La elaboración y el uso de las realizaciones actualmente preferidas se tratan en detalle a continuación. Sin embargo, debe apreciarse que la presente invención proporciona muchos conceptos inventivos aplicables que pueden incorporarse en una amplia variedad de contextos específicos. Las realizaciones específicas tratadas son meramente ilustrativas de formas específicas de hacer y usar la invención, y no limitan el alcance de la invención.

30 La presente invención se describirá con respecto a realizaciones preferidas en un contexto específico, a saber, un sistema inversor de conmutación suave. Sin embargo, la invención también se puede aplicar a una variedad de convertidores de potencia que incluyen inversores multinivel, convertidores elevadores, convertidores reductores y similares. Además, la invención también se puede aplicar a una variedad de inversores trifásicos. A continuación, se explicarán en detalle varias realizaciones con referencia a los dibujos adjuntos.

35 La figura 1 ilustra un diagrama de bloques de un sistema inversor de conmutación suave de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción. El sistema inversor de conmutación suave 100 comprende una fuente de CC PV1, una red de conmutación suave 102, una red de conmutación principal 104 formada por los conmutadores Q1 y Q2 y un filtro de salida 106. Como se muestra en la figura 1, la red de conmutación suave 102, la red de conmutación principal 104 y el filtro de salida 106 están conectados en cascada y acoplados entre la fuente de CC PV1 y la tensión de salida V_o del sistema inversor de conmutación suave 100.

40 La fuente de CC PV1 que se muestra en la figura 1 puede implementarse como un panel solar. Más particularmente, en algunas realizaciones, mientras que la figura 1 ilustra una única fuente de CC PV1, la fuente de CC PV1 puede comprender una pluralidad de paneles solares conectados en serie, en paralelo, cualquier combinación de los mismos y similares.

Dos condensadores de entrada C3 y C4 están conectados en serie. Como se muestra en la figura 1, los condensadores de entrada conectados en serie C3 y C4 están acoplados a los terminales de salida de la fuente de CC PV1. En algunas realizaciones, el nodo común de los condensadores de entrada C3 y C4 está conectado a tierra como se muestra en la figura 1.

45 El filtro de salida 106 está formado por un inductor L_o y un condensador C_o . El filtro de salida 106 ayuda a filtrar la tensión PWM multinivel (la tensión a la entrada del filtro de salida 106) para obtener una forma de onda sinusoidal en la salida del filtro de salida 106 .

50 La red de conmutación principal está formada por los conmutadores Q1 y Q2. Como se muestra en la figura 1, la entrada del filtro de salida 106 está acoplada al nodo común de los conmutadores Q1 y Q2. En algunas realizaciones, los conmutadores Q1 y Q2 pueden estar acoplados al bus de entrada positivo y al bus de entrada negativo de la fuente de CC PV1 respectivamente.

De acuerdo con una realización, los conmutadores (por ejemplo, el conmutador Q1) pueden ser un dispositivo de

transistor bipolar de puerta aislada (IGBT, por sus siglas en inglés). Alternativamente, el elemento de conmutación puede ser cualesquiera conmutadores controlables, tal como dispositivos de transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET, por sus siglas en inglés), dispositivos de tiristor controlado por puerta integrada (IGCT, por sus siglas en inglés), dispositivos de tiristor de apagado de puerta (GTO, por sus siglas en inglés), dispositivos de rectificador controlado de silicio (SCR, por sus siglas en inglés), dispositivos de transistor de efecto de campo de puerta de unión (JFET, por sus siglas en inglés), dispositivos de tiristor controlado por metal-óxido-semiconductor (MCT, por sus siglas en inglés) y similares.

Cabe señalar que el diodo D1 y el condensador C1 pueden implementarse como componentes externos conectados en paralelo con el conmutador Q1. Asimismo, el diodo D2 y el condensador C2 son componentes externos conectados en paralelo con el conmutador Q2. Alternativamente, si Q1 y Q2 se implementan como MOSFET, los diodos de cuerpo y las capacitancias de drenaje a fuente de Q1 y Q2 pueden usarse para reemplazar los componentes externos correspondientes.

La figura 1 ilustra además la red de conmutación suave 102. Como se muestra en la figura 1, la red de conmutación suave 102 está acoplada entre los condensadores de entrada y la red de conmutación principal 104. La red de conmutación suave 102 puede funcionar como una unidad de conmutación de tensión cero. Tal unidad de conmutación de tensión cero ayuda a lograr una transición de tensión cero a través de los conmutadores (por ejemplo, el conmutador Q1). Como tal, las pérdidas de potencia de los conmutadores Q1 y Q2, así como del sistema inversor, pueden reducirse en consecuencia. El funcionamiento detallado de la red de conmutación suave 102 se describirá a continuación con respecto a las figuras 2-5.

La figura 1A ilustra un diagrama de bloques de un sistema inversor de conmutación suave de acuerdo con otra realización de la presente descripción. El sistema inversor de conmutación suave que se muestra en la figura 1A es similar al que se muestra en la figura 1, excepto que el sistema inversor de conmutación suave que se muestra en la figura 1A no comprende un símbolo de conexión a tierra. La configuración que se muestra en la figura 1A puede usarse en un sistema de 3-fases/3-cables. Por otro lado, el símbolo de conexión a tierra que se muestra en la figura 1 puede interpretarse como tierra o una línea neutral. Según esta interpretación, la configuración que se muestra en la figura 1 puede usarse en un sistema de 3-fases/4 cables. Debe tenerse en cuenta que la configuración que se muestra en la figura 1 se puede usar en un sistema de 3-fases/3-cables cuando el símbolo de conexión a tierra se interpreta como un mismo potencial de voltaje.

La figura 2 ilustra un diagrama esquemático del sistema inversor de conmutación suave que se muestra en la figura 1 cuando el sistema inversor de conmutación suave funciona en un primer medio ciclo de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción. La red de conmutación suave 102 incluye dos tramos. Como se muestra en la figura 2, un primer tramo comprende Q3, D5 y Q5 conectados en serie. Un segundo tramo comprende Q6, D6 y Q4 conectados en serie. Estos dos tramos están acoplados al filtro de salida mediante un transformador T1. Más particularmente, el nodo común de Q3 y D5 está conectado a la entrada del filtro de salida mediante un bobinado primario Tp del transformador T1. El nodo común de Q4 y D6 está conectado a la entrada del filtro de salida mediante un bobinado secundario Ts del transformador T1.

Las polaridades del transformador T1 se indican en la figura 2 como puntos al lado de los terminales del bobinado primario Tp y el segundo bobinado Ts. En particular, el transformador T1 tiene puntos de polaridad en terminales opuestos del bobinado primario Tp y el bobinado secundario Ts. Tal disposición de puntos de polaridad indica que las corrientes que fluyen a través de los dos bobinados están instantáneamente fuera de fase con respecto a una tierra común. En otras palabras, la notación de puntos indica que el lado primario Tp y el lado secundario Ts están desfasados 180 grados. El funcionamiento de un transformador es bien conocido en la técnica y, por lo tanto, no se trata con más detalle en este documento.

En algunas realizaciones, Q3 funciona como un primer conmutador auxiliar de conmutación suave. En particular, Q3 ayuda a Q1 lograr una conmutación de tensión cero. El proceso detallado de conmutación de tensión cero de Q1 se describirá a continuación con respecto a la figura 3. Asimismo, Q4 funciona como un segundo conmutador auxiliar de conmutación suave. En particular, Q4 ayuda a Q2 lograr una conmutación de tensión cero. El proceso detallado de conmutación de tensión cero de Q2 se describirá a continuación con respecto a la figura 5.

En algunas realizaciones, D5 y Q5 forman un primer recorrido de libre circulación conectado entre el bobinado primario Tp y tierra. En algunas realizaciones, el primer recorrido de libre circulación puede proporcionar un camino conductor para la corriente que fluye a través del bobinado primario Tp después de que Q3 se apague.

Asimismo, el diodo D6 y el conmutador Q6 pueden formar un segundo recorrido de libre circulación conectado entre el segundo bobinado Ts y tierra. En algunas realizaciones, el segundo recorrido de libre circulación puede proporcionar un camino conductor para la corriente que fluye en el bobinado secundario Ts después de que Q4 se apague.

Cabe señalar que en el primer medio ciclo de Vo, Q5 siempre está encendido y Q6 siempre está apagado. En el segundo medio ciclo de Vo, Q5 siempre está apagado y Q6 siempre está encendido. Como tal, en el primer medio ciclo, Q6 y D6 forman un dispositivo conectado de forma consecutiva, lo que evita un cortocircuito a través del bobinado secundario Ts. Más particularmente, en el primer medio ciclo, Q1 puede estar encendido. Sin tener un Q6 apagado,

Q1 y D6 pueden formar un camino conductivo que provocaría un corto circuito a través del bobinado secundario Ts.

Del mismo modo, en el segundo medio ciclo, Q5 y D5 forman un dispositivo conectado de forma consecutiva, lo que evita un cortocircuito en el bobinado primario Tp. Más particularmente, en el segundo medio ciclo, Q2 puede estar encendido. Sin tener un Q5 apagado, Q2 y D5 pueden formar un camino conductivo que provocaría un corto circuito a través del bobinado primario Tp.

Debe observarse además que el diagrama esquemático de los recorridos de libre circulación descritos anteriormente es simplemente una estructura ilustrativa y no pretende limitar las realizaciones actuales. Un experto en la técnica reconocería muchas variaciones, alternativas y modificaciones. Por ejemplo, los diodos D5 y D6 pueden reemplazarse por dos conmutadores respectivamente. Además, mientras que la figura 2 ilustra que los conmutadores Q5 y Q6 pueden implementarse como transistores IGBT, los conmutadores Q5 y Q6 pueden ser cualquier conmutador controlable como dispositivos MOSFET, dispositivos IGCT, dispositivos GTO, dispositivos SCR, dispositivos JFET, dispositivos MCT, cualesquiera combinaciones de los mismos y/o similares.

Como se muestra en la figura 2, la corriente que fluye a través del conmutador Q1 se conoce como IQ1. Del mismo modo, la corriente que fluye a través del conmutador auxiliar Q3 se conoce como IQ3. La corriente que fluye a través del diodo D2 se conoce como ID2. La corriente que fluye a través del diodo D4 se conoce como ID4.

La figura 3 ilustra un diagrama de tiempos de varias señales en el sistema inversor de conmutación suave que se muestra en la figura 2 de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción. Con referencia nuevamente a la figura 2, el conmutador Q1 se implementa como un dispositivo IGBT y el conmutador auxiliar Q3 se implementa como un dispositivo MOSFET o un dispositivo IGBT. Como tal, la tensión a través del conmutador Q1 se conoce como V_{CE_Q1} . La tensión de puerta a emisor del conmutador Q1 se conoce como V_{GE_Q1} . La tensión de puerta a fuente del conmutador auxiliar Q3 se conoce como V_{GS_Q3} . La tensión de puerta a fuente del conmutador auxiliar Q5 se conoce como V_{GS_Q5} . La tensión de puerta a fuente del conmutador auxiliar Q6 se conoce como V_{GS_Q6} . La corriente que fluye a través del inductor del filtro de salida se denomina IL (también conocida como corriente de carga).

Durante el intervalo de tiempo de t_0 a t_1 , el conmutador Q1 se apaga. El conmutador auxiliar Q3 se apaga. En el instante de tiempo t_1 , el conmutador auxiliar Q3 se enciende en respuesta a una tensión aplicada a la puerta del conmutador auxiliar Q3. La corriente que fluye en el conmutador auxiliar Q3 puede no cambiar instantáneamente ya que el conmutador auxiliar Q3 está conectado en serie con el lado primario Tp del transformador T1. Como se muestra en la figura 3, la corriente IQ3 aumenta de cero a un valor de aproximadamente la mitad de IL en el instante de tiempo t_2 . La pendiente de aumento exhibe un comportamiento aproximadamente lineal como se muestra en la figura 3.

Durante el intervalo de tiempo de t_1 a t_2 , la corriente que fluye a través del diodo D4 puede aumentar proporcionalmente al aumento de la corriente que fluye a través del conmutador auxiliar Q3 ya que las corrientes ID4 e IQ3 son la corriente secundaria y la corriente primaria del transformador T1 respectivamente. En el instante de tiempo t_2 , la suma de las corrientes ID4 e IQ3 puede ser igual a la corriente de carga IL. Puesto que la corriente de carga es la suma de las corrientes ID4 e IQ3, la corriente que fluye a través del diodo ID2 cae a aproximadamente cero.

Durante el intervalo de tiempo de t_2 a t_3 , las corrientes ID4 e IQ3 aumentan a través de un proceso resonante formado por la inductancia de fuga del transformador T1 y C1. Dado que la suma de las corrientes ID4 e IQ3 es mayor que la corriente de carga IL, IQ1 puede ser de una corriente negativa para compensar los aumentos de las corrientes IQ3 e ID4 para que la corriente de carga IL se mantenga constante. Además, como consecuencia de tal corriente negativa que fluye a través del conmutador Q1, la tensión V_{CE_Q1} a través del conmutador Q1 puede descargarse en consecuencia durante el intervalo de tiempo de t_2 a t_3 .

Durante el proceso de descarga descrito anteriormente, el condensador de salida del conmutador Q1, la inductancia de fuga del transformador T1 pueden formar un proceso resonante L-C. Tal proceso resonante L-C puede conducir a una disminución de corriente después de que la corriente IQ3 alcance su valor máximo en el instante de tiempo t_3 . Como la corriente ID4 es una corriente que fluye a través del lado secundario del transformador T1, la corriente ID4 cae en respuesta a la disminución de la corriente IQ3 como se muestra en la figura 3.

Durante el tiempo entre medias de t_3 a t_4 , la suma de las corrientes IQ3 e ID4 sigue siendo mayor que la corriente de carga IL. Por lo tanto, la corriente IQ1 sigue siendo una corriente negativa como se muestra en la figura 3. En el instante de tiempo t_3 , la tensión V_{CE_Q1} es de un nivel de tensión aproximadamente igual a cero. El conmutador Q1 puede encenderse en este instante de tiempo para que el conmutador Q1 pueda lograr la conmutación de tensión cero.

Cabe señalar que el instante de tiempo en el que se enciende el conmutador Q1 que se muestra en la figura 3 es simplemente un ejemplo. El conmutador Q1 puede tener una transición de tensión cero si el conmutador Q1 se enciende en cualquier instante de tiempo durante un intervalo de tiempo de t_3 a t_4 . En el instante de tiempo t_4 , la suma de las corrientes IQ3 e ID4 es menor que la corriente de carga IL. Como resultado, incluso si el conmutador Q1 no está encendido, la corriente IQ1 puede cambiar de una corriente negativa a una corriente positiva para mantener la corriente de carga IL constante. Tal corriente positiva IQ1 puede cargar el condensador de salida del conmutador Q1. Como resultado, la tensión a través del conmutador Q1 puede aumentar. Por lo tanto, puede producirse un encendido de tensión cero del conmutador Q1 en un intervalo de tiempo de t_3 a t_4 . Después de que la corriente IQ1

cambia de una corriente negativa a una corriente positiva, el conmutador Q1 puede no lograr la conmutación de tensión cero.

5 Después de encender el conmutador Q1, el lado primario T_p (mostrado en la figura 2) del transformador T1 puede ser cortocircuitado por un camino conductor formado por los conmutadores Q1 y Q3. En respuesta al aumento de la corriente IQ1, las corrientes IQ3 e ID4 caen en consecuencia. En el instante de tiempo t5, tanto la corriente IQ3 como la corriente ID4 caen a cero como se muestra en la figura 3. El conmutador auxiliar Q3 puede apagarse después de que las corrientes IQ3 e ID4 caigan a cero. Como se muestra en la figura 3, el conmutador auxiliar Q3 se apaga en el instante de tiempo t6.

10 Una característica ventajosa de la red de conmutación suave es que el conmutador Q1 puede lograr un encendido de tensión cero y los conmutadores auxiliares (por ejemplo, Q3) tienen un apagado de corriente cero. Dicha conmutación de tensión cero y conmutación de corriente cero ayudan a reducir las pérdidas de potencia totales del sistema inversor de conmutación suave 100 que se muestra en la figura 2.

15 La figura 4 ilustra un diagrama esquemático del sistema inversor de conmutación suave que se muestra en la figura 1 cuando el sistema inversor de conmutación suave opera en un segundo medio ciclo de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción. El diagrama esquemático que se muestra en la figura 4 es similar al que se muestra en la figura 2 y, por lo tanto, no se describe en detalle para evitar repeticiones innecesarias.

Como se muestra en la figura 4, la corriente que fluye a través del conmutador Q2 se conoce como IQ2. Del mismo modo, la corriente que fluye a través del conmutador auxiliar Q4 se conoce como IQ4. La corriente que fluye a través del diodo D1 se conoce como ID1. La corriente que fluye a través del diodo D3 se conoce como ID3.

20 La figura 5 ilustra un diagrama de tiempos de varias señales en el sistema inversor de conmutación suave que se muestra en la figura 4 de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción. El diagrama de tiempos que se muestra en la figura 5 es similar al que se muestra en la figura 3 y, por lo tanto, no se trata con más detalle.

25 Una característica ventajosa de la red de conmutación suave es que el conmutador Q2 puede lograr un encendido de tensión cero y los conmutadores auxiliares (por ejemplo, Q4) tienen un apagado de corriente cero. Dicha conmutación de tensión cero y conmutación de corriente cero ayudan a reducir las pérdidas de potencia totales del sistema inversor de conmutación suave 100 que se muestra en la figura 4.

30 La figura 6 ilustra un diagrama esquemático de un primer ejemplo ilustrativo de un sistema que comprende la red de conmutación suave mostrada de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción. Puede haber dos sistemas inversores de conmutación suave 602 y 604 que se muestran en la figura 6. El proceso de conmutación de tensión cero de cada sistema inversor de conmutación suave es similar al sistema inversor de conmutación suave 100 que se muestra en las figuras 2 y 4, excepto que las redes de conmutación suave pueden tener un transformador adicional. El transformador adicional ayuda a simplificar la estructura del aparato de libre circulación. En comparación con el aparato de libre circulación que se muestra en la figura 2, el aparato de libre circulación que se muestra en la figura 6 incluye un diodo (por ejemplo, D7) en lugar de un diodo y un conmutador conectados en serie. Además, los sistemas inversores de conmutación suave 602 y 604 están conectados en paralelo.

La figura 6 ilustra además una bobina de ahogo de salida acoplada en una caja de líneas discontinuas. Tal bobina de ahogo de salida acoplada ayuda a los dos sistemas de inversor de conmutación suave 602 y 604 a lograr la operación de entrelazado.

40 La figura 7 ilustra un diagrama esquemático de un segundo ejemplo ilustrativo de un sistema que comprende la red de conmutación suave mostrada de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción. Puede haber dos sistemas de inversor de conmutación suave que se muestran en la figura 7. El esquema del sistema de inversor de conmutación suave 701 es similar al del inversor de conmutación suave 602 que se muestra en la figura 6 y, por lo tanto, no se trata con más detalle.

45 El sistema inversor de conmutación suave 703 solo incluye dos conmutadores principales Q21 y Q22. Como se muestra en la figura 7, los conmutadores principales Q1 y Q2 están conectados en paralelo con los conmutadores principales Q21 y Q22 mediante un rectificador 702. La función y el principio operativo de un rectificador formado por cuatro diodos son bien conocidos y, por lo tanto, no se tratan en más detalle para evitar la repetición.

50 La figura 8 ilustra un diagrama esquemático de un tercer ejemplo ilustrativo de un sistema que comprende la red de conmutación suave mostrada de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción. Puede haber dos sistemas inversores de conmutación suave 802 y 804 como se muestra en la figura 8. Más particularmente, estos dos sistemas inversores de conmutación suave 802 y 804 comparten un diodo D800.

55 La figura 9 ilustra un diagrama de bloques de un sistema inversor de conmutación suave trifásico de acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción. Cada fase del inversor multinivel trifásico puede emplear un inversor de conmutación suave. Los inversores de conmutación suave 902, 904 y 906 pueden ser de una topología de los descritos anteriormente con respecto a las figuras 2, 4 y 7-9.

Como se muestra en la figura 9, cada fase del inversor trifásico comparte una entrada de CC positiva común (por ejemplo, un primer terminal de la fuente de CC PV1), una entrada de CC negativa común (por ejemplo, un segundo terminal de la fuente de CC PV1) y tierra. Las salidas de las tres fases forman un sistema trifásico conectado en delta como se muestra en la figura 9.

- 5 La figura 10 ilustra un diagrama de bloques de un sistema inversor de conmutación suave trifásico de acuerdo con otra realización de la presente descripción. El inversor trifásico que se muestra en la figura 10 es similar al que se muestra en la figura 9, excepto que un terminal del condensador de salida de cada fase está acoplado a un terminal del condensador de PV1 a través de una línea de conexión. En algunas realizaciones, la línea de conexión puede estar acoplada a tierra, una línea neutra y/o una línea interna.
- 10 La figura 11 ilustra un diagrama de bloques de un sistema inversor de conmutación suave trifásico de acuerdo con otra realización más de la presente descripción. El inversor trifásico que se muestra en la figura 11 es similar al que se muestra en la figura 10, excepto que un terminal del condensador de salida de cada fase está acoplado a un nodo común de dos condensadores en la salida de PV1 a través de una línea de conexión. En algunas realizaciones, la línea de conexión puede estar acoplada a tierra, una línea neutra y/o una línea interna.
- 15 Aunque las realizaciones de la presente invención y sus ventajas se han descrito en detalle, debe entenderse que pueden realizarse diversos cambios, sustituciones y alteraciones en el presente documento sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones anexas.

- Además, el alcance de la presente solicitud no pretende limitarse a las realizaciones particulares del proceso, máquina, fabricación, composición de la materia, medios, métodos y etapas descritas en la especificación. Como un experto en la técnica apreciará fácilmente a partir de la descripción de la presente invención, procesos, máquinas, fabricación, composiciones de materia, medios, métodos o etapas, actualmente existentes o que se desarrollarán posteriormente, que realizan sustancialmente la misma función, o logran sustancialmente el mismo resultado que las realizaciones correspondientes descritas en el presente documento pueden ser utilizados según la presente invención. Por consiguiente, las reivindicaciones anexas pretenden incluir dentro de su alcance tales procesos, máquinas, fabricación, composiciones de materia, medios, métodos o etapas.
- 20
- 25

REIVINDICACIONES

1. Un inversor que comprende:

un bus de CC positivo y uno negativo;

un primer conmutador (Q1) acoplado a una entrada de un filtro de salida (106) y el bus de CC positivo;

5 un segundo conmutador (Q2) acoplado a la entrada del filtro de salida (106) y el bus negativo;

un transformador (T1) acoplado a un nodo común del primer conmutador (Q1) y el segundo conmutador (Q2);

un primer aparato de libre circulación (D5, Q5) y un primer conmutador de conmutación suave (Q3) conectado en serie entre el bus positivo y el bus negativo, en el que el primer conmutador de conmutación suave (Q3) está configurado de manera que el primer conmutador (Q1) es de una primera transición de tensión cero durante un proceso de encendido del primer conmutador (Q1); y

10 un segundo aparato de libre circulación (D6, Q6) y un segundo conmutador de conmutación suave (Q4) conectado en serie entre el bus positivo y el bus negativo, en el que el segundo conmutador de conmutación suave (Q4) está configurado de manera que el segundo conmutador (Q2) es de una segunda transición de tensión cero durante un proceso de encendido del segundo conmutador (Q2),

15 caracterizado por que el primer aparato de libre circulación (D5, Q5) comprende un primer diodo de libre circulación (D5) y un primer conmutador de libre circulación (Q5) conectados en serie, y en el que el primer conmutador de libre circulación (Q5) está configurado para encenderse durante un primer medio ciclo de una tensión (Vo) en una salida del filtro de salida (106) y apagarse durante un segundo medio ciclo de la tensión (Vo) en la salida del filtro de salida (106), y

20 por que el segundo aparato de libre circulación (D6, Q6) comprende un segundo diodo de libre circulación (D6) y un segundo conmutador de libre circulación (Q6) conectados en serie, y en el que el segundo conmutador de libre circulación (Q6) está configurado para encenderse durante el segundo medio ciclo de la tensión (Vo) en la salida del filtro de salida (106) y apagarse durante el primer medio ciclo de la tensión (Vo) en la salida del filtro de salida (106),

25 en donde:

el transformador (T1) tiene un bobinado primario (Tp) y un bobinado secundario (Ts), y en donde el bobinado primario (Tp) y el bobinado secundario (Ts) están desfasados entre sí, y en donde:

un primer terminal del bobinado primario (Tp) está acoplado a un nodo común del primer aparato de libre circulación (D5, Q5) y el primer conmutador de conmutación suave (Q3);

30 un segundo terminal del bobinado primario (Tp) está acoplado a un nodo común del primer conmutador (Q1) y el segundo conmutador (Q2);

un primer terminal del segundo bobinado (Ts) está acoplado a un nodo común del segundo aparato de libre circulación (D6, Q6) y el segundo conmutador de conmutación suave (Q4); y

35 un segundo terminal del segundo bobinado (Ts) está acoplado al nodo común del primer conmutador (Q1) y el segundo conmutador (Q2), y en donde:

el segundo terminal del bobinado primario (Tp) y el primer terminal del bobinado secundario (Ts) tienen la misma polaridad.

2. El inversor de la reivindicación 1, que comprende además:

40 un primer condensador de entrada (C3) y un segundo condensador de entrada (C4) conectados en serie y además acoplados entre el bus de CC positivo y el bus de CC negativo;

un nodo común del primer condensador de entrada (C3) y el segundo condensador de entrada (C4) está conectado a tierra.

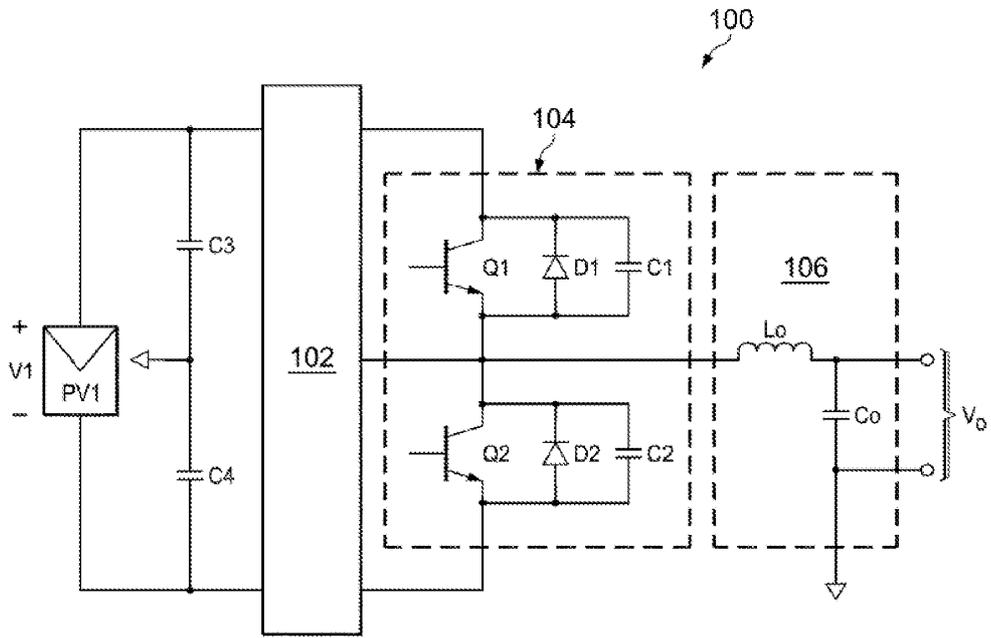


FIG. 1

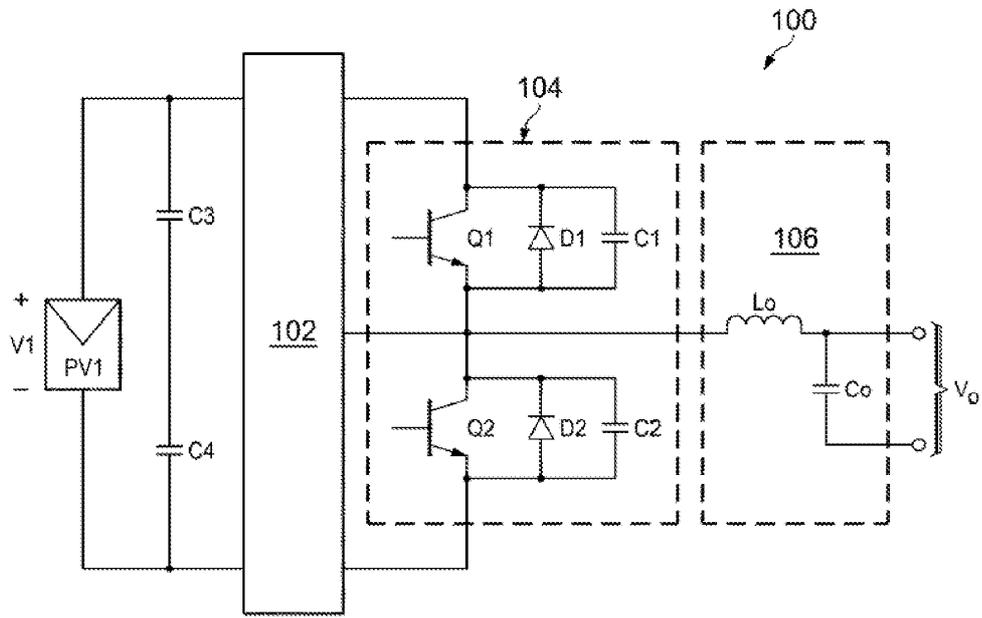


FIG. 1A

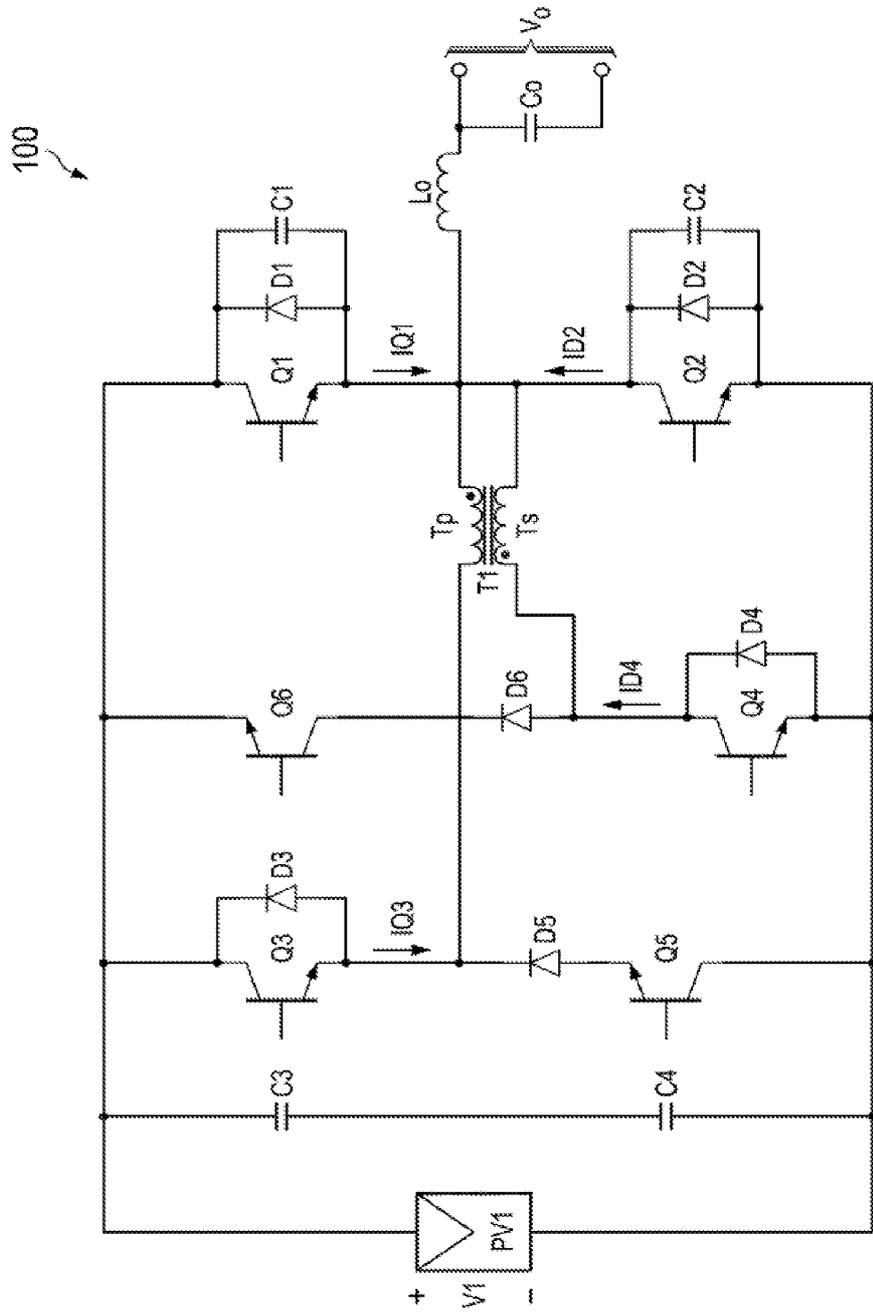


FIG. 2

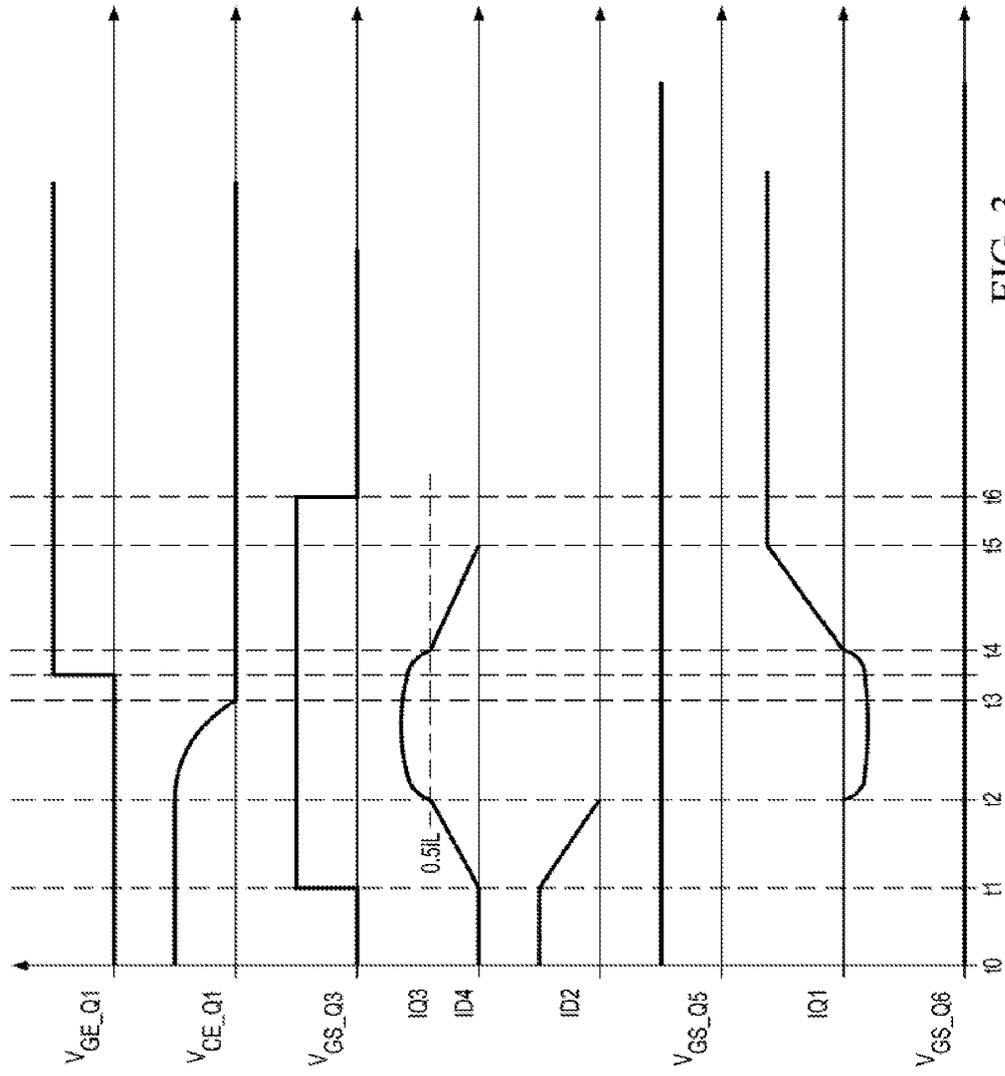


FIG. 3

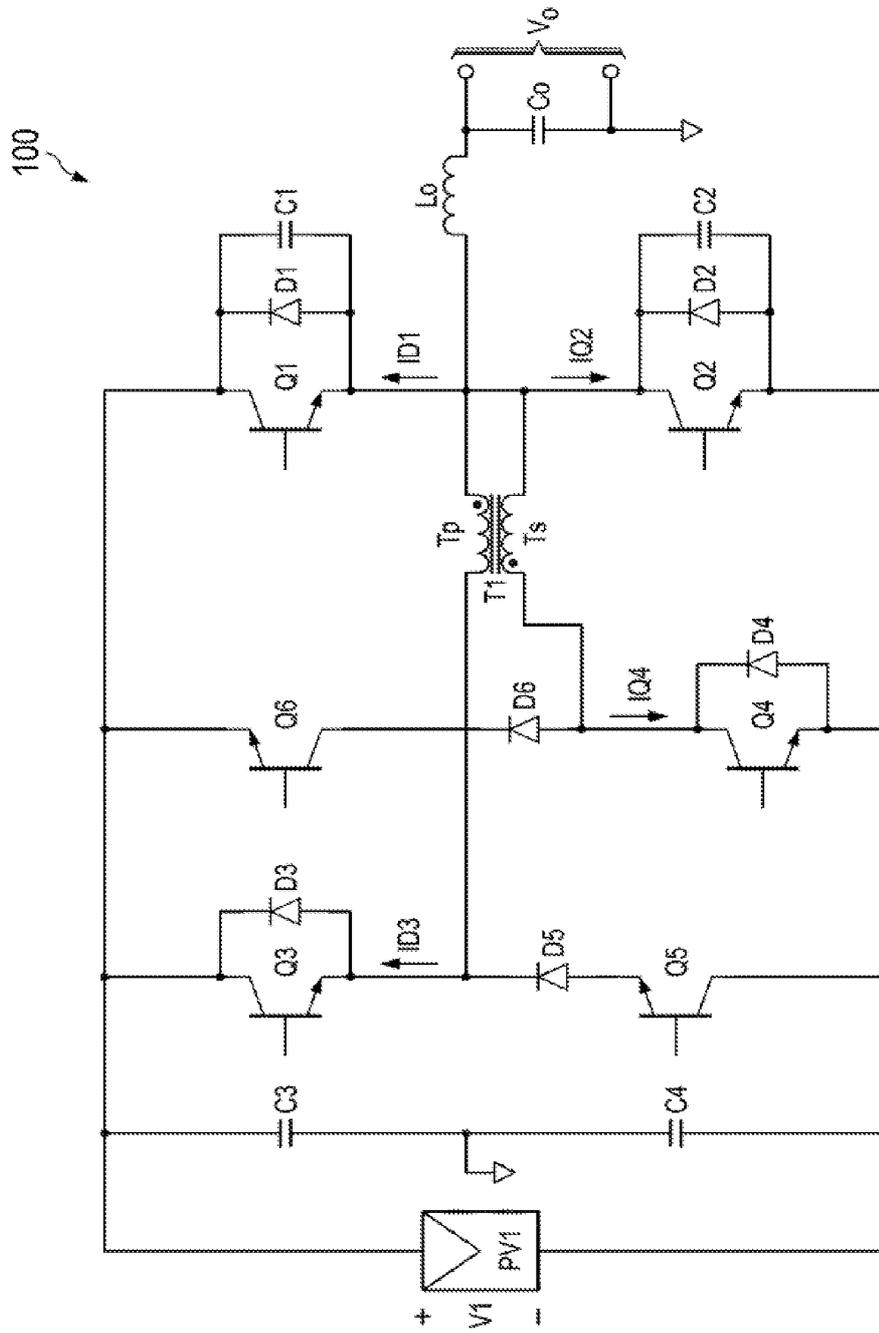


FIG. 4

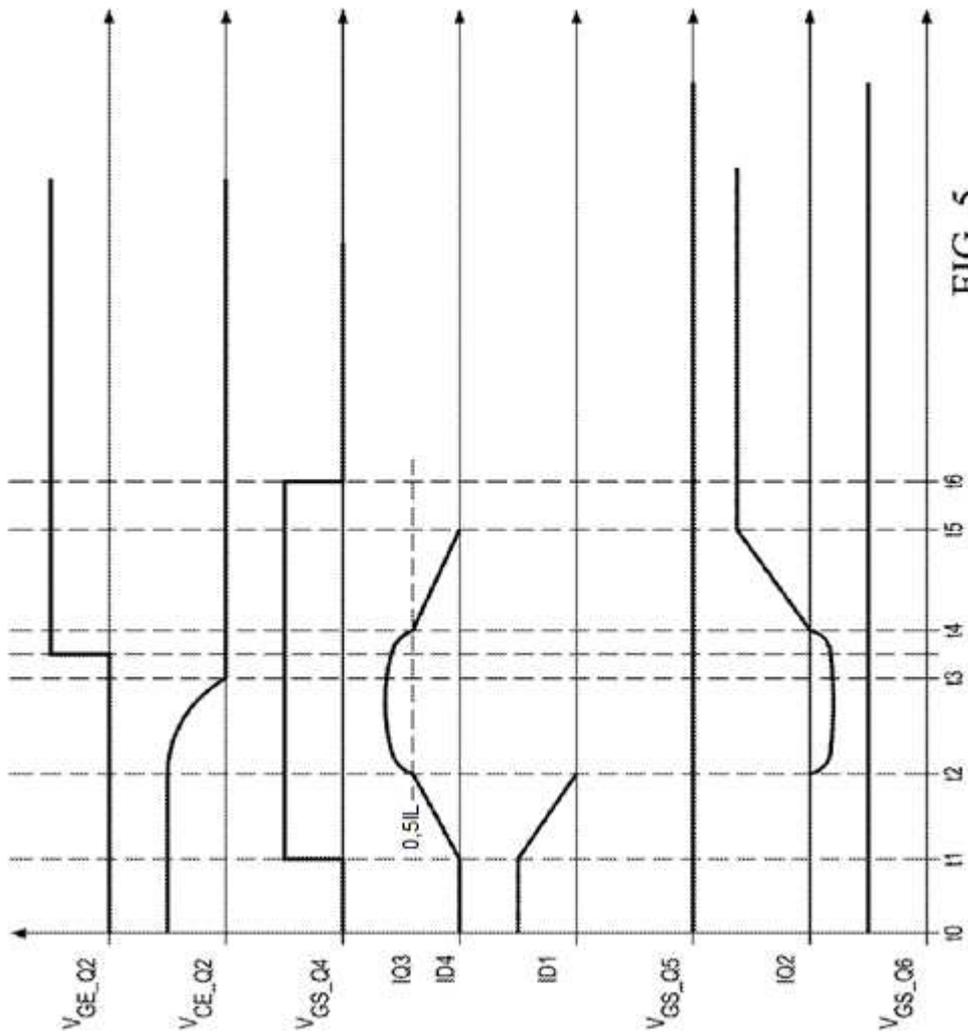


FIG. 5

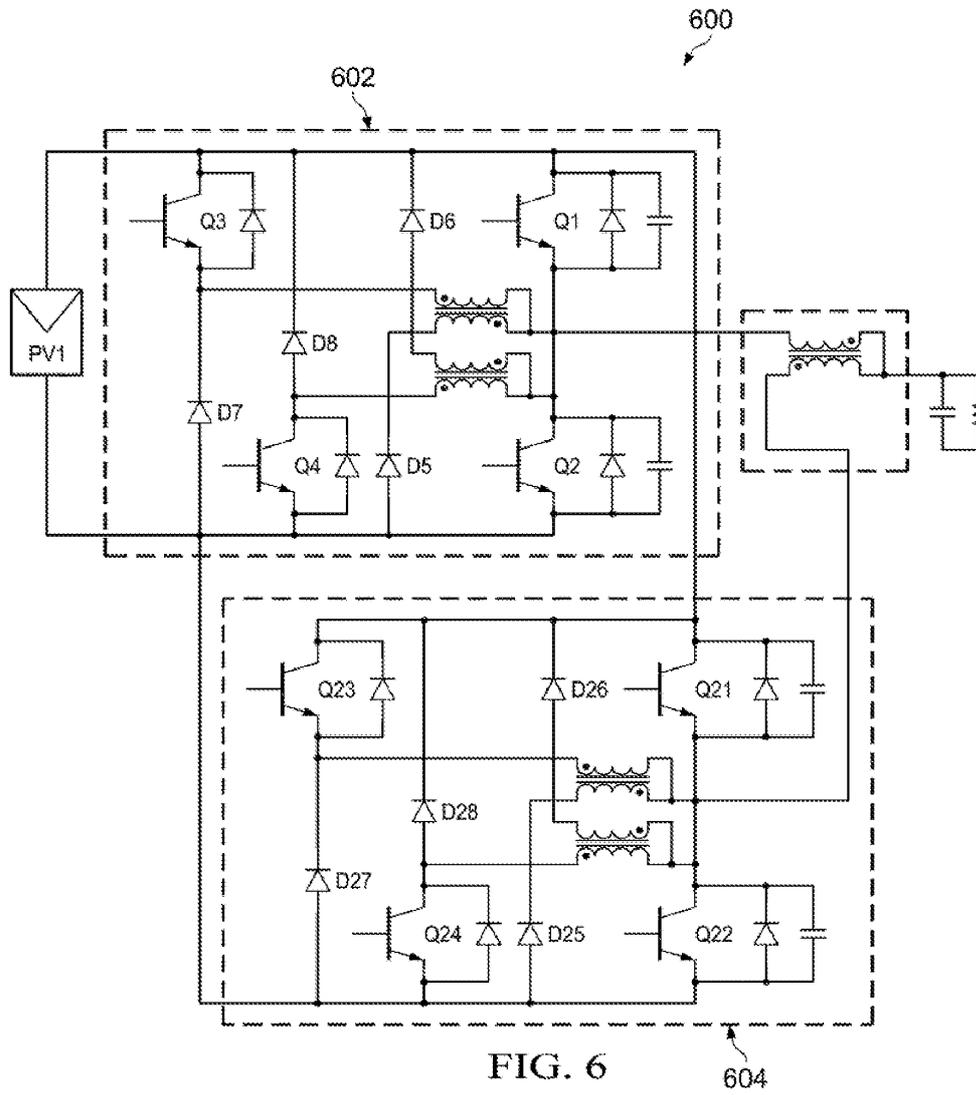


FIG. 6

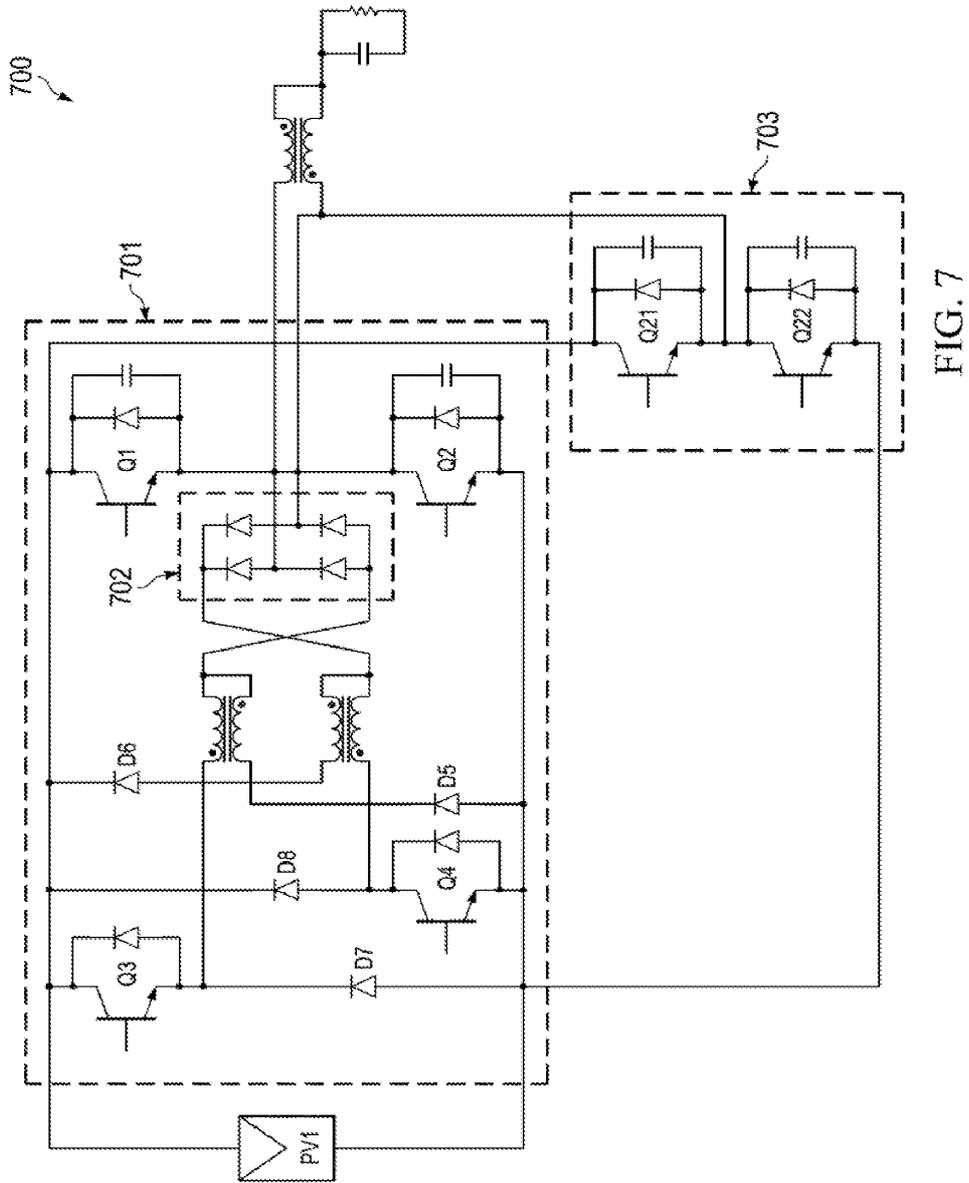


FIG. 7

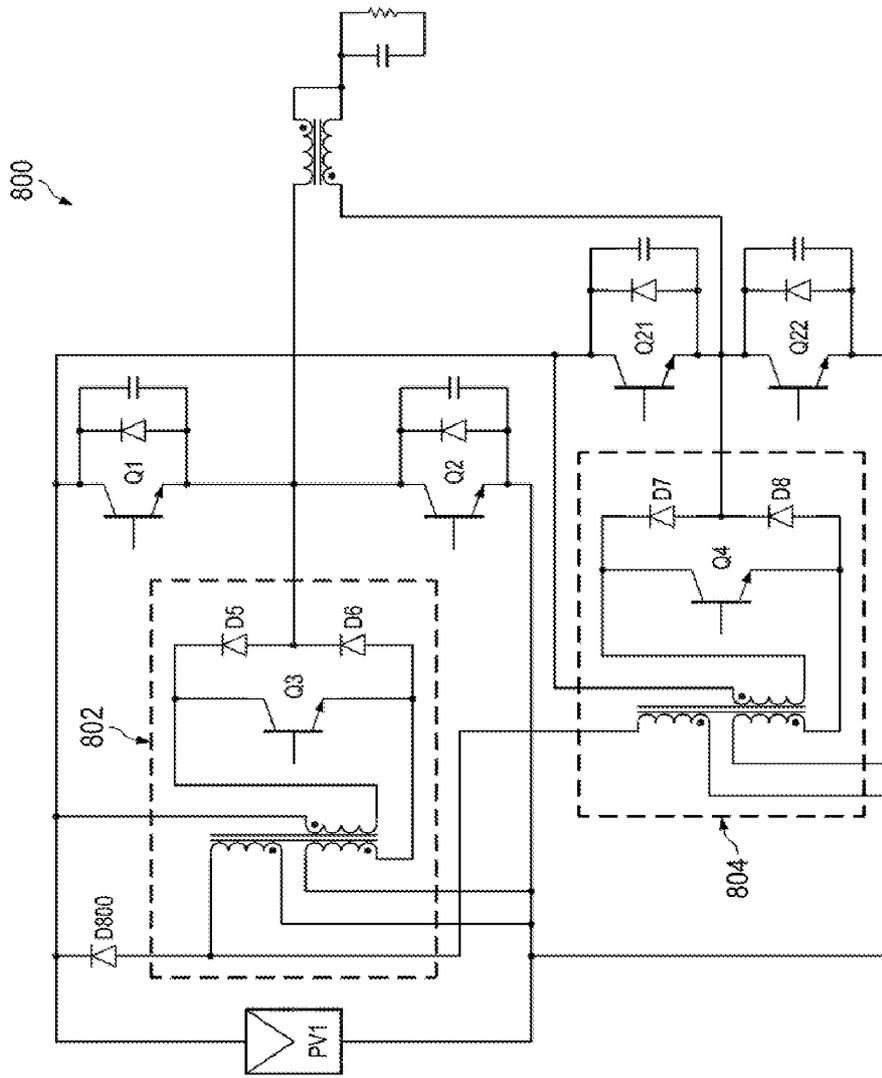


FIG. 8

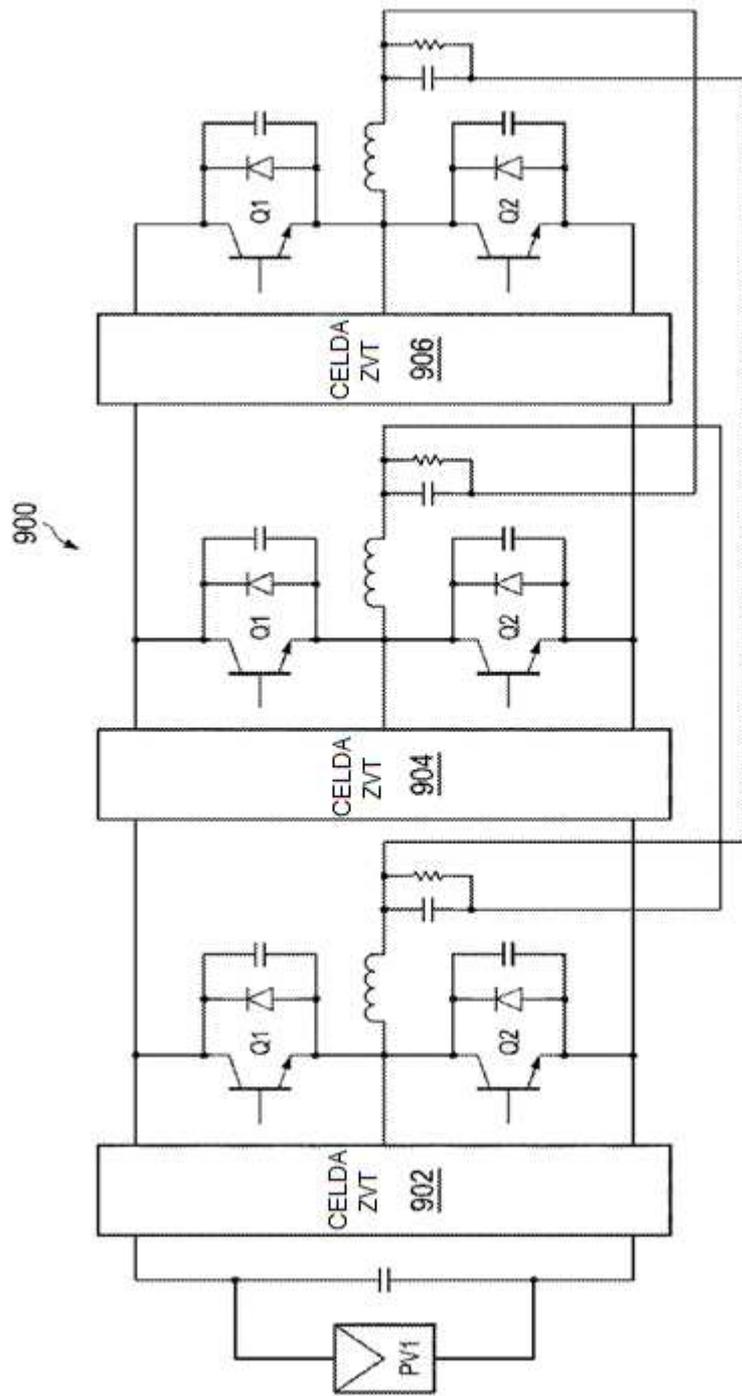


FIG. 9

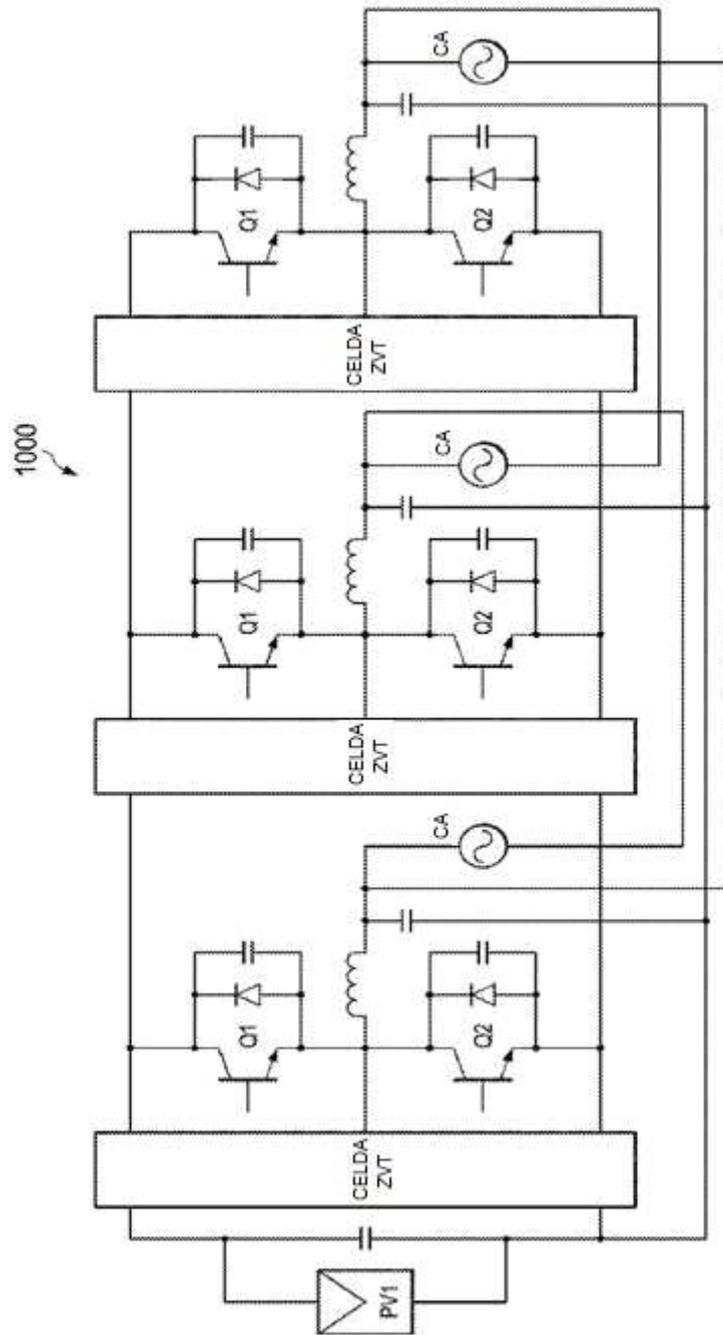


FIG. 10

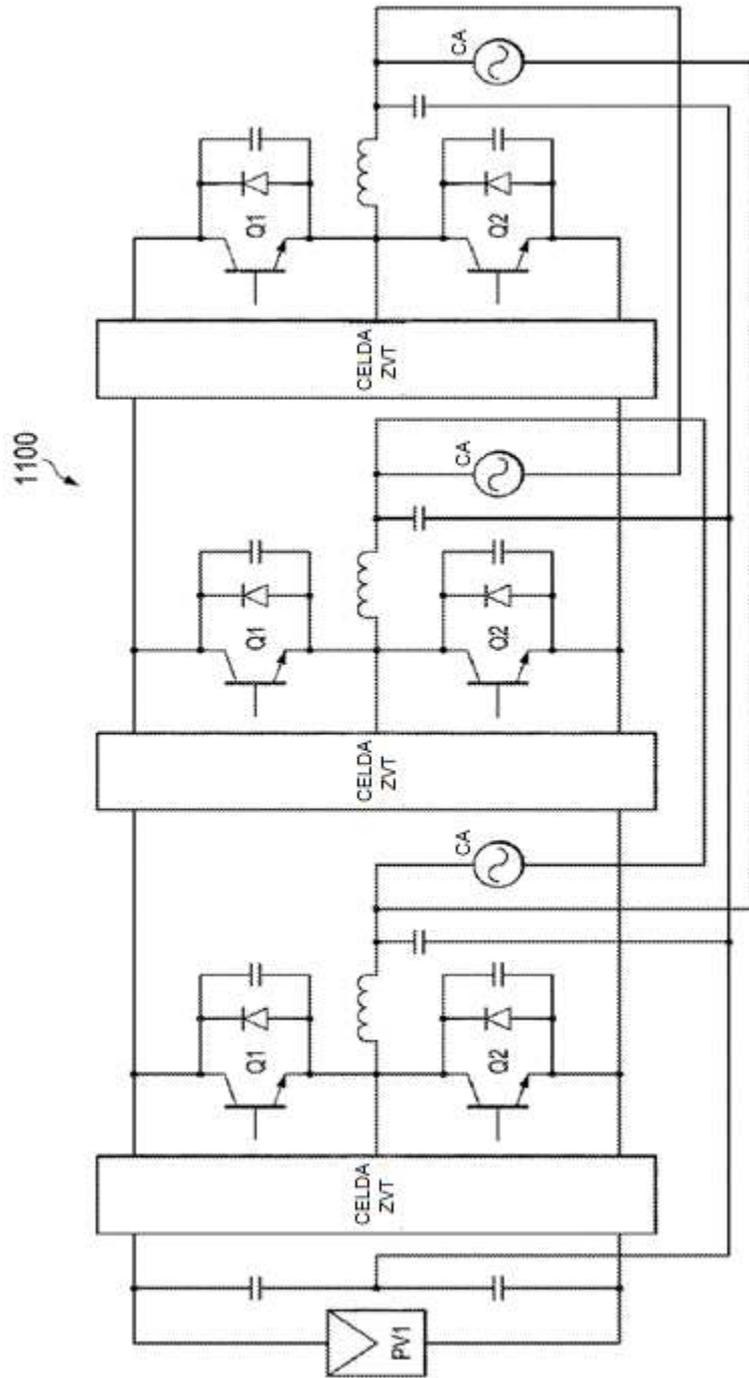


FIG. 11