

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 062**

51 Int. Cl.:

H02M 1/08 (2006.01)

H02M 3/335 (2006.01)

H03K 17/56 (2006.01)

H05B 33/08 (2006.01)

H02M 7/48 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2017 PCT/EP2017/058658**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.10.2017 WO17178477**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2017 E 17716885 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019 EP 3443649**

54 Título: **Convertidores resonantes de medio puente, circuitos que los utilizan y procedimientos de control correspondientes**

30 Prioridad:

14.04.2016 EP 16165365

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

30.03.2020

73 Titular/es:

**SIGNIFY HOLDING B.V. (100.0%)
High Tech Campus 48
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**OP HET VELD, JOHANNES, HUBERTUS,
GERARDUS;
JOHN, DAVID, LLEWELLYN;
ELFERICH, REINHOLD y
JANS, WILLIAM, PETER, MECHTILDIS, MARIE**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 751 062 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

Convertidores resonantes de medio puente, circuitos que los utilizan y procedimientos de control correspondientes

5 CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a la utilización de convertidores resonantes de medio puente. A modo de ejemplo, dichos convertidores resonantes pueden utilizarse para formar parte de un convertidor de potencia, a fin de proporcionar una conversión de CA/CC, una conversión de CC/CC, una conversión CA/CC con corrección del factor de potencia o una conversión CC/CA, es decir, una inversión.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los así llamados convertidores resonantes presentan un circuito resonante, que puede ser un circuito resonante serie, paralelo o serie-paralelo. A la hora de configurar los convertidores, uno de los objetivos es mantener las pérdidas bajas. Por ejemplo, los convertidores resonantes que comprenden un circuito resonante serie-paralelo LLC que presentan dos inductancias y una capacitancia son conocidos. Dichos convertidores presentan la ventaja de permitir una operación eficiente en términos energéticos con pérdidas de conmutación relativamente bajas.

Los convertidores resonantes LLC son conocidos por su utilización dentro de los controladores LED. Los convertidores pueden configurarse u operarse como una fuente de corriente constante o una fuente de tensión constante. Como fuente de corriente constante, se los puede utilizar para accionar una disposición de LED directamente, activando, por consiguiente, un controlador de etapa única. Pueden utilizarse fuentes de tensión constantes, por ejemplo, para los módulos LED que presentan más electrónica de controladores a fin de asegurar una fuente de alimentación a los LED con una corriente predeterminada desde la tensión de salida proporcionada por la fuente de tensión constante.

El convertidor LLC comprende una disposición de conmutación (a la que, junto con la disposición de accionamiento de la puerta, se hace referencia, de manera general como inversor) para controlar la operación de conversión, y la conmutación se controla utilizando el control de retroalimentación o la acción de control predictiva, a fin de generar la salida requerida.

Otra función implementada dentro de un convertidor de potencia que se suministra con la potencia de alimentación eléctrica (u otra CA) es la corrección del factor de potencia (PFC). El factor de potencia en un sistema de potencia eléctrica de CA se define como la relación de la potencia real que fluye a la carga a la potencia aparente en el circuito. Un factor de potencia de menos de uno significa que las formas de onda de la tensión y la corriente están desfasadas, lo que reduce el producto instantáneo de las dos formas de onda. La potencia real es la capacidad del circuito de realizar el trabajo en un tiempo particular. La potencia aparente es el producto de la corriente y la tensión del circuito. Debido a la energía almacenada en la carga y regresada a la fuente, o debido a una carga no lineal que distorsiona la forma de onda de la corriente obtenida desde la fuente, la potencia aparente será mayor que la potencia real.

Si la fuente de alimentación está operando a un factor de baja potencia, una carga sacará más corriente para la misma cantidad de potencia útil transferida que para un factor de alta potencia.

El factor de potencia se puede incrementar mediante la corrección del factor de potencia. Para las cargas lineales, esto puede involucrar la utilización de una red pasiva de capacitores o inductores. Por lo general, las cargas no lineales requieren una corrección activa del factor de potencia para contrarrestar la distorsión y aumentar el factor de potencia. La corrección del factor de potencia trae el factor de potencia del circuito de potencia de CA más cerca de 1 mediante el suministro de poder reactivo de signo opuesto, añadiendo capacitores o inductores que actúan para cancelar los efectos inductivos o capacitivos de la carga.

La PFC activa utiliza electrónica de potencia para cambiar la forma de onda de la corriente que obtiene una carga a fin de mejorar el factor de potencia. Los circuitos de PFC activa pueden, por ejemplo, basarse en topologías de convertidores en modo conmutado de rechazo, reinicio o rechazo-reinicio. La corrección activa del factor de potencia puede ser de etapa única o de etapas múltiples.

En el caso de un suministro de potencia de modo conmutado, un convertidor de refuerzo de PFC, por ejemplo, se inserta entre el rectificador de puente y el capacitor de almacenamiento de la alimentación eléctrica. El convertidor de refuerzo intenta mantener una tensión del bus de CC constante en su salida, mientras que obtiene una corriente con la que siempre está en fase y en la misma frecuencia que la tensión de la línea. Otro convertidor de modo conmutado dentro de la fuente de alimentación produce la tensión o corriente de salida deseada desde el bus de CC.

Debido a su muy amplio intervalo de tensión de entrada, muchas fuentes de alimentación con PFC activa pueden ajustarse automáticamente para operar con potencia de CA, por ejemplo, de 110 a 277 V.

La corrección del factor de potencia puede implementarse en un circuito de corrección del factor de potencia (llamado preregulador), por ejemplo, ubicado entre la fuente de alimentación (eléctrica) y el convertidor de potencia de modo

conmutado que después acciona la carga. Esto forma un sistema de doble etapa y es la configuración típica para las aplicaciones LED de alta potencia (por ejemplo, de más de 25 W). La corrección del factor de potencia puede, en cambio, estar integrada en el convertidor de potencia de modo conmutado, lo que después forma un sistema de doble etapa.

5 En este caso, hay un tanque resonante único y una disposición de conmutación, que después implementa tanto la corrección del factor de potencia como el control de la relación de conversión entre la entrada y la salida, a fin de mantener la salida deseada (la corriente, en el caso de un controlador LED) que se suministra a la carga.

10 Los convertidores LLC de CC/CC son ya sea operados a una tensión de suministro de CC (por ejemplo, 48 V en telecomunicaciones o aplicaciones de centros de datos) o se utilizan como la segunda etapa de una fuente de alimentación eléctrica o un controlador LED de dos etapas, en los que la etapa de interfaz de usuario (el preregulador de la corrección del factor de potencia) proporciona la corrección del factor de potencia y también genera una tensión del bus que forma la tensión de entrada de CC para el LLC.

15 En la Figura 1, se muestra un ejemplo de un convertidor resonante de CA/CC.

20 El circuito comprende un terminal de entrada de CC 2 (etiquetado como B en la Figura 1 y todas las demás figuras) que se conecta a un medio puente que presenta un primer conmutador de potencia 28 y un segundo conmutador de potencia 30. El primer conmutador y el segundo conmutador pueden ser idénticos, y el medio puente puede ser operado, por ejemplo, en un ciclo de trabajo simétrico del 50%. Estos conmutadores pueden presentar la forma de transistores de efecto de campo.

25 Un circuito de tanque resonante 25 se conecta a un nodo de conmutación, etiquetado como X en la Figura 1 y todas las demás figuras entre los dos conmutadores 28, 30.

30 La sincronización de operación de cada conmutador es controlada por su tensión de puerta. A tal fin, hay un bloque de control 31 (incluyendo un suministro de baja tensión). El bloque 31 recibe una señal de control CTRL para controlar las tensiones de puerta y la tensión de suministro SUP. La retroalimentación (no se muestra) se utiliza para determinar la sincronización del control de los conmutadores 28, 30. La salida del circuito de tanque resonante 25 se conecta a un rectificador 32 y después a la carga, en paralelo con un capacitor de suavizado C_{dc} .

35 Durante la operación del convertidor, el mando 31 controla los conmutadores, a una frecuencia particular y de una manera complementaria.

La Figura 2 muestra un ejemplo más detallado del circuito de la Figura 1.

40 En este ejemplo, el tanque resonante 25 presenta la forma de un circuito resonante LLC y puede utilizarse para formar una etapa de PFC. Por consiguiente, el circuito puede utilizarse como un preregulador de PFC por tener una tensión de salida controlada. También podría utilizarse como un controlador LED de etapa única por tener una corriente de salida controlada.

45 El circuito comprende una entrada de alimentación eléctrica 10 que es seguido por un puente del rectificador 12 que presenta un capacitor de filtro de alta frecuencia 14 en la salida. Esto genera el suministro para el terminal de entrada 2 (nodo B) de la Figura 1.

50 Este ejemplo muestra un convertidor con una salida aislada. A tal fin, el convertidor comprende un circuito de lado principal 16 y un lado secundario 18. Hay un aislamiento eléctrico entre el circuito de lado principal 16 y el lado secundario 18. Un transformador comprende una bobina principal 20 y, para el aislamiento, se proporciona una bobina secundaria 22. El transformador presenta una inductancia magnetizante 20 que también actúa como una de las inductancias del circuito resonante LLC en serie. El circuito resonante LLC 25 presenta una segunda inductancia 24 y una capacitancia (formada como dos capacitores 26 y 27 en este ejemplo).

55 En un circuito LLC, las inductancias y el capacitor pueden estar en cualquier orden en serie. El inductor puede comprender componentes discretos o puede implementarse como inductancias de pérdida del transformador.

El circuito del lado principal 16 comprende el medio puente 28, 30 y el circuito de tanque resonante 25.

60 El bloque de control 31 se muestra esquemáticamente incluyendo dos fuentes de tensión.

El lado secundario 18 presenta un rectificador 32 que se conecta corriente abajo de la bobina secundaria 22 y que puede formarse, por ejemplo, por medio de una primera disposición de diodos 32a y 32b y una segunda disposición de diodos 34a y 34b.

65 La Figura 2 muestra un rectificador de puente completo y una bobina secundaria única que se acopla en sus extremos al circuito rectificador. El capacitor de almacenamiento de baja frecuencia (por ejemplo, 100 Hz) C_{dc} se conecta entre

las salidas del rectificador.

En esta figura, la carga de LED u otra etapa de salida se representa mediante un resistor. Comprende un LED o una pluralidad de LED.

5 El circuito que se muestra en la Figura 2 es, por consiguiente, un convertidor de CA/CC de PFC, que comprende una entrada de CA 10, un rectificador 12, un inversor de medio puente que comprende un conmutador del lado de alta tensión (el primer conmutador de potencia 28) y un conmutador del lado de baja tensión (el segundo conmutador de potencia 30), en el que una salida se define desde un nodo de conmutación X entre los conmutadores. El circuito LLC autooscilante 20, 24, 26, 27 se acopla a la salida.

10 La Figura 3 muestra una topología de medio puente LLC alternativa, como una modificación a la Figura 2 (y que muestra la conversión de CC/CC) en la que la bobina secundaria 22 presenta un centro de golpe y el rectificador de onda completa 32 entonces se implementa por medio de dos diodos. El capacitor LLC también se muestra como un componente único 35.

15 El convertidor de medio puente que se mostró anteriormente puede utilizarse en un convertidor de CA/CC de PFC (etapa única), un convertidor de CC/CC o un convertidor de CA/CC sin implementar la corrección del factor de potencia. En el caso de un convertidor CC/CC, el puente del rectificador 12 y el capacitor del filtro 14 simplemente se omiten, como en las Figuras 1 y 3. El convertidor de medio puente también puede utilizarse en un convertidor de CC/CA, es decir, un inversor resonante de medio puente. El circuito de tanque resonante 25 también puede ser de otros tipos, y la invención no se limita a los circuitos LLC.

20 En el caso de la conversión de CC/CA, una carga se conecta a la salida del circuito de tanque resonante, mientras que, en el caso de la conversión de CC/CC o CA/CC, la carga se conecta mediante la red del rectificador activo o pasivo al circuito de tanque resonante.

25 Los convertidores resonantes de medio puente ya se utilizan en muchas aplicaciones, como los convertidores de CC/CA para aplicaciones de iluminación, por ejemplo, circuitos de lámparas de descarga de alta y baja presión, y los convertidores de CC/CC, por ejemplo, los suministros de potencia de CC y los controladores de LED.

30 El bloque de control 31 acciona los dos conmutadores de tensión 28, 30 para conducir en una secuencia alterna de encendido y apagado, con una pequeña fase sin conducción (tiempo muerto) utilizada para evitar la conducción cruzada de los conmutadores de potencia. Una alta señal de accionamiento de puerta enciende un conmutador y apaga el otro, y una baja señal de accionamiento de puerta apaga un conmutador y enciende el otro. La ventaja de utilizar un convertidor resonante de medio puente es que la corriente que fluye al nodo de conmutación X presenta un retardo de fase, con respecto a la tensión del nodo de conmutación V_x , y puede servir para descargar la capacitancia de salida (parasítica) del conmutador antes de que el mismo se encienda.

35 A este procedimiento se hace referencia como Conmutación de tensión cero (ZVS) e implica cero pérdidas de conmutación debido a la capacitancia de salida parasítica. Si la corriente de salida no es suficientemente grande o incluso cero y además depende de las condiciones de operación (en términos del medio puente, la salida y la tensión del capacitor resonante), descargar la capacitancia de salida parasítica se alcanzará parcial o totalmente mediante el conmutador de potencia que resulta en una conmutación dura. Esto resulta en pérdidas de conmutación que dependen de la frecuencia de conmutación, la capacitancia

40 de salida parasítica del conmutador y la tensión a lo largo de la capacitancia parasítica en el encendido. A fin de reducir las pérdidas de conmutación, se puede aplicar la Conmutación de valle (VS), lo que provoca que un conmutador se encienda con una tensión mínima que lo cruce. La conmutación de valle puede implementarse por medio de un mecanismo de detección de final de pendiente. La conmutación de tensión cero es un caso especial de conmutación de valle, donde la tensión es mínima y cero.

45 A fin de evitar la sincronización crítica del encendido del conmutador, se puede colocar un diodo de manera antiparalela al conmutador de potencia 28, 30, en caso de utilizar un transistor de unión bipolar. Este diodo antiparalelo puede omitirse para un transistor metal-óxido-semiconductor de efecto de campo (MOSFET) porque ya cuenta con un diodo de cuerpo adentro. El diodo antiparalelo comenzará a conducir si el conmutador no se enciende de inmediato después de que haya ocurrido la descarga de la tensión a lo largo del conmutador y, entonces, el conmutador podrá accionarse un poco después cuando finalmente se encienda.

50 La conmutación de tensión cero asegura que la tensión a lo largo del conmutador sea cero antes de que se encienda y, como tal, elimina las pérdidas de conmutación, lo que hace que la operación de alta frecuencia (HF) sea posible. La operación de HF permite una reducción en el tamaño de los componentes capacitivos e inductivos utilizados en el circuito de tanque resonante, lo que hace posible que haya diseños más pequeños y menos costosos.

55 En estos circuitos, el primer conmutador de potencia 28 conectado a la alimentación eléctrica rectificadora (u otra entrada de CC) necesita una señal de accionamiento que debería estar cerca de la tensión del nodo de conmutación V_x que

puede oscilar desde la tensión de conexión a tierra hasta la de alimentación eléctrica rectificadora alta (u otra tensión de CC) en el terminal 2 para la conmutación entre encendido y apagado. Esto significa que se necesita una función de cambio de nivel.

5 La Figura 4 muestra un transformador del controlador para este fin. Hay dos bobinas secundarias 40, 42, cada una de las cuales se conecta a lo largo de la fuente y el drenaje de uno de los conmutadores de potencia respectivos 28, 30. La bobina secundaria 40 establece la tensión de puerta del primer conmutador de potencia 28 en relación al nodo de conmutación X y la bobina secundaria 42 establece la tensión de puerta del segundo conmutador de potencia 30 en relación con la conexión a tierra. Las bobinas secundarias presentan polaridad opuesta a fin de proporcionar la conmutación complementaria.

La Figura 5 muestra un circuito integrado de cambio de nivel de tensión 50 que presenta una unidad de cambio de nivel 52 y circuitos del controlador de puerta 54, 56 para el primer y el segundo conmutador de potencia 28, 30.

15 A modo de ejemplo, puede desearse implementar frecuencias de conmutación tan altas como, o incluso más altas que, 1 MHz y con una tensión de alimentación eléctrica rectificadora máxima de 375 V. Este nivel de tensión debería ser capaz de incrementarse a al menos 500 V, evitando aún el daño a los conmutadores y circuitos de accionamiento durante las sobretensiones de la alimentación eléctrica.

20 Las dos implementaciones de cambio de nivel mostradas presentan desventajas.

Es posible utilizar un cambiador de nivel del transformador tanto para la operación de baja frecuencia como la de alta frecuencia y, en efecto, es posible alcanzar una tensión de aislamiento de 500 V. Sin embargo, obtiene cuatro veces más potencia que la necesaria para alimentar la carga de la puerta del conmutador de potencia y la inductancia de pérdida inevitable en el transformador provoca oscilaciones. En el caso de las aplicaciones de baja frecuencia, la disipación adicional puede no ser un problema, pero para las aplicaciones de alta frecuencia, la disipación adicional de potencia sí lo será. Adicionalmente, las medidas de supresión de oscilaciones que puedan requerirse provocan graves retrasos en el encendido/apagado, los cuales podrían no ser aceptables en operaciones de alta frecuencia.

30 El cambiador de nivel de CI de alta tensión actualmente solo está disponible para la operación de baja frecuencia, de no más de alrededor de 1 MHz.

Esta invención se refiere a una mejora al sistema para generar y aplicar las señales de control a los conmutadores de potencia del convertidor de medio puente para abordar los problemas explicados anteriormente.

35 El documento de los EE.UU. 2012/0319744 describe un convertidor de medio puente que incluye un transformador con un conmutador del lado de alta tensión acoplado entre un primer terminal de entrada y un bobinado principal del transformador. Un conmutador del lado de baja tensión se acopla entre un segundo terminal de entrada y el bobinado principal. Un primer circuito de control se acopla al primer terminal de entrada y el bobinado principal para controlar el conmutador del lado de alta tensión en respuesta a una velocidad de cambio de tensión con respecto al tiempo a lo largo del conmutador del lado de alta tensión mientras el conmutador del lado de alta tensión está apagado. Un segundo circuito de control acoplado al bobinado principal y el segundo terminal de entrada para controlar el conmutador del lado de baja tensión en respuesta a una velocidad de cambio de tensión con respecto al tiempo a lo largo del conmutador del lado de baja tensión mientras el conmutador del lado de baja tensión está apagado.

45 El documento EP 2980993 describe un dispositivo operativo para una fuente de luz que comprende un conmutador controlable que presenta una puerta. Un circuito del controlador de puerta se acopla a la puerta del conmutador controlable. El circuito del controlador de puerta comprende una inductancia que forma un circuito de resonancia con una capacitancia de la puerta del conmutador controlable.

50 El documento de los EE.UU. 6222744 describe un circuito de accionamiento que proporciona potencia aislada para los controladores de puerta de los transistores IGBT y DMOS utilizados en los inversores. El circuito de accionamiento proporciona potencia a un controlador de puerta aislado que recibe una tensión de control y, en respuesta a la tensión de control, utiliza la potencia desde el circuito de accionamiento para producir una señal de control de puerta que se acopla a un transistor bipolar de puerta aislado. El circuito de accionamiento incluye un circuito de arranque acoplado a una tensión de suministro, un circuito resonante acoplado al circuito de arranque y la tensión de suministro y un circuito del rectificador acoplado al circuito de arranque y el circuito resonante, y con la lógica para producir una señal de potencia que se acopla al controlador de puerta aislado, el circuito del rectificador también se acopla al controlador de puerta aislado en un nodo común.

60 RESUMEN DE LA INVENCION

La invención se define por medio de las reivindicaciones.

65 Los ejemplos según un primer aspecto de la invención proporcionan un convertidor resonante de medio puente, que comprende:

un par de líneas de tensión CC que comprenden una línea de alta tensión y una línea de baja tensión;
 un inversor de medio puente que comprende un conmutador del lado de alta tensión y un conmutador del lado de
 5 baja tensión en serie entre la línea de alta tensión y la línea de baja tensión, en el que una salida del inversor de
 medio puente se define desde un nodo de conmutación entre el conmutador del lado de alta tensión y el
 conmutador del lado de baja tensión;
 un circuito resonante acoplado a la salida del inversor de medio puente;
 un primer circuito de generación para generar una primera tensión de suministro desde la línea de alta tensión y
 desde la tensión en el nodo en el que el primer circuito de generación comprende:
 10 una primera entrada para recibir una tensión entre el nodo y el circuito resonante; un circuito de bomba de carga
 para convertir una tensión de CA en la primera entrada en una tensión de CC y almacenarla en un primer capacitor
 de salida como una salida del primer circuito de generación en la primera tensión de suministro; y
 un transistor de suministro entre la línea de alta tensión y la salida del primer circuito de generación; un segundo
 15 circuito de generación para generar una segunda tensión de suministro desde la línea de baja tensión y desde la
 tensión en el nodo;
 un primer circuito de control para generar una señal de accionamiento de puerta para controlar la conmutación del
 conmutador del lado de alta tensión dependiendo de un parámetro de retroalimentación eléctrica, en el que el
 primer circuito de control presenta como su suministro de tensión de referencia la tensión en el nodo y la primera
 20 tensión de suministro mayor que la tensión en el nodo de conmutación; y un segundo circuito de control para
 generar una señal de accionamiento de puerta para controlar la conmutación del conmutador del lado de baja
 tensión dependiendo del parámetro de retroalimentación eléctrica, en el que el segundo circuito de control presenta
 como su suministro de tensión de referencia la línea de baja tensión y la segunda tensión de suministro mayor que
 la tensión en la línea de baja tensión.

25 Tanto el primer como el segundo circuito de control pueden considerarse como parte del inversor.

Este convertidor utiliza circuitos separados para generar las señales de accionamiento de puerta para los dos
 conmutadores de potencia del inversor, cada uno con su propio dominio de tensión. De este modo, los circuitos pueden
 30 utilizar principalmente componentes de baja tensión, con el número de componentes de alta tensión reducido a un
 mínimo.

Un circuito hace referencia a la conexión a tierra y el otro al nodo de conmutación entre el conmutador del lado de alta
 tensión y el conmutador del lado de baja tensión. Esto elimina la necesidad de un transformador del controlador o un
 35 circuito de alta tensión integrado. Los dos circuitos de control pueden estar diseñados para proporcionar una
 conmutación de tensión cero cuando sea posible o una conmutación de valle de no ser así, a fin de eliminar o reducir
 las pérdidas de conmutación siempre que sea posible.

El convertidor preferentemente comprende un primer circuito de generación para generar la primera tensión de
 suministro desde la línea de alta tensión y desde la tensión en el nodo de conmutación entre el conmutador del lado
 40 de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión, y generar un segundo circuito de generación para generar la
 segunda tensión de suministro desde la línea de baja tensión y desde la tensión en el nodo de conmutación entre el
 conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión.

De este modo, la alta tensión de suministro para cada circuito de control se deriva de las dos tensiones de suministro
 45 y la tensión en el nodo de conmutación entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja
 tensión. Los circuitos de generación pueden utilizar componentes de alta tensión, pero, después, las tensiones de
 suministro generadas permiten que los circuitos de control se formen como circuitos de baja tensión.

El circuito de generación puede utilizarse solo durante el arranque del circuito, antes de que se haya asentado la
 50 oscilación. Una vez que el circuito está oscilando, parte de los circuitos de generación podrían desactivarse.

El primer circuito de generación puede comprender:

una primera entrada para recibir una tensión entre (i) el nodo de conmutación entre el conmutador del lado de alta
 55 tensión y el conmutador del lado de baja tensión y (ii) el circuito resonante; un circuito de bomba de carga para
 convertir la tensión de CA en la primera entrada en una tensión de CC y almacenarla en un primer capacitor de
 salida como la salida del primer circuito de generación en la primera tensión de suministro; y un transistor de
 suministro entre la línea de alto voltaje y la salida del primer circuito de generación.

El transistor de suministro puede ser el único componente de alta tensión requerido. Se utiliza para proporcionar un
 60 suministro de potencia durante el arranque. La tensión de retroalimentación desde el circuito resonante, es decir, la
 primera entrada, entonces puede utilizarse para proporcionar el suministro de potencia para controlar la conmutación
 de medio puente.

El segundo circuito de generación puede comprender:

una segunda entrada para recibir una tensión entre el circuito resonante y la línea de baja tensión; un circuito de bomba de carga para convertir la tensión de CA en la segunda entrada en una tensión de CC y almacenarla en un segundo capacitor de salida como la salida del segundo circuito de generación en la segunda tensión de suministro;

5 y un transistor de suministro entre (i) el nodo de conmutación entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión y (ii) la salida del segundo circuito de generación.

10 De nuevo, el transistor de suministro puede ser el único componente de alta tensión requerido y se utiliza para proporcionar un suministro de potencia durante el arranque. La tensión de retroalimentación desde el circuito resonante, es decir, la primera entrada, entonces puede utilizarse para proporcionar el suministro de potencia para controlar la conmutación de medio puente.

15 Tanto el primer como el segundo circuito de generación pueden emplear bobinados auxiliares dedicados, agregados al transformador (cuando se utiliza uno). A estos se los puede considerar como

tensiones de suministro de AC de alta frecuencia flotantes conectados con un primer terminal ya sea a la tierra (para el primer circuito de generación) o el nodo de conmutación (para el segundo circuito de generación), mientras que el segundo terminal respectivo se conecta a un diodo del rectificador que suministra el dominio de la tensión.

20 El primer circuito de control puede comprender:

un primer circuito de detección de final de pendiente que presenta como entrada la línea de alta tensión; un primer elemento de bloqueo disparado por el circuito de detección de final de pendiente y que genera una primera señal de control para conmutar el conmutador del lado de alta tensión a un primer estado; y
25 un primer generador de señal para generar una segunda señal de control para conmutar el conmutador del lado de alta tensión a un segundo estado.

30 En este circuito, el primer estado puede ser un estado de ENCENDIDO. Por consiguiente, la transición de ENCENDIDO se genera a partir de la detección del final de pendiente, lo que asegura que el conmutador se encenderá con la mínima tensión a lo largo de su capacitancia de salida parasítica. Esto permite que se implemente la ZVS o la VS.

35 El primer generador de señal puede presentar una entrada de referencia para controlar la duración del primer estado. Esta entrada de referencia puede ser generada por una división resistiva entre las líneas de alta y baja tensión. Controla el tiempo de ENCENDIDO del conmutador del lado de alta tensión.

El segundo circuito de control puede comprender:

40 un segundo circuito de detección de final de pendiente que presenta como entrada el nodo de conmutación; un segundo elemento de bloqueo disparado por el circuito de detección de final de pendiente y que genera una tercera señal de control para conmutar el conmutador del lado de baja tensión a un primer estado; y un segundo generador para generar una cuarta señal de control para conmutar el conmutador del lado de baja tensión a un segundo estado.

45 De nuevo, el primer estado puede ser el estado ENCENDIDO y el segundo estado es, entonces, el estado APAGADO. El segundo generador de señal, por ejemplo, presenta una entrada de control de retroalimentación para controlar la duración del primer estado, dependiendo del parámetro de retroalimentación eléctrica.

50 El parámetro de retroalimentación eléctrica, por ejemplo, comprende una tensión que depende de la corriente de salida suministrada por el convertidor a una carga.

Es posible proporcionar un transformador entre el circuito resonante y una carga de salida. Esto permite el aislamiento de la salida. El circuito resonante, por ejemplo, comprende un circuito LLC.

55 La invención también proporciona un aparato que comprende:

el convertidor, como se definió anteriormente; y la carga de salida.

60 La carga de salida puede ser una disposición LED de uno o más LED.

Los ejemplos según otro aspecto de la invención proporcionan un procedimiento de conversión que comprende:

65 operar un inversor de medio puente que comprende un conmutador del lado de alta tensión y un conmutador del lado de baja tensión entre una línea de alta tensión de CC y una línea de baja tensión de CC, utilizando una señal de accionamiento de puerta y proporcionando una salida desde un nodo de conmutación entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión;

proporcionar la salida del inversor de medio puente a un circuito resonante;
 generar una señal de accionamiento de puerta utilizando un primer circuito de control, para controlar la
 conmutación del conmutador del lado de alta tensión dependiendo de un parámetro de retroalimentación eléctrica,
 en el que el primer circuito de control presenta como su suministro de tensión de referencia la tensión en el nodo
 5 de conmutación entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión y una primera
 tensión de suministro mayor que la tensión en el nodo de conmutación entre el conmutador del lado de alta tensión
 y el conmutador del lado de baja tensión; generar una primera tensión de suministro desde la línea de alta tensión
 de CC y desde la tensión en el nodo, lo que comprende las siguientes etapas del procedimiento:
 recibir una tensión entre el nodo y el circuito resonante;
 10 convertir una tensión de CA en una primera entrada en tensión de CC y almacenarla en un primer capacitor de
 salida como una salida; y
 generar una señal de accionamiento de puerta utilizando un segundo circuito de control para controlar la
 conmutación del conmutador del lado de baja tensión dependiendo del parámetro de retroalimentación eléctrica,
 en la que el segundo circuito de control presenta como su suministro de tensión de referencia la línea de baja
 15 tensión y una segunda tensión de suministro mayor a la tensión en la línea de baja tensión.

Este procedimiento utiliza circuitos separados para generar las señales de accionamiento de puerta para los dos
 conmutadores de potencia del inversor, cada uno con su propio dominio de tensión. De este modo, los circuitos pueden
 utilizar principalmente componentes de baja tensión, con el número de componentes de alta tensión reducido a un
 20 mínimo.

El procedimiento puede comprender además la generación de la primera tensión de salida desde la línea de alta
 tensión y desde la tensión en el nodo de conmutación entre los conmutadores, y generar la segunda tensión de
 suministro desde la línea de baja tensión y desde la tensión en el nodo de conmutación entre los conmutadores.
 25

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Ahora se describirán con detalles los ejemplos de la invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

30 la Fig. 1 muestra la arquitectura general de un convertidor resonante de medio puente;
 la Fig. 2 muestra un ejemplo más específico de un convertidor de medio puente utilizado en un convertidor de
 CA/CC resonante que forma una etapa de PFC;
 la Fig. 3 muestra otro ejemplo más específico de un convertidor resonante de medio puente utilizado en un
 convertidor de CC/CC resonante;
 35 la Fig. 4 muestra una primera disposición de cambio de nivel conocida para generar las señales de accionamiento
 de puerta;
 la Fig. 5 muestra una segunda disposición conocida de cambio de nivel para generar señales de accionamiento de
 puerta.
 la Fig. 6 muestra un ejemplo de un circuito según la invención, en forma esquemática;
 40 la Fig. 7 muestra un ejemplo de un circuito según la invención, con más detalles;
 la Fig. 8 muestra un ejemplo de la implementación del circuito de control del lado de alta tensión;
 la Fig. 9 muestra un diagrama de sincronización para la operación del circuito de la Fig. 8;
 la Fig. 10 muestra un ejemplo de la implementación del circuito de control del lado de baja tensión;
 la Fig. 11 muestra un diagrama de sincronización para la operación del circuito de la Fig. 10;
 45 la Fig. 12 muestra un ejemplo de la implementación del circuito de generación de suministro del lado de alta tensión;
 y
 la Fig. 13 muestra un ejemplo de la implementación del circuito de generación de suministro del lado de baja
 tensión.
 la Fig. 14 muestra otro ejemplo de un circuito de convertidor LLC de CA/CC que puede utilizar un convertidor de la
 50 invención; y
 la Fig. 15 muestra el mando de la Figura 14 con más detalles para una implementación de tensión de umbral única.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

55 La invención proporciona un convertidor resonante de medio puente que comprende un inversor de medio puente que
 presenta un conmutador del lado de alta tensión y un conmutador del lado de baja tensión con una salida definida
 desde un nodo de conmutación entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión.
 La salida se conecta a un circuito resonante. Hay circuitos de control separados para generar las señales de
 60 accionamiento de puerta para controlar la conmutación del conmutador del lado de alta tensión y del lado de baja
 tensión, dependiendo de un parámetro de retroalimentación eléctrica, cada uno con diferentes suministros de tensión
 de referencia.

La Figura 6 muestra un convertidor que utiliza una topología de medio puente con un circuito de tanque resonante LLC
 25 y un rectificador de onda completa 32 controlador por dos circuitos de control local.

El convertidor es suministrado por un par de líneas de tensión de CC que comprenden una línea de alta tensión de

CC 60 (nodo B) y una línea de baja tensión 62, por ejemplo, la conexión a tierra. Como en los ejemplos anteriores, el inversor de medio puente comprende un conmutador del lado de alta tensión 28 y un conmutador del lado de baja tensión 30 en serie entre la línea de alta tensión 60 y la línea de baja tensión 62. La salida del inversor de medio puente se define desde el nodo de conmutación X entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión.

Un primer circuito de control 64 genera una señal de accionamiento de puerta para controlar la conmutación del conmutador del lado de alta tensión 28 dependiendo de un parámetro de retroalimentación eléctrica (como se analiza a continuación). El primer circuito de control 64 presenta como suministro de tensión de referencia la tensión en el nodo de conmutación X y una primera tensión de suministro 65 mayor que la tensión en el nodo de conmutación X. Como se explica a continuación, la primera tensión de suministro se genera desde la fuente de alimentación principal antes que el circuito oscile, pero es generada por una retroalimentación desde el circuito resonante durante la oscilación, ahorrando así potencia.

Un segundo circuito de control 66 genera una señal de accionamiento de puerta para controlar la conmutación del conmutador del lado de baja tensión 30, de nuevo, dependiendo del parámetro de retroalimentación eléctrica, en el que el segundo circuito de control 66 presenta como su suministro de tensión de referencia la línea de baja tensión 62 y una segunda tensión de suministro 67 superior a la tensión en la línea de baja tensión. De nuevo, la segunda tensión de suministro se genera desde la fuente de alimentación principal antes de que el circuito oscile, pero se genera por medio de la retroalimentación desde el circuito resonante durante la oscilación, ahorrando así potencia.

La retroalimentación puede controlar directamente la sincronización de solo uno de los conmutadores. Sin embargo, controlará entonces el otro de manera indirecta, dado que hay una secuencia de conmutación entre los dos conmutadores. Por consiguiente, el bloque de control general 31 puede considerarse como la combinación de los circuitos de control 64 y 66, y el control de retroalimentación (mostrado como entrada FB) es utilizado por el mando. Por lo general, la frecuencia de conmutación se controla, ya sea en base a un circuito de control de frecuencia o en base a una detección de umbral de un circuito de tanque resonante autooscilante.

Esta disposición evita la necesidad de un transformador de cambiador de nivel y también permite una operación de alta frecuencia por medio de la utilización de un sistema de baja tensión separado conectado de manera local a ambos conmutadores.

La Figura 7 muestra una implementación del circuito con más detalles.

Un primer circuito de generación 70 se utiliza para generar la primera tensión de suministro 65 desde la línea de alta tensión 60 y desde la tensión en el nodo de conmutación X. Un segundo circuito de generación 72 se utiliza para generar la segunda tensión de suministro 67 desde la línea de baja tensión 62 y desde la tensión en el nodo de conmutación X.

El primer circuito de generación 70 presenta una primera entrada 71 para recibir una tensión SUP_{HS} entre el nodo de conmutación X (V_x) y el circuito resonante. Como se muestra, esta tensión de suministro del lado de alta tensión SUP_{HS} deriva de un nodo de conmutación entre un capacitor de salida en serie 74 y el circuito resonante.

Los capacitores 74 y 76 funcionan como un controlador de tensión capacitiva con respecto al capacitor resonante C_s . Por ejemplo, si la tensión pico a pico a lo largo del C_s es de 500 V y el C_s es lnF , el capacitor 74 puede ser de alrededor de 20 nF para alcanzar una caída de tensión máxima de alrededor de 25 V para el suministro, lo cual, en términos prácticos, se convierte en un valor menor en la primera tensión de suministro 65 (LV_{HS}), dependiendo de las impedancias de la bomba de carga (la bomba de carga se explica a continuación con referencia a la Figura 12) y la carga. La tensión SUP_{HS} es una tensión de CA con respecto al nodo de conmutación X.

Esta tensión se utiliza para generar el suministro de potencia para controlar la conmutación del conmutador del lado de alta tensión, una vez que el circuito está oscilando.

El segundo circuito de generación 72 presenta una segunda entrada 73 para recibir una tensión de suministro del lado de baja tensión SUP_{LS} entre el circuito resonante y la línea de baja tensión 62. En particular, esta tensión de suministro del lado de baja tensión SUP_{LS} deriva de un nodo de conmutación entre el circuito resonante y un capacitor en serie del lado de baja tensión 76, cuyo capacitor se conecta entonces a la línea de baja tensión 62.

Esta tensión se utiliza para generar el suministro de potencia para controlar la conmutación del conmutador del lado de baja tensión, una vez que el circuito está oscilando.

Esta disposición la conmutación de valle mediante la utilización de una acción de disparo de final de pendiente, como se explicará con más detalles a continuación. Esto se implementa utilizando un capacitor 78 (C_{ONHS}) entre la línea de alta tensión 60 y el primer circuito de control 64, y un capacitor 79 (C_{ONLS}) entre el nodo de conmutación X y el circuito de control del lado de baja tensión 66.

El circuito de control del lado de alta tensión 64 recibe potencia desde el circuito de tanque resonante por medio del capacitor 74 y desde el primer circuito de generación 70, y el circuito del lado de baja tensión 66 recibe potencia desde el circuito de tanque resonante por medio del capacitor 74 y el segundo circuito de generación 72. Ambos suministros locales deben ser alimentados por medios alternativos antes de que se produzca el inicio de la oscilación y esto requiere un transistor de alta tensión para cada uno. Estos transistores de alta tensión residen dentro de los circuitos de generación 70, 72, como se muestra a continuación.

Todos los sistemas de circuitos descritos pueden implementarse utilizando componentes discretos de baja tensión, CI de baja de tensión o una combinación de ambos, excepto por los capacitores de sentido de final de pendiente 78, 79 y el transistor de suministro de alta tensión dentro de cada circuito de generación.

La disposición del capacitor (C_{ONHS} , C_{ONLS}) se utiliza para asegurar que el conmutador de potencia se encenderá con la tensión mínima a lo largo de su propia capacitancia (parasítica) de salida. Esto implica una conmutación de tensión cero cuando hay una corriente suficientemente grande al momento de apagar el conmutador de potencia complementario.

La comunicación entre el circuito de accionamiento del lado de alta tensión y del lado de baja tensión se establece utilizando la información de tensión del nodo de conmutación (V_x) y por medio de los resistores R_{SS1} y R_{SS2} . Estos forman un divisor potencial entre la línea de alta tensión y la línea de baja tensión, proporcionando una división de 1:2 de la tensión en el terminal B. La salida se utiliza como una referencia con la que se compara la tensión del nodo de conmutación promedio y, por consiguiente, el promedio se controla para que sea la mitad de la tensión en el nodo B. Esto proporciona un control de equilibrio.

La señal de encendido no se transmite directamente, pero la señal de apagado previa provoca la conmutación del nodo de conmutación, lo cual es percibido a la vez por el otro dominio de tensión. En segundo lugar, la tensión promedio del nodo de conmutación es controlada explícitamente por un dominio que implica el mismo tiempo con tensión que otro dominio, pero sin la transmisión directa de cualquier señal de tiempo con tensión entre los dominios de tensión.

En el ejemplo mostrado, la tensión generada por los resistores R_{SS1} y R_{SS2} se utiliza para controlar el tiempo con tensión del conmutador del lado de alta tensión 28. El tiempo con tensión del conmutador inferior, entonces, es controlado por medio de un sistema de retroalimentación. Una tensión de retroalimentación V_{CTRL} se compara con un nivel de referencia V_{SET} para proporcionar un control de retroalimentación basado en errores. En este ejemplo, la tensión de retroalimentación V_{CTRL} es proporcional a la corriente de salida I_{OUT} del convertidor. La corriente de salida I_{OUT} suministra la cadena de LED, conectada entre LED+ y LED-, y el capacitor de filtro de salida C_{DC} que proporciona la reducción de onda de 100 Hz.

Cabe señalar que los roles de control del conmutador inferior y el conmutador superior pueden intercambiarse.

La tensión de retroalimentación es la tensión a lo largo del resistor de salida R_{OUT} en respuesta a la corriente de salida I_{OUT} y la tensión V_{CTRL} se controla para que sea igual a la referencia V_{SET} . Por consiguiente, este bucle de control controla la corriente de salida del convertidor I_{OUT} .

Las ventajas de la utilización de estos circuitos de accionamiento local son que solo se involucran componentes de baja tensión rápidos y económicos para controlar y accionar el conmutador de potencia local, salvo por un pequeño capacitor económico de unas pocas frecuencias de pulsos (pF) a lo largo de cada conmutador de potencia, por ejemplo, un capacitor de 500 V (es decir, los capacitores 78, 79). Esto resulta en una conmutación de tensión cero (ZVS) o una conmutación de valle (VS) para ambos conmutadores de potencia. Adicionalmente, un suministro de baja tensión complementaria local, simple y económico se deriva del circuito de tanque resonante, utilizando componentes de baja tensión. Entonces, es posible suministrar la tensión de suministro inicial antes del comienzo de la oscilación, por ejemplo, por medio de un transistor de unión bipolar (BJT) de 500 V capaz de manejar unos pocos mA. En lugar de esto, puede utilizarse un MOSFET.

Salvo por unos pocos componentes de alta tensión, los sistemas de circuitos de control local pueden integrarse utilizando un proceso de CI de baja tensión (por ejemplo, de 10 a 25 V). El mismo CI puede utilizarse dos veces para accionar la puerta del lado de alta tensión y del lado de baja tensión. La tarea de control respectiva se puede seleccionar, por ejemplo, por medio de componentes externos

La Figura 8 muestra una implementación del (primer) circuito de control del lado de alta tensión 64 y la Figura 9 muestra la operación utilizando formas de onda.

El primer circuito de control comprende un primer circuito de detección de pendiente 80 que presenta como entrada la línea de alta tensión (nodo B). Un primer elemento de bloqueo 82, en este ejemplo en la forma de un circuito biestable de tipo D, es impulsado por el extremo del circuito de detección de pendiente 80 y genera una primera señal de control HS_ON para conmutar el conmutador del lado de alta tensión a un primer estado, ENCENDIDO. El mismo se proporciona en la entrada de sincronización del circuito biestable.

5 Un primer generador 84 se utiliza para generar una segunda señal de control HS_OFF para conmutar el conmutador del lado de alta tensión a un segundo estado. Su inverso se proporciona a la entrada de restablecimiento del circuito biestable 82. El primer generador de señal 84 presenta una salida de referencia desde un divisor resistivo R_{SS1} , R_{SS2} para controlar la duración del primer estado.

10 De este modo, el circuito del lado de alta tensión 64 utiliza un mecanismo de detección de final de pendiente formado por el capacitor 78 y un diodo y un circuito del resistor (D_{NEG} , D_{POS} , D_{OFF} y R_{CLK}) que dispara el ENCENDIDO del circuito biestable disparado por un borde positivo 82 al final de la pendiente negativa de $V_{B,X}$ (es decir, V_B relativa a V_X) y enciende el conmutador del lado de alta tensión 28 por medio de la salida del circuito biestable 82, GATE_HS.

El conmutador de potencia del lado de alta tensión 28 se apaga por medio de la señal de control HSOFF de una manera en la que proporciona equilibrio.

15 La Figura 9 muestra las señales de control que surgen en el circuito.

El primer pulso positivo de V_{BX} es con el lado alto APAGADO y el lado bajo ENCENDIDO, de modo tal que V_X es tirada hacia abajo por el conmutador del lado de baja tensión, por lo tanto, V_B es mayor que V_X . El conmutador del lado de baja tensión se ENCIENDE solo después de que el lado alto se HAYA APAGADO, como se muestra.

20 El comienzo de la pendiente negativa en la tensión V_{BX} (provocado al apagar el lado bajo, LS_OFF) tira abajo la HS_ON (relativa a la tensión en el nodo de conmutación X) y el borde de elevación siguiente solo se eleva al final de la pendiente. Una vez que el conmutador del lado de alta tensión está ENCENDIDO, hay una caída a cero en la tensión $V_{B,X}$.

25 La Figura 10 muestra una implementación del (segundo) circuito de control del lado de baja tensión 66 y la Figura 11 muestra la operación utilizando formas de onda.

30 El segundo circuito de control comprende un segundo circuito de detección de final de pendiente 90 que presenta como entrada el nodo de conmutación X. Un segundo elemento de bloqueo 92, de nuevo, en la forma de un circuito biestable del tipo D disparado por un borde positivo, se sincroniza al final del circuito de detección del final de pendiente 90 y genera una tercera señal de control LS_ON para conmutar el conmutador del lado de baja tensión a un estado ENCENDIDO.

35 Un segundo generador 94 se utiliza para generar una cuarta señal de control LS_OFF para conmutar el conmutador del lado de baja tensión a un segundo estado. Su inverso se proporciona a la entrada de restablecimiento del circuito biestable 92. El segundo generador de señal 94 recibe la entrada de control de retroalimentación V_{CTRL} para controlar la duración del primer estado, ENCENDIDO, dependiendo de la retroalimentación.

40 Por consiguiente, el circuito de control del lado de baja tensión 66 también utiliza un mecanismo de detección de final de pendiente formado por el capacitor 79 y un diodo y un circuito del resistor (D_{NEG} , D_{POS} , D_{OFF} y R_{CLK}) que dispara el ENCENDIDO del circuito biestable disparado por un borde positivo al final de la pendiente negativa en la tensión del nodo de conmutación V_X y ENCIENDE el conmutador de potencia de baja tensión 30 por medio de la salida del circuito biestable GATE_LS.

45 La Figura 11 muestra las señales de control que surgen en el circuito.

La primera caída en V_X es con el lado alto APAGADO y el lado bajo ENCENDIDO, de modo tal que V_X es tirada hacia abajo por el conmutador del lado de baja tensión.

50 El comienzo de la pendiente negativa en la tensión V_X (provocado por apagar el lado alto, representado como HS_OFF en la Figura 9) tira hacia abajo LS ON, y el próximo borde de elevación solo se eleva al final de la pendiente. Una vez que el conmutador del lado de baja tensión está ENCENDIDO, hay una caída a cero en la tensión V_X . El aumento en la tensión en el nodo de conmutación X se dispara por medio de la señal LS_OFF, la cual apaga el conmutador del lado de baja tensión, con una sincronización basada en el control de retroalimentación implementado por el segundo generador de señal 94.

60 La Figura 12 muestra el primer circuito de generación (lado alto). Comprende un transistor de suministro 120 entre la línea de alta tensión (nodo B) y la salida LV_{HS} del primer circuito de generación. Un circuito de bomba de carga 122 se utiliza para convertir la tensión de CA SUP_{HS} en la primera entrada en una tensión de CC y almacenarla en un primer capacitor de salida C_o como la salida del primer circuito de generación en la primera tensión de suministro. El carril de baja tensión para el circuito es el nodo de conmutación X.

65 El segundo circuito de generación (el lado de baja tensión) es el mismo, pero opera en un dominio de tensión diferente. Presenta un transistor de suministro 130 entre el nodo de conmutación X y la salida LV_{LS} del segundo circuito de generación.

Un circuito de bomba de carga 132 se utiliza para convertir la tensión de CA en la primera entrada SUP_{IS} en una tensión de CC y almacenarla en un segundo capacitor de salida Co como una salida del segundo circuito de generación en la segunda tensión de suministro. El carril de baja tensión para el circuito es la línea de baja tensión 62.

Por consiguiente, en ambos casos, el suministro de potencia local presenta un transistor de corriente de alta tensión (BJT o MOSFET) que carga un capacitor de salida Co antes de que se produzca el comienzo de la oscilación. La señal de puerta para el transistor GATE_LS_GATE_HS se controla para apagar el transistor cuando comienza la oscilación.

De este modo, el transistor puede considerarse como un suministro principal para el arranque, y la retroalimentación desde el circuito resonante proporciona un suministro secundario que se utilizará una vez que el circuito esté en oscilación.

La bomba de carga convierte la tensión pico a pico de CA a lo largo del capacitor de entrada (C_{SL} o C_{SH}) a una tensión de CC a lo largo del Co. Una función Zener, representada por el diodo 124, 134, limita la tensión de salida en el caso de suministro excesivo.

Como se mencionó anteriormente, el convertidor puede utilizarse dentro de un convertidor de CA/CC, un convertidor de CC/CC o un convertidor de CC/CA. Puede utilizarse en un circuito de PFC de interfaz de usuario.

La aplicación de PFC de interfaz de usuario de un convertidor LLC supone varios problemas para el control de retroalimentación de la disposición del conmutador del inversor, los cuales no pueden controlarse a través del enfoque de control de frecuencia convencional. Esto principalmente tiene que ver con los requerimientos de una relación de alta ganancia. La relación de ganancia es la relación entre la ganancia máxima y la ganancia mínima.

El problema de la relación de ganancia puede atenuarse si, en lugar de la frecuencia de conmutación, se utiliza un umbral para un estado de LLC como la variable de manipulación para controlar la corriente de entrada. Por ejemplo, puede establecerse una tensión de umbral para la tensión del capacitor a lo largo del capacitor del tanque de LLC. De manera alternativa, también se puede utilizar la tensión o la corriente de entrada del transformador.

La Figura 14 muestra un circuito de convertidor LLC de CA/CC que utiliza la tensión del capacitor como la variable de control.

Como en la Figura 1, el circuito presenta una entrada de alimentación eléctrica de CA 10 seguida por un rectificador 12. Los conmutadores 28, 30 del inversor de medio puente son controlados por el controlador de puerta 140 que es controlado por un mando 142. El mando emite una señal de accionamiento de puerta GS.

El mando se proporciona con un valor de umbral, el cual, en este ejemplo, es la tensión del capacitor de umbral (o referencia) vC_{ref}. El mando 142 recibe la cantidad medida, es decir, la tensión real del capacitor resonante vC, y procesa el esquema de conmutación para el controlador de puerta 140 que a su vez controla el inversor 28, 30 y la tensión del nodo de conmutación Vx, es decir, la tensión en la salida del inversor de medio puente.

Por consiguiente, el mando presenta un bucle de control externo 144 para establecer un nivel de umbral para el parámetro de retroalimentación eléctrica (la tensión del capacitor) dependiendo de la tensión de salida, vo en este ejemplo, y la tensión y corriente de entrada vm, im, y un bucle de control interno 142 para comparar el parámetro de retroalimentación eléctrica con el umbral para derivar la señal de accionamiento de puerta.

El bucle de control externo 144 implementa el control de salida, así como también implementa la PFC, y el bucle de control interno 142 deriva la señal de control de conmutación.

La Figura 15 muestra el mando 142 con más detalles. La tensión medida del capacitor vC se compara con la referencia vC_{ref} por medio del comparador 150, y el resultado de la comparación se utiliza para restablecer un circuito biestable 152 que genera la salida para el controlador de puerta 140. Un elemento de retraso 154 proporciona un pulso de establecimiento retrasado, de modo tal que la operación de restablecimiento presenta una duración fija (que es una función de la velocidad de sincronización del circuito biestable).

El sistema de retroalimentación comprende un bucle de control de alta frecuencia implementado por el bucle de control interno 142.

El mando de baja frecuencia externo 144 recibe la tensión de la alimentación eléctrica vm, la corriente real de alimentación eléctrica im y la tensión de salida vo y su punto de establecimiento vo_{ref} y procesa, según las necesidades del factor de potencia, el valor de manipulación de vC_{ref} para la unidad de conmutación.

En este ejemplo, hay solamente un valor de umbral (vC_{ref}) que se compara con una variable de estado (aquí, vC). Si la variable de estado excede el umbral, el circuito biestable 152 en el mando 142 se restablece y el inversor se apaga por medio del controlador de puerta, es decir que la tensión del nodo de conmutación se establece en su valor mínimo.

El inversor se enciende, de nuevo, en un momento cierto, después del evento de que el conmutador se apague. Este tiempo se adapta para que resulte en una operación simétrica, es decir en un ciclo de trabajo del nodo de conmutación de 0,5.

5 La tensión del capacitor es un ejemplo de la variable de estado que se utiliza como entrada de control para controlar la conmutación del inversor. Una variable de estado alternativa es la tensión del transformador. El esquema es similar pero los símbolos deben cambiarse. Por ejemplo, si se excede un umbral, el circuito biestable 152 en el mando 142 debe encenderse.

10 En otro esquema, hay dos umbrales. El inversor se apaga (enciende) una vez que la variable de estado excede un primer umbral superior y el inversor se enciende (apaga) si la variable de estado cruza un segundo umbral. Aquí, el segundo umbral es una función del primer umbral y la tensión de entrada.

15 De este modo, el circuito de control se adapta para establecer un primer umbral del parámetro de retroalimentación eléctrica para encender la señal de accionamiento de puerta y un segundo umbral del parámetro de retroalimentación eléctrica para apagar la señal de accionamiento de puerta.

20 En lugar de utilizar un transformador como medio de aislamiento, también pueden utilizarse capacitores aislantes. Por ejemplo, al usar un capacitor aislante adicional (por ejemplo, el bloqueo de CC) entre el nodo de conmutación del inversor y el transformador, y otro entre el otro terminal de bobinado del lado principal y el punto medio de los capacitores resonantes.

25 De manera alternativa, a fin de ahorrar componentes, los capacitores resonantes también pueden diseñarse para que se aislen de la tensión de la alimentación eléctrica (capacitores Y). Aquí, ya no es posible acceder directamente a la variable de estado antes mencionada (vC), pero la misma puede derivarse al medir e integrar la corriente en los capacitores aislantes.

30 En cualquiera de estas configuraciones, el transformador no necesita ser aislante y puede simplificarse, dependiendo del uso final del circuito.

Hay varios esquemas de accionamiento que pueden utilizarse para accionar los conmutadores del lado de alta tensión y del lado de baja tensión. Además, el resonador puede ser autooscilante o puede ser accionado por un circuito de control de frecuencia.

35 En general, se requiere un esquema de control para accionar los conmutadores 28, 30 en sus estados con y sin tensión, de modo tal que la tensión o corriente de salida se regula a un cierto valor o intervalo de valores deseado y para un circuito de PFC también a fin de implementar la corrección del factor de potencia.

40 A fin de sacar un mejor provecho del mecanismo de transmisión, se desea operar el convertidor de manera simétrica (al menos con carga completa) y cargar el transformador y el rectificador en el lado secundario de igual manera. En el caso de un transformador con bobinados de toma central que son simétricos en términos de relaciones de cambio y pérdidas, la simetría del lado secundario puede asegurarse si el ciclo de trabajo del medio tiempo (es decir, su nodo de conmutación) se mantiene al 50%.

45 Básicamente, hay cuatro transiciones que debe manejar el esquema de control:

1. Encienda el MOSFET del lado de alta tensión 28;
2. Encienda el MOSFET del lado de baja tensión 30;
- 50 3. Apague el MOSFET del lado de alta tensión 28;
4. Apague el MOSFET del lado de baja tensión 30.

Hay varios esquemas conocidos que pueden utilizarse a fin de alcanzar esto.

55 A. Von-Voff es un esquema de control donde el número de transición 4 se inicia cuando alguna variable de estado cruza una cierta tensión de umbral (Von). Después de esto, el control espera cierto tiempo (es decir, el tiempo muerto) antes de comenzar la transición 1. Este tiempo muerto asegura que no se produzca una conducción cruzada o un cortocircuito. El medio puente ahora está en estado encendido.

60 Finalmente, ya sea la misma variable de estado o una diferente cruzará un segundo umbral (Voff) y se iniciará la transición número 3. Como en el caso de la transición al estado encendido del medio puente, antes de que se inicie la transición número 2, habrá entonces un tiempo muerto. Ahora, el medio puente está en el estado apagado y, entonces, el procedimiento continúa desde el principio una vez más. Los valores reales de los dos umbrales se determinan por medio de un bucle de control externo, a fin de obtener la salida correcta. Este es un esquema Von-Voff porque el umbral de tensión controla el encendido y el apagado.

65

5 B. Von-Ton es un esquema de control donde el número de transición 4 se inicia cuando alguna variable de estado cruza una cierta tensión de umbral (V_{on}). Como en el caso A, antes de iniciar el número de transición, se permite que pase el tiempo muerto 1. La transición número 3 se inicia en base a un cierto intervalo de tiempo que transcurre. Este puede ser un intervalo fijo o uno controlado. Después de transcurrido el tiempo muerto, se inicia el número de transición 2 y, entonces, el procedimiento continúa desde el comienzo una vez más. El valor real del umbral de tensión es determinado por un bucle de control a fin de obtener la salida correcta, y el umbral de tiempo puede fijarse o controlarse de manera dinámica. Este es un esquema Von-Ton en el que el umbral de tensión controla el encendido (después de un tiempo muerto) y, entonces, se controla la duración del tiempo del período con tensión.

10 C. Voff-Toff es similar al caso B, excepto en que los umbrales de tensión y tiempo definen las transiciones entre encendido y apagado del medio puente, respectivamente. El número de transición 3 se inicia cuando alguna variable de estado cruza una cierta tensión umbral (V_{off}). Antes de iniciar el número de transición, se permite que pase el tiempo muerto.

15 2. La transición número 4 se inicia en base a un cierto intervalo de tiempo que transcurre. Después de transcurrido el tiempo muerto, se inicia el número de transición 1 y, entonces, el procedimiento continúa desde el comienzo una vez más. Como en el caso B, el valor real del umbral de tensión es determinado por un bucle de control a fin de obtener la salida correcta, y el umbral de tiempo puede fijarse o controlarse de manera dinámica. Este es un esquema Voff-Toff porque un umbral de tensión controla el apagado y se controla la duración de tiempo del período sin tensión del medio puente (es decir, entre el apagado del MOSFET del lado de alta tensión y su nuevo encendido después de la duración de tiempo y el tiempo muerto).

25 En los casos B y C, más a menudo es deseable controlar el tiempo con o sin tensión, de modo tal que coincida con el tiempo con o sin tensión respectivamente, es decir que generalmente resulta beneficioso operar con un ciclo de trabajo del 50%, como se mencionó anteriormente. No hay cambiador de nivel, transformador de accionamiento de puerta o cualquier otro medio que pueda enviar señales sincronizadas entre el primer y el segundo dominio de tensión del primer y el segundo circuito de control local. A fin de permitir incluso una operación de ciclo de trabajo constante, el primer circuito de control (64) controla el ciclo de trabajo por medio del control de la tensión del nodo de conmutación promedio (V_x) para que sea, por ejemplo, una fracción, preferentemente una mitad, de la tensión del bus. Esto se alcanza mediante el incremento del tiempo con tensión del conmutador del lado de alta tensión si la tensión medida y filtrada del nodo de conmutación (x) es inferior a la mitad de la tensión del bus y la disminución del tiempo con tensión del conmutador del lado de alta tensión si la tensión medida y filtrada del nodo de conmutación (x) es superior a la mitad de la tensión del bus.

35 En resumen, las cuatro señales de conmutación a generar por ciclo pueden dividirse en dos grupos: Las dos señales de encendido pueden considerarse como señales "esclavas" que se generan en respuesta a las dos señales "maestras" (es decir, de apagado). El encendido del conmutador del lado de alta tensión sigue al apagado del conmutador del lado de baja tensión después de un cierto tiempo muerto y el encendido del conmutador del lado de baja tensión sigue al apagado del conmutador del lado de alta tensión después de un cierto tiempo muerto. La sincronización se alcanza observando la transición de tensión del nodo de conmutación por medio de los circuitos de detección de final de pendiente. En contraste, la señal "maestra" del primer circuito de control para controlar la conmutación del conmutador del lado de alta tensión se genera en base a la tensión filtrada (promedio) del nodo de conmutación (V_x). Por consiguiente, la V_x se utiliza de dos maneras a fin de sincronizar la conmutación de los dos dominios de tensión; en términos de los dos transitorios (de alto a bajo y de bajo a alto) y el valor promedio de V_x . La segunda señal "maestra" (y, por consiguiente, la cuarta señal de conmutación requerida) se genera por medio del segundo circuito de control (84) para controlar la conmutación del conmutador del lado de baja tensión y se basa en el parámetro de retroalimentación eléctrica desde la entrada o salida del convertidor, a fin de proporcionar el control del factor de potencia del convertidor y/o la tensión o corriente de salida. La señal determina la frecuencia de conmutación, la cual se genera ya sea explícitamente, en el caso de un control de frecuencia, o implícitamente, en el caso de un control de umbral de un circuito de tanque resonante autooscilante.

50 En otros casos, resulta beneficioso operar con un ciclo de trabajo definido que es diferente del 50% a fin de alterar la ventana de tensión o corriente de salida que el convertidor es capaz de manejar.

55 Para los convertidores resonantes basados en un control de umbral (como los convertidores LLC autooscilantes), no hay ningún oscilador presente en el circuito. La conmutación basada en el control de umbral presenta una ventaja particular con respecto a la linealidad de la función de transferencia cuando se utiliza el convertidor para cubrir un amplio intervalo de condiciones operativas de entrada y salida, como en una PFC LLC, por ejemplo, y el control de frecuencia (es decir, la utilización de la frecuencia como la variable de manipulación) no es factible en dichos casos debido a las variaciones extremas en la ganancia contra la característica de frecuencia que no puede manejarse con facilidad.

60 El enfoque para la generación de las tensiones requeridas para conmutar los conmutadores de potencia del lado de alta tensión y del lado de baja tensión, como se explicó anteriormente, pueden utilizarse en todas estas situaciones.

65 La invención puede utilizarse en varias aplicaciones, como los controladores LED en general y, en particular, los

5 convertidores de interfaz de usuario (aislantes) para los controladores individuales (en interiores y exteriores), especialmente de tipos planos o en miniatura, los controladores fuera de línea para rieles de alumbrado, los controladores de luces de emergencia y los controladores LED de etapa única aislantes y en miniatura. El convertidor también puede utilizarse en convertidores de potencia de tensión extra baja, de etapa única y separados (SELV) para tensiones de salida fijas y, en general, en aplicaciones electrónicas del consumidor y de oficina, como los adaptadores de ordenadores portátiles.

10 Los expertos en la técnica pueden entender y realizar otras variaciones de las realizaciones descritas al poner en práctica la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la descripción y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la palabra "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluyen una pluralidad. El mero hecho de que determinadas medidas se mencionen en las reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no se pueda aprovechar. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como limitante del alcance.

REIVINDICACIONES

1. Un convertidor resonante de medio puente, que comprende:

- 5 - un par de líneas de tensión CC que comprenden una línea de alta tensión (60) y una línea de baja tensión (62);
- un inversor de medio puente (31) que comprende un conmutador del lado de alta tensión (28) y un conmutador del lado de baja tensión (30) en serie entre la línea de alta tensión y la línea de baja tensión, en el que una salida del inversor de medio puente (31) se define desde un nodo de conmutación (X) entre el conmutador del lado de alta tensión (28) y el conmutador del lado de baja tensión (30);
- 10 - un circuito resonante (25) acoplado a la salida del inversor de medio puente (31) por medio de un capacitor en serie (74);
- un primer circuito de generación (70) para generar una primera tensión de suministro (65) desde la línea de alta tensión (60) y desde la tensión en el nodo (X) en el que el primer circuito de generación (70) comprende:
- 15 - una primera entrada (71) para recibir una tensión entre el nodo (X) y el circuito resonante;
- un circuito de bomba de carga (122) para convertir una tensión de CA en la primera entrada (71) en una tensión de CC y almacenarla en un primer capacitor de salida (Co) como una salida del primer circuito de generación (70) en la primera tensión de suministro (65); y
- un transistor de suministro (120) entre la línea de alta tensión (60) y la salida del primer circuito de generación (70) para cargar el capacitor de salida (Co) antes de que se produzca el comienzo de la oscilación;
- 20 - un segundo circuito de generación (72) para generar una segunda tensión de suministro (67) desde la línea de baja tensión (62) y desde la tensión en el nodo (X);
- un primer circuito de control (64) para generar una señal de accionamiento de puerta para controlar la conmutación del conmutador del lado de baja tensión (28), dependiendo de un parámetro de retroalimentación eléctrica, en el que el primer circuito de control presenta como su suministro de tensión de referencia la tensión en el nodo (X) y la primera tensión de suministro (65) superior a la tensión en el nodo (X); y
- 25 - un segundo circuito de control (66) para generar una señal de accionamiento de puerta para controlar la conmutación del conmutador del lado de baja tensión (30), dependiendo del parámetro de retroalimentación eléctrica, en el que el segundo circuito de control presenta como su suministro de tensión de referencia la línea de baja tensión (62) y la segunda tensión de suministro (67) superior a la tensión en la línea de baja tensión (62).

2. Un convertidor, como se indica en la reivindicación 1, en el que el segundo circuito de generación (72) comprende:

- 35 una segunda entrada (73) para recibir una tensión entre el circuito resonante y la línea de baja tensión;
- un circuito de bomba de carga (132) para convertir una tensión de CA en la segunda entrada en una tensión de CC y almacenarla en un segundo capacitor de salida como la salida del segundo circuito de generación en la segunda tensión de suministro; y
- un transistor de suministro (130) entre (i) el nodo entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión y (ii) la salida del segundo circuito de generación.

3. Un convertidor, como se indica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer circuito de generación (64) comprende:

- 45 un primer circuito de detección de pendiente (80) que presenta como entrada la línea de alta tensión; un primer elemento de bloqueo (82) disparado por el circuito de detección de final de pendiente y que genera una primera señal de control para conmutar el conmutador del lado de alta tensión a un primer estado; y un primer generador de señal (84) para generar una segunda señal de control para conmutar el conmutador del lado de alta tensión a un segundo estado.

4. Un convertidor como se indica en la reivindicación 3, en el que el primer generador de señal presenta una entrada de referencia para controlar la duración del primer estado.

5. Un convertidor, como se indica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo circuito de control (66) comprende:

- 55 un segundo circuito de detección de final de pendiente (90) que presenta como entrada el nodo entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión; un segundo elemento de bloqueo (92) disparado por el circuito de detección de final de pendiente y que genera una tercera señal de control para conmutar el conmutador del lado de baja tensión a un primer estado; y
- 60 un segundo generador (94) para generar una cuarta señal de control para conmutar el conmutador del lado de baja tensión a un segundo estado.

6. Un convertidor como se indica en la reivindicación 5, en el que el segundo generador de señal (94) presenta una entrada de control de retroalimentación para controlar la duración del primer estado, dependiendo del parámetro de retroalimentación eléctrica.

7. Un convertidor como se indica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el parámetro de retroalimentación eléctrica comprende una tensión que depende de la corriente de salida proporcionada por el convertidor a una carga.
- 5 8. Un convertidor, como se indica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el circuito resonante (25) comprende un circuito LLC.
9. Un convertidor como se indica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer y el segundo circuito de control comprenden, cada uno, un circuito integrado, por ejemplo, circuitos integrados del mismo tipo.
- 10 10. Un aparato que comprende:
 el convertidor, como se indica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores; y
 la carga de salida.
- 15 11. Un aparato como se indica en la reivindicación 10, en el que la carga de salida es una disposición de LED de uno o más LED.
- 20 12. Un procedimiento de conversión que comprende:
 operar un inversor de medio puente que comprende un conmutador del lado de alta tensión y un conmutador del lado de baja tensión entre una línea de alta tensión de CC y una línea de baja tensión de CC, utilizando una señal de accionamiento de puerta y proporcionando una salida desde un nodo entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión;
 Proporcionar la salida del inversor de medio puente a un circuito resonante por medio de un capacitor de salida en serie; generar una señal de accionamiento de puerta utilizando un primer circuito de control, para controlar la conmutación del conmutador del lado de alta tensión dependiendo de un parámetro de retroalimentación eléctrica, en el que el primer circuito de control presenta como su suministro de tensión de referencia la tensión en el nodo entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión y una primera tensión de suministro mayor que la tensión en el nodo entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión; generar una primera tensión de suministro desde la línea de alta tensión de CC y desde la tensión en el nodo, lo que comprende las siguientes etapas del procedimiento:
 recibir una tensión entre el nodo y el circuito resonante;
 convertir una tensión de AC entre el nodo y el circuito resonante en una primera entrada en una tensión de CC y almacenarla en un primer capacitor de salida como una salida por medio de una bomba de carga; cargar el capacitor de salida antes de que se produzca el comienzo de la oscilación por medio de un transistor de suministro; y
 generar una señal de accionamiento de puerta utilizando un segundo circuito de control para controlar la conmutación del conmutador del lado de baja tensión dependiendo del parámetro de retroalimentación eléctrica, en la que el segundo circuito de control presenta como su suministro de tensión de referencia la línea de baja tensión y una segunda tensión de suministro mayor a la tensión en la línea de baja tensión.
- 25 30 35 40 45 50 13. Un procedimiento como se indica en la reivindicación 12, que además comprende generar la primera tensión de suministro desde la línea de alta tensión y desde la tensión en el nodo entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión, y generar la segunda tensión de suministro desde la línea de baja tensión y desde la tensión en el nodo entre el conmutador del lado de alta tensión y el conmutador del lado de baja tensión.

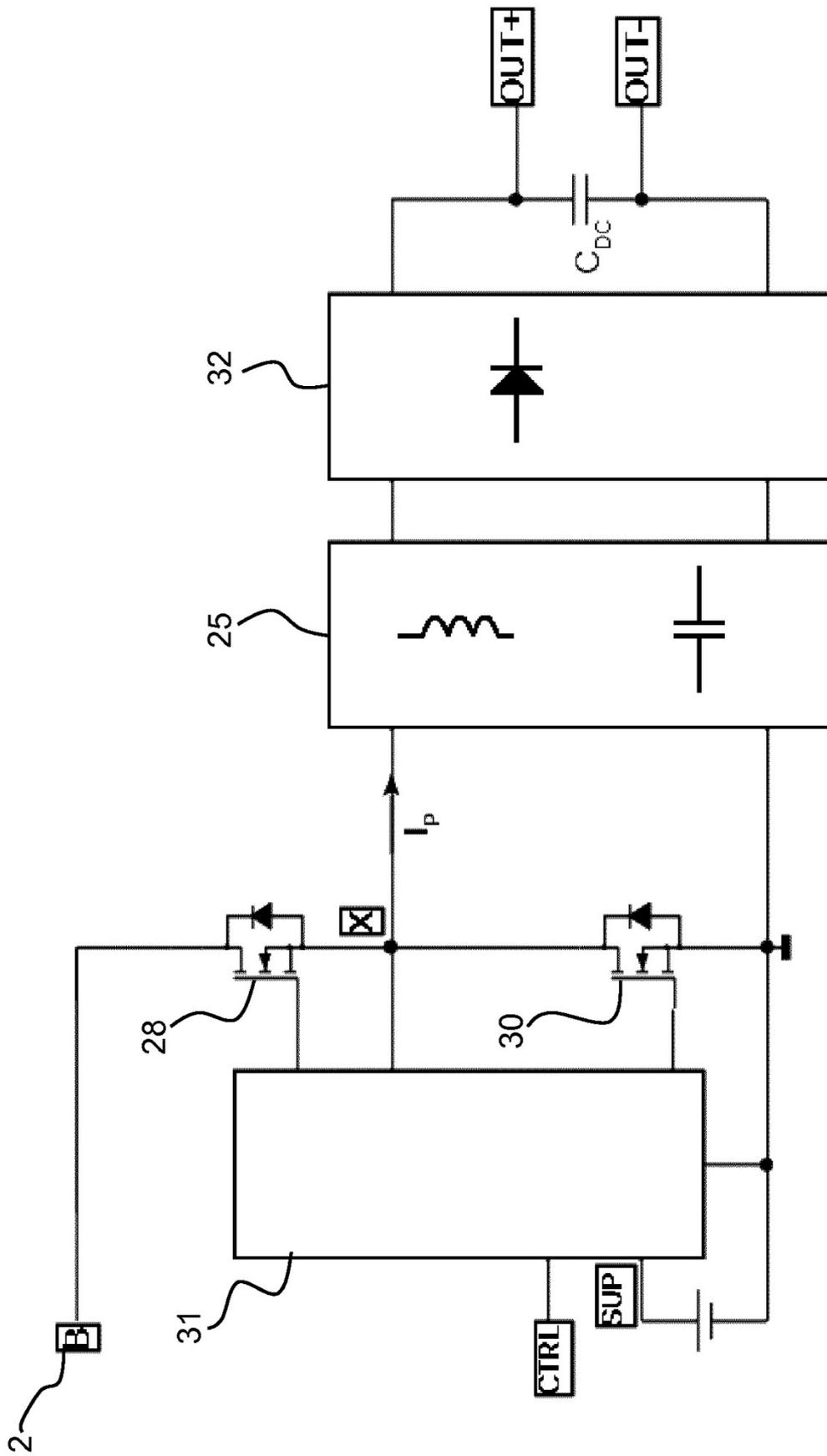


FIG. 1

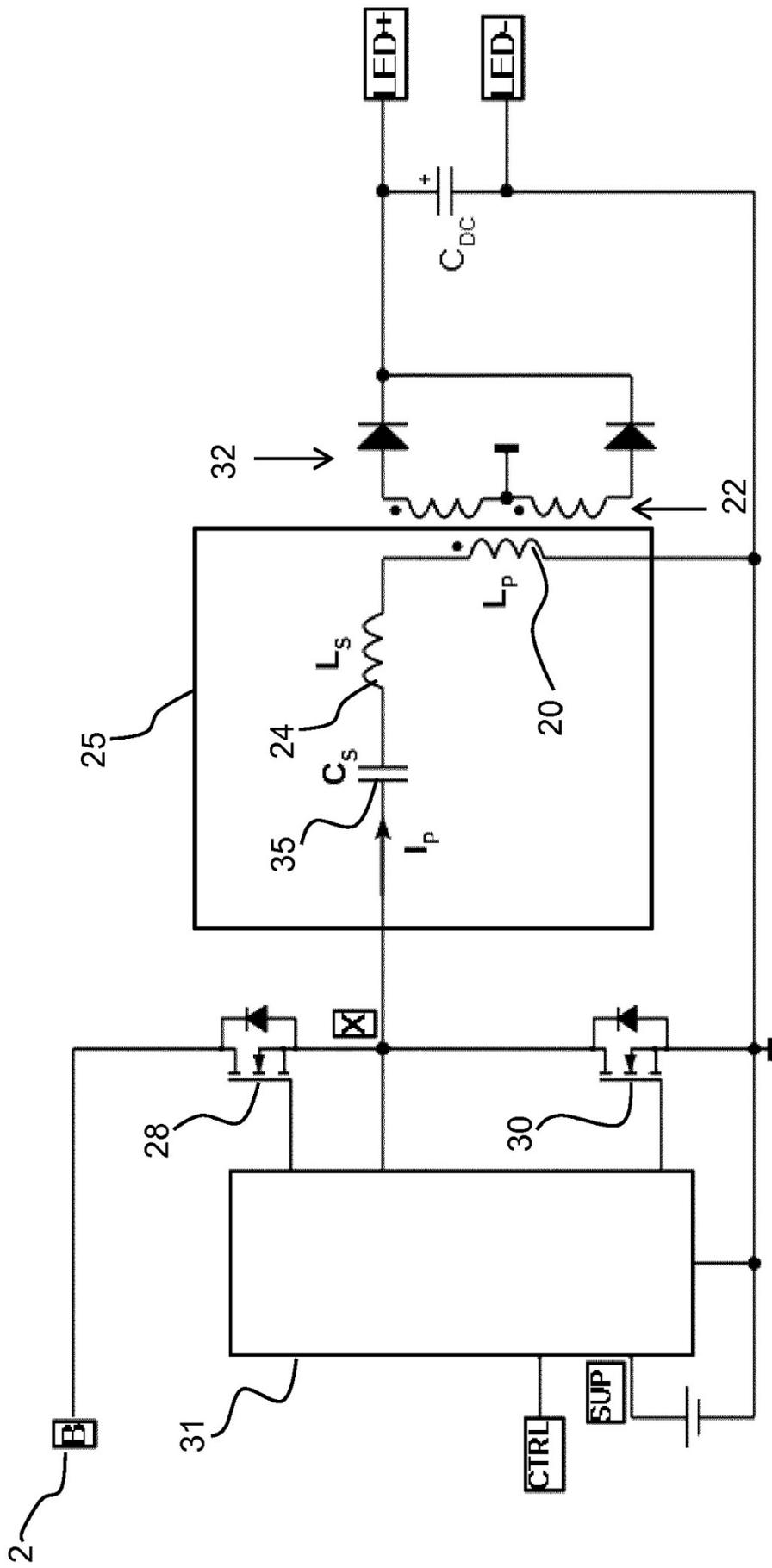
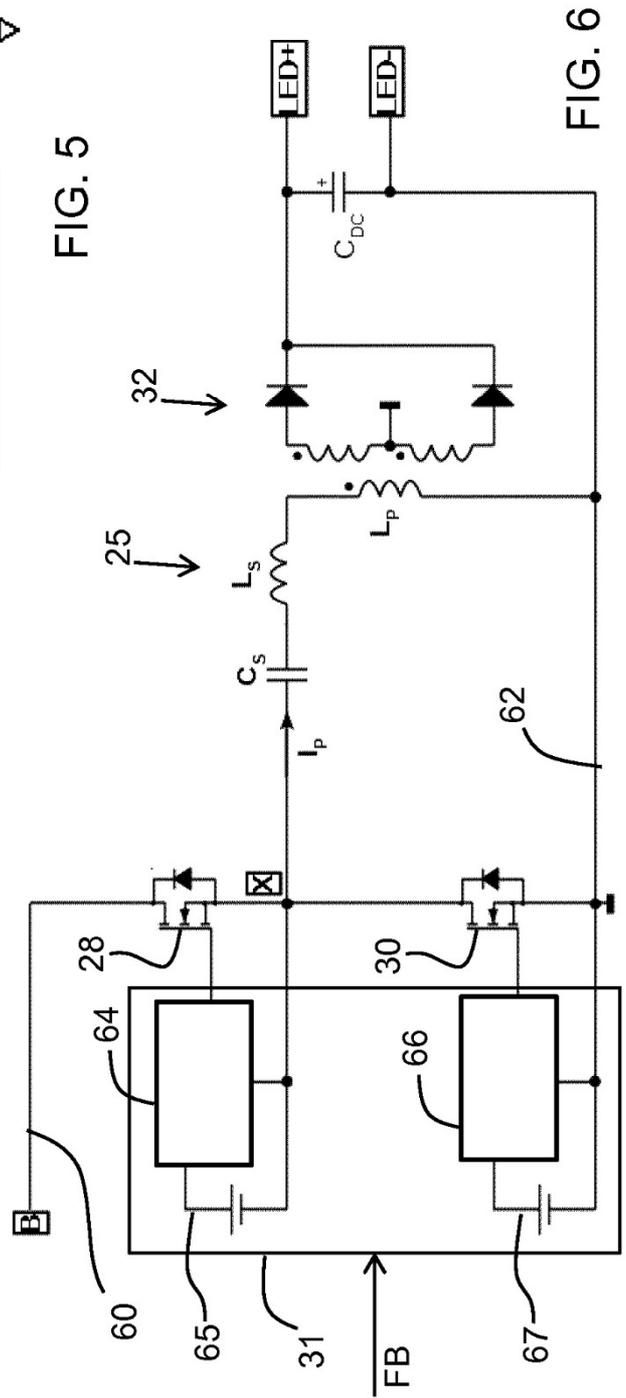
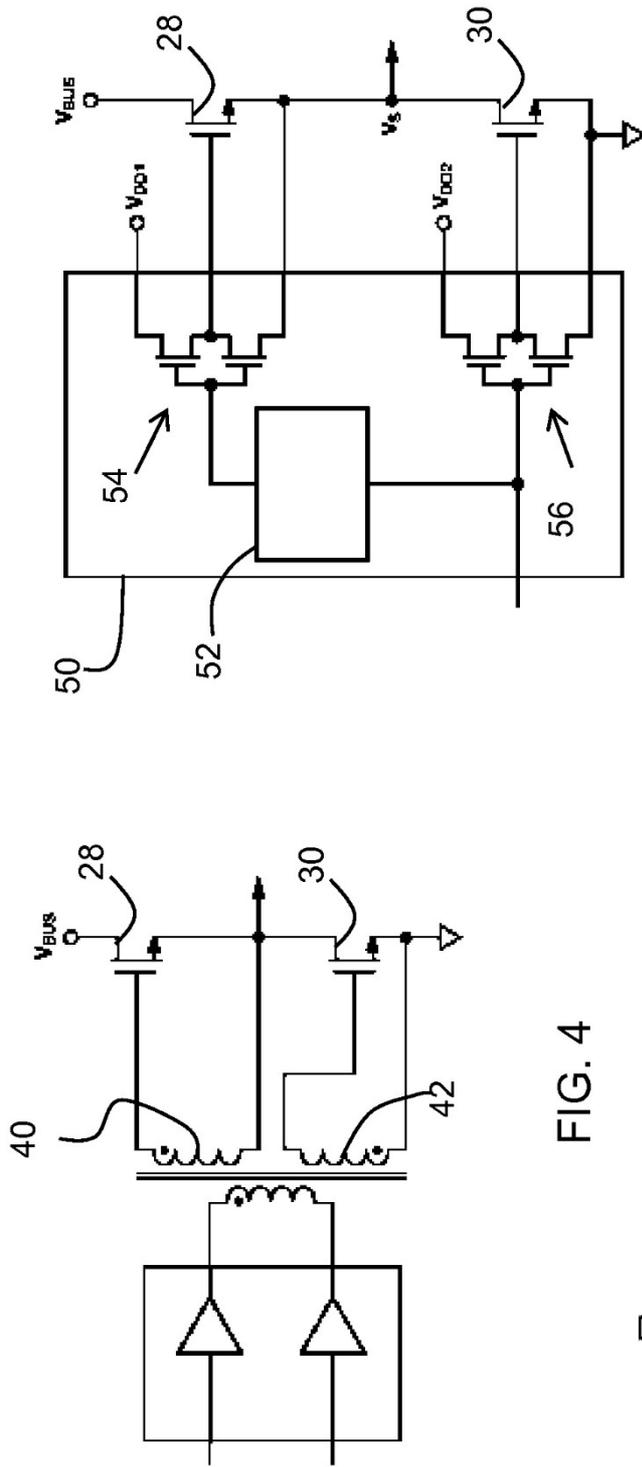


FIG. 3



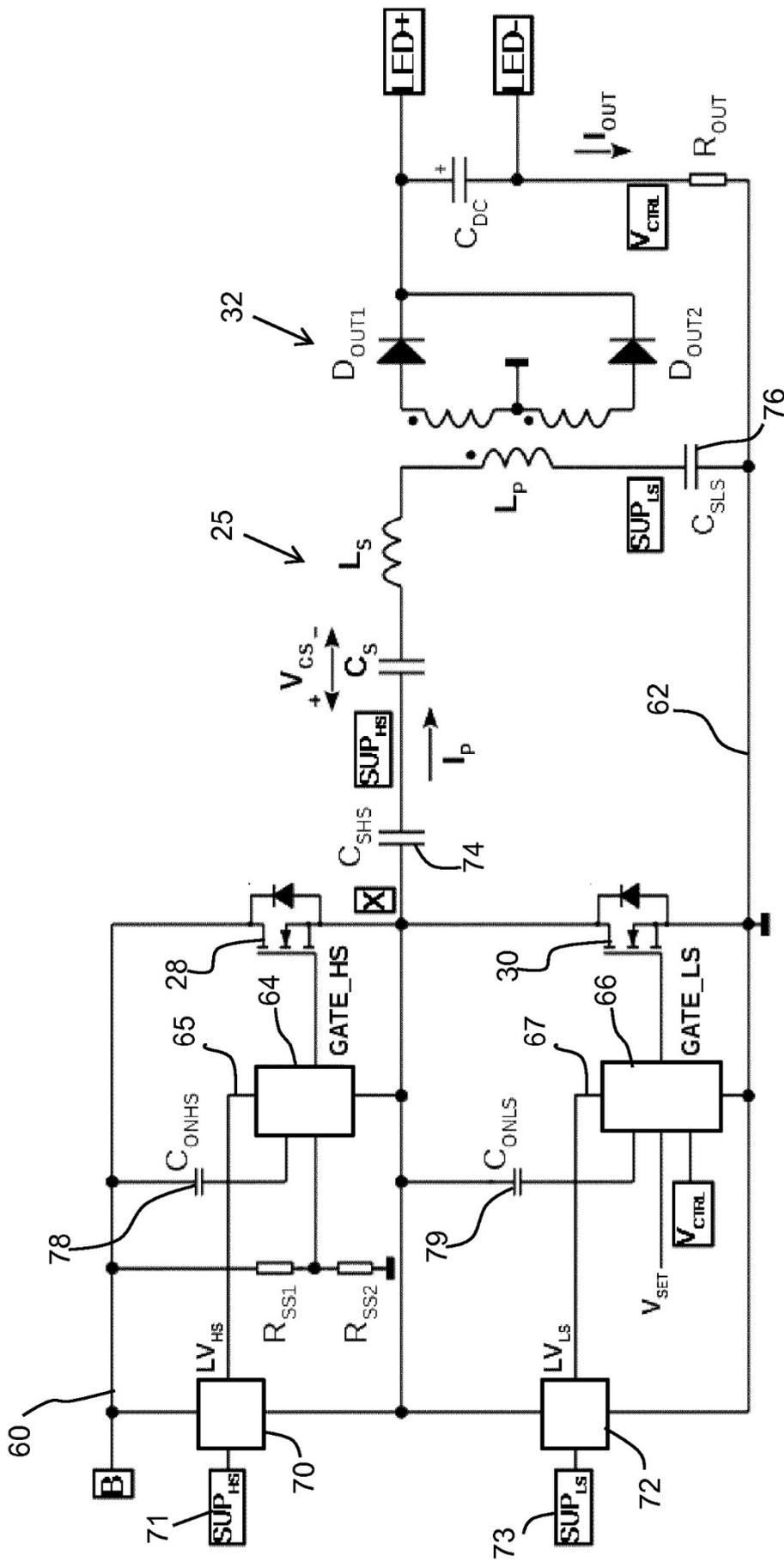


FIG. 7

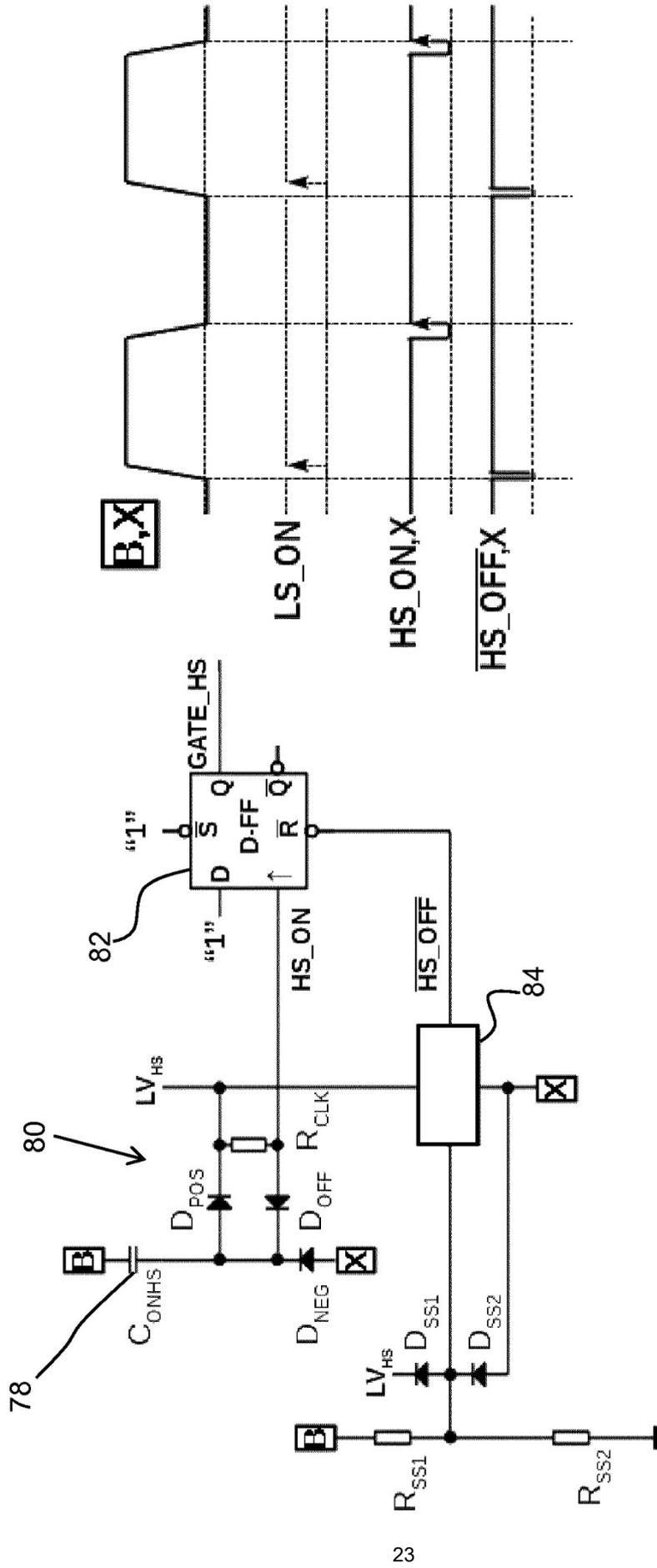


FIG. 9

FIG. 8

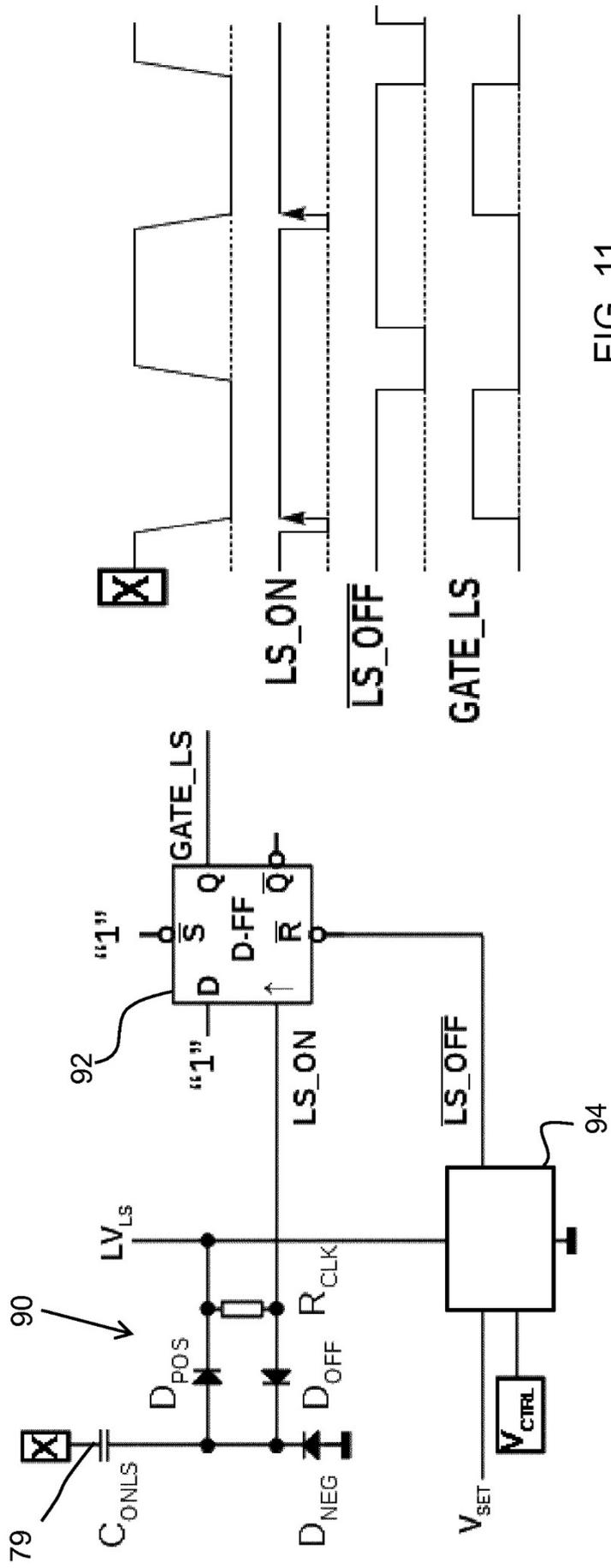


FIG. 10

FIG. 11

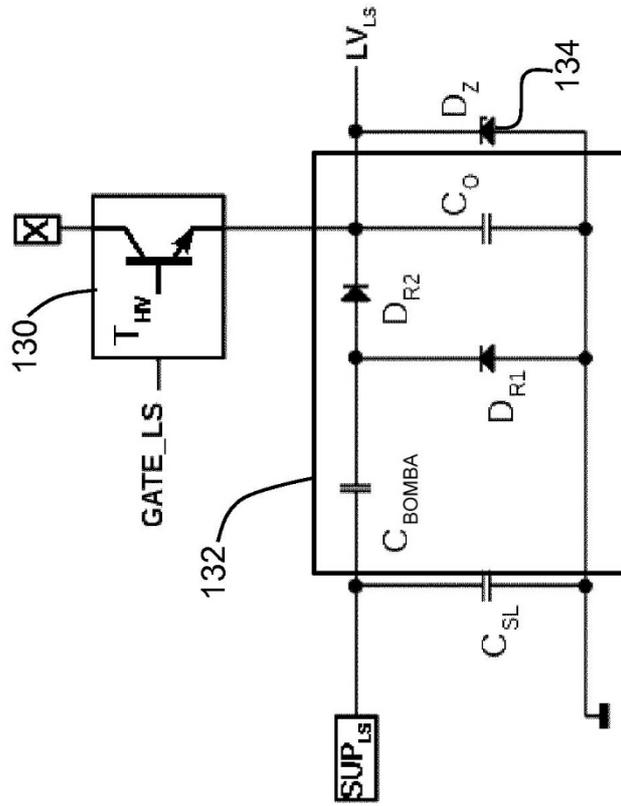


FIG. 13

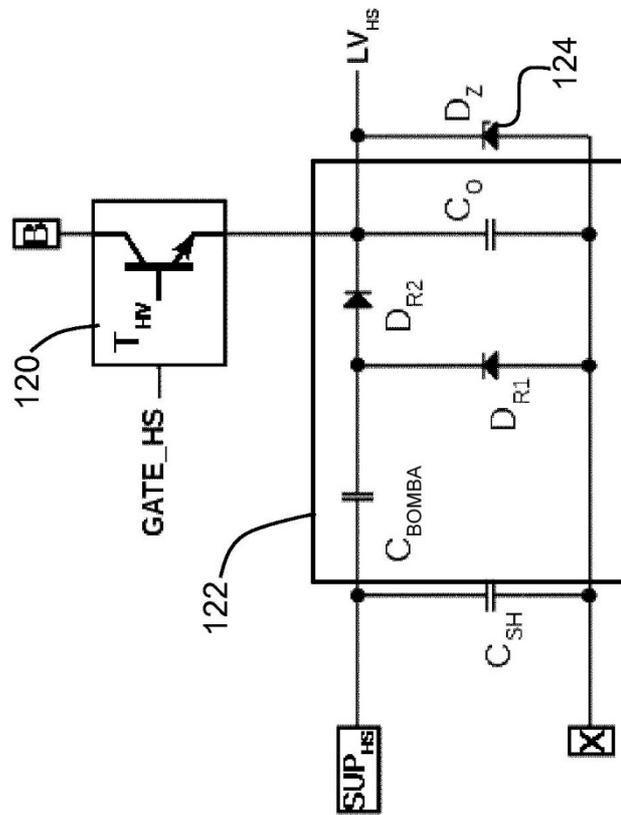


FIG. 12

