

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 750 025**

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/EP2017/058660**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.10.2017 WO17178478**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2017 E 17715762 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 3443648**

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

30 Prioridad:

14.04.2016 EP 16165365

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

24.03.2020

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 2 750 025 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 usan y los métodos de control correspondientes

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere al uso de convertidores resonantes de medio puente. Por medio de un ejemplo, tales convertidores resonantes pueden usarse para formar parte de un convertidor de potencia para proporcionar conversión de CA/CC, para proporcionar conversión de CC/CC, para proporcionar conversión de CA/CC con corrección de factor de potencia o para proporcionar conversión de CC/CA, es decir, una inversión.

Antecedentes de la invención

15 Los llamados convertidores resonantes tienen un circuito resonante, que puede ser un circuito resonante en serie o paralelo o en serie-paralelo. Al configurar los convertidores, un objetivo es mantener bajas las pérdidas. Por ejemplo, los convertidores resonantes que comprenden un circuito resonante en serie-paralelo de LLC que tiene dos inductancias y una capacitancia son bien conocidos. Dichos convertidores tienen la ventaja de que es posible un funcionamiento con eficacia energética con pérdidas de conmutación relativamente bajas.

20 Los convertidores de LLC resonantes son bien conocidos para su uso dentro de los conductores del LED. Los convertidores pueden configurarse u operarse como una fuente de corriente constante o una fuente de tensión constante. Puede usarse una fuente de corriente constante para accionar una disposición LED directamente, permitiendo de este modo un controlador de una sola etapa. Las fuentes de tensión constante pueden usarse, por ejemplo, para módulos LED que tienen una electrónica de accionamiento adicional con el fin de garantizar un suministro de alimentación correspondiente a los LED con una corriente predeterminada a partir de la tensión de salida proporcionada por la fuente de tensión constante.

30 El convertidor de LLC comprende una disposición de conmutación (que junto con la disposición de accionamiento de puerta se denomina, en general, inversor) para controlar la operación de conversión, y la conmutación se controla usando un control de retroalimentación o prealimentación, con el fin de generar la salida necesaria.

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

40 Si un suministro de alimentación funciona con un factor de potencia bajo, una carga extraerá más corriente por la misma cantidad de potencia útil transferida que con un factor de potencia más alto.

45 El factor de potencia puede aumentarse mediante la corrección de factor de potencia. Para cargas lineales, esto puede implicar el uso de una red pasiva de condensadores o inductores. Las cargas no lineales requieren en general una corrección de factor de potencia activa para contrarrestar la distorsión y elevar el factor de potencia. La corrección de factor de potencia acerca el factor de potencia del circuito de alimentación de CA a 1 al suministrar potencia reactiva de signo opuesto, agregando condensadores o inductores que actúan para anular los efectos inductivos o capacitivos de la carga.

50 La PFC activa hace uso de la electrónica de potencia para conmutar la forma de onda de la corriente consumida por una carga para mejorar el factor de potencia. Los circuitos de PFC activa pueden, por ejemplo, basarse en topologías de convertidor de modo conmutado reductor, elevador o reductor-elevador. La corrección de factor de potencia activa puede ser de una o varias etapas.

55 En el caso de un suministro de alimentación de modo conmutado, un convertidor elevador de PFC se inserta, por ejemplo, entre el rectificador de puente y el condensador de almacenamiento de red. El convertidor elevador intenta mantener una tensión de bus de CC constante en su salida mientras consume una corriente que siempre está en fase con y al menos la misma frecuencia que la tensión de línea. Otro convertidor de modo conmutado en el interior del suministro de alimentación produce la tensión o la corriente de salida deseada del bus de CC.

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

65 La corrección de factor de potencia puede implementarse en un circuito de corrección de factor de potencia

5 dedicado (llamado un prerregulador), por ejemplo colocado entre el suministro de alimentación (red) y el convertor de potencia de modo conmutado que acciona a continuación la carga. Esto forma un sistema de doble etapa, y esta es la configuración típica para aplicaciones LED de alta potencia (por ejemplo, más de 25 W). La corrección de factor de potencia puede integrarse en cambio en el convertor de potencia del modo de conmutación, que a continuación forma un sistema de una sola etapa.

10 En este caso, hay una única disposición de conmutación y de tanque resonante, que a continuación implementa tanto la corrección de factor de potencia así como el control de la relación de conversión entre la entrada y la salida con el fin de mantener la salida deseada (corriente en el caso de un controlador LED) entregada a la carga.

15 Los convertidores de CC/CC de LLC se operan, ya sea con una tensión de suministro de CC (por ejemplo 48 V en aplicaciones de centro de telecomunicaciones o de datos), o se usan como la segunda etapa de un suministro de alimentación de red o como un controlador de LED de dos etapas, en el que la etapa frontal (el prerregulador de corrección de factor de potencia) proporciona la corrección de factor de potencia y también genera una tensión de bus estabilizada que forma la tensión de entrada de CC para la LLC.

Un ejemplo de un convertor de CA/CC de resonancia se muestra en la figura 1.

20 El circuito comprende un terminal de entrada de CC 2 (etiquetado como B en la figura 1 y en todas las demás figuras) que se conecta a un medio puente que tiene 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 operar, por ejemplo, con un ciclo de trabajo simétrico del 50 %. Estos conmutadores pueden ser en la forma de transistores de efecto de campo.

25 Un circuito de tanque resonante 25 está conectado a un nodo de conmutador, etiquetado como X en la figura 1 y en todas las otras figuras entre los dos conmutadores 28, 30.

30 Cada conmutador tiene su sincronización de la operación controlada por su tensión de puerta. Para este fin, hay un bloque de control 31 (que incluye un suministro de baja tensión). El bloque 31 recibe una señal de control CTRL para controlar las tensiones de puerta y una tensión de suministro SUP. La retroalimentación (no mostrada) se usa 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 a continuación a la carga, en paralelo con un condensador de amortiguamiento C_{DC} .

35 Durante la operación del convertor, el controlador 31 controla los conmutadores, a una frecuencia específica y de una forma complementaria.

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

40 En este ejemplo, el tanque resonante 25 está en la forma de un circuito resonante de LLC, y puede usarse para formar una etapa de PFC. Por lo tanto, el circuito puede usarse como un prerregulador de PFC al tener una tensión de salida controlada. También podría usarse como un controlador LED de una sola etapa al tener una corriente de salida controlada.

45 El circuito comprende una entrada de red 10 que se sigue por un puente rectificador 12 que tiene un condensador 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 convertor con una salida aislada. Para este fin, el convertor comprende un circuito del lado primario 16 y uno del lado secundario 18. Existe un aislamiento eléctrico entre el circuito del lado primario 16 y del lado secundario 18. Se proporciona un transformador que comprende una bobina primaria 20 y una bobina secundaria 22 para el aislamiento. El transformador tiene una inductancia de magnetización 20 que también actúa como una de las inductancias del circuito resonante de LLC en serie. El circuito resonante de LLC 25 tiene una segunda inductancia 24 y una capacitancia (formada como dos condensadores 26 y 27 en este ejemplo).

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

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

60 El bloque de control 31 se muestra esquemáticamente como que incluye dos fuentes de tensión.

65 El lado secundario 18 tiene el rectificador 32 que está conectado corriente abajo de la bobina secundaria 22 y que puede estar formada, por ejemplo, por una primera disposición de diodos de los diodos 32a y 32b y una segunda disposición de diodos de los diodos 34a y 34b.

La figura 2 muestra un rectificador de puente completo y una sola bobina secundaria que se acopla en sus extremos

al circuito rectificador. El condensador de almacenamiento de baja frecuencia (por ejemplo, 100 Hz) C_{DC} está conectado entre las salidas del rectificador. La carga LED u otra etapa de salida están representadas en esta figura por una resistencia. Comprende un LED o una pluralidad de LED.

5 El circuito mostrado en la figura 2 es, por lo tanto, un conversor de PFC de CA/CC, que comprende una entrada de CA 10, un rectificador 12, un inversor de medio puente que comprende un conmutador de lado de alta (primer conmutador de potencia 28) y un conmutador de lado de baja (el segundo conmutador de potencia 30), en el que una salida se define a partir de un nodo de conmutador X entre los conmutadores. El circuito de LLC auto oscilante 20, 24, 26, 27 está acoplado a la salida.

10 La figura 3 muestra una topología de medio puente de LLC alternativa, como una modificación a la figura 2 (y que muestra la conversión de CC/CC) en la que la bobina secundaria 22 tiene una toma central y el rectificador de onda completa 32 se implementa a continuación por dos diodos. El condensador de LLC también se muestra como un solo componente 35.

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

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

25 Los conversores resonantes de medio puente ya se usan en muchas aplicaciones como conversores de CC/CA para aplicaciones de iluminación, por ejemplo, circuitos de lámparas de descarga de alta y baja presión, y conversores de CC/CC, por ejemplo, fuentes de alimentación de CC y controladores de LED.

30 El bloque de control 31 acciona los dos conmutadores de potencia 28, 30 para realizar una secuencia alterna de conexión y desconexión, con una pequeña fase de no conducción (tiempo muerto) usada para evitar la conducción transversal de los conmutadores de potencia. Una señal de accionamiento de puerta alta conecta un conmutador y desconecta el otro conmutador y una señal de accionamiento de puerta baja desconecta un conmutador y conecta el otro conmutador. La ventaja de usar un conversor de medio puente resonante es que la corriente que fluye hacia el nodo de conmutador X tiene un retraso de fase, con respecto a la tensión de nodo de conmutador V_x , y puede servir para descargar la capacitancia de salida (parásita) del conmutador antes de que se conecte.

35 Este método se conoce como conmutación de tensión cero (ZVS) e implica pérdidas de conmutación cero debido a la capacitancia de salida parásita. Si la corriente de salida no es lo suficientemente grande o incluso cero y depende aún más de las condiciones de operación (en términos del medio puente, salida y tensión de condensador resonante), la descarga de la capacitancia de salida parásita se logrará en parte o incluso por completo mediante el conmutador de potencia que da como resultado una conmutación difícil. Esto da como resultado pérdidas de conmutación que dependen de la frecuencia de conmutación, la capacitancia de salida parásita del conmutador y la tensión a través de la capacitancia parásita en la conexión. Con el fin de reducir las pérdidas de conmutación, puede aplicarse la conmutación valle (VS), que hace que un conmutador se conecte a la tensión mínima a través del mismo. La conmutación valle puede implementarse por medio de un mecanismo de detección de fin de pendiente. La conmutación de tensión cero es un caso especial de la conmutación valle donde la tensión es mínima y cero.

40 Con el fin de evitar la sincronización crítica de la conexión del conmutador, puede colocarse un diodo en antiparalelo al conmutador de potencia 28, 30 si se usa un transistor de unión bipolar. Este diodo antiparalelo puede omitirse para un MOSFET debido a que ya tiene un diodo en el interior. El diodo antiparalelo comenzará a conducir si el conmutador no se conecta inmediatamente después de que se haya descargado la tensión a través del conmutador, y a continuación el conmutador puede hacerse cargo un poco más tarde cuando finalmente se conecte.

45 La conmutación de tensión cero garantiza que la tensión a través de un conmutador es cero antes de que se conecte y, como tal, elimina las pérdidas de conmutación lo que hace posible una operación de alta frecuencia (HF). La operación de HF permite una reducción en el tamaño de los componentes capacitivos e inductivos usados en el circuito de tanque resonante, lo que hace posible unos diseños más pequeños y más baratos.

50 En estos circuitos, el primer conmutador de potencia 28 conectado a la red rectificadora (u otra entrada de CC) necesita una señal de accionamiento que debería estar cerca de la tensión de nodo de conmutador V_x que puede variar desde tierra hasta la alta tensión de red rectificadora (u otra tensión de CC) en el terminal 2 para conectarse y desconectarse. Esto significa que se necesita una función de cambio de nivel.

55 La figura 4 muestra un transformador de accionador para este fin. Hay dos bobinas secundarias 40, 42 conectadas

5 cada una a través de la fuente y el drenaje de uno de los respectivos conmutadores de potencia 28, 30. La bobina secundaria 40 establece la tensión de puerta del primer conmutador de potencia 28 en relación con el nodo de conmutador X y la bobina secundaria 42 establece la tensión de puerta del segundo conmutador de potencia 30 en relación con tierra. Las bobinas secundarias tienen polaridad opuesta para proporcionar la conmutación complementaria.

10 La figura 5 muestra un circuito integrado de cambio de nivel de alta tensión 50 que tiene una unidad de cambio de nivel 52 y unos circuitos de accionador de puerta 54, 56 para los conmutadores de potencia primero y segundo 28, 30.

15 A modo de ejemplo, puede ser deseable implementar unas frecuencias de conmutación tan altas o incluso superiores a 1 MHz y con una tensión de red rectificadora máxima de 375 V. Este nivel de tensión debería poder elevarse a al menos 500 V mientras se evita el daño de los conmutadores y los circuitos de accionamiento durante sobretensiones de red.

Las dos implementaciones de cambio de nivel mostradas tienen inconvenientes.

20 Un cambiador de nivel de transformador puede usarse tanto para una operación de baja frecuencia como para alta frecuencia y una tensión de aislamiento de 500 V, de hecho puede lograrse. Sin embargo, consume cuatro veces más potencia de la necesaria para suministrar la carga de puerta del conmutador de potencia y la inevitable inductancia de fuga en el transformador provoca un zumbido. En el caso de aplicaciones de baja frecuencia, la disipación adicional puede no ser un problema, pero para aplicaciones de alta frecuencia, la disipación de potencia adicional será un problema. Además, las medidas de supresión de zumbidos que pueden requerirse provocan retrasos severos de conexión/desconexión que pueden no ser aceptables en operaciones de alta frecuencia.

25 El cambiador de nivel de CI de alta tensión actualmente solo está disponible para la operación de baja frecuencia, no mayor que aproximadamente 1 MHz.

30 Esta invención se refiere a una mejora en el 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.

Los documentos US2012/319744, EP2980993 y US6222744 son la técnica anterior de la presente solicitud.

35 Sumario de la invención

La invención se define por las reivindicaciones.

40 Ejemplos de acuerdo con un primer aspecto de la invención proporcionan un convertidor resonante de medio puente, que comprende:

- 45 un par de líneas de tensión de CC dispuestas para proporcionar una tensión de bus, en el que el par de líneas de tensión de CC comprende una línea de alta tensión y una línea de baja tensión;
- un inversor de medio puente en serie entre la línea de alta tensión y la línea de baja tensión, en el que el inversor de medio puente comprende un conmutador de lado de alta y un conmutador de lado de baja, en el que una salida del inversor de medio puente se define desde un nodo entre el conmutador de lado de alta y el conmutador de lado de baja;
- un circuito resonante acoplado a la salida del inversor de medio puente;
- un primer circuito de control para generar una señal de accionamiento de puerta para controlar la conmutación del conmutador de lado de alta, en el que el primer circuito de control está dispuesto para controlar un ciclo de trabajo del conmutador de lado de alta aumentando el tiempo de encendido del conmutador de lado de alta si la tensión de nodo de conmutador promedio es menor que una fracción de la tensión de bus y disminuyendo el tiempo de encendido del conmutador de lado de alta si la tensión de nodo de conmutador promedio es mayor que la fracción de la tensión de bus; y
- 50 un segundo circuito de control para generar una señal de accionamiento de puerta para controlar la conmutación del conmutador de lado de baja en función de un parámetro de retroalimentación eléctrica.

55 Los circuitos de control primero y segundo pueden considerarse como para ser parte del inversor.

60 Este convertidor hace uso de 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 esta manera, los circuitos pueden usar principalmente componentes de baja tensión, con el número de componentes de alta tensión reducido al mínimo.

65 Se hace referencia un circuito a tierra y el otro se hace referencia al nodo de conmutador entre el conmutador de lado de alta y el conmutador de lado de baja. Esto elimina la necesidad de un transformador accionador o un circuito integrado de alta tensión. Los dos circuitos de control pueden estar diseñados para proporcionar una conmutación

de tensión cero cuando sea posible o una conmutación valle si no lo es, con el fin de eliminar o reducir las pérdidas de conmutación siempre que sea posible.

5 El convertidor puede comprender además el primer circuito de control, dispuesto para conectar el conmutador de lado de alta después de que se desconecte el conmutador de lado de baja y haya transcurrido un tiempo muerto.

10 La conexión en el conmutador de lado de alta se establece después de que el conmutador de lado de baja se haya desconectado y haya transcurrido un tiempo muerto. Esto permite una fácil implementación de control de conmutación.

15 El convertidor puede comprender además el segundo circuito de control, dispuesto para conectar el conmutador de lado de baja después de que se desconecte el conmutador de lado de alta y haya transcurrido un tiempo muerto.

La conexión en el conmutador de lado de baja se establece después de que el conmutador de lado de alta se haya desconectado y haya transcurrido un tiempo muerto. Esto permite una fácil implementación de control de conmutación.

20 El convertidor puede comprender además el segundo circuito de control, dispuesto para controlar una potencia de salida y/o un factor de potencia del convertidor resonante de medio puente controlando el conmutador de lado de baja.

La topología de control tal como se propone en la solicitud es específicamente adecuada para una implementación fácil para controlar la potencia de salida y/o proporcionar un factor de potencia alto.

25 El convertidor comprende preferentemente además un primer circuito de generación para generar la primera tensión de suministro a partir de la línea de alta tensión y a partir de la tensión en el nodo de conmutador entre el conmutador de lado de alta y el conmutador de lado de baja, y un segundo circuito de generación para generar la segunda tensión de suministro a partir de la línea de baja tensión y a partir de la tensión en el nodo de conmutador entre el conmutador de lado de alta y el conmutador de lado de baja.

30 De esta manera, la tensión de suministro de alta para cada circuito de control se obtiene a partir de las dos tensiones de suministro y la tensión en el nodo de conmutador entre el conmutador de lado de alta y el conmutador de lado de baja. Los circuitos de generación pueden usar componentes de alta tensión, pero entonces las tensiones de suministro generadas permiten que los circuitos de control se formen como circuitos de baja tensión.

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

40 El primer circuito de generación puede comprender:

- una primera entrada para recibir una tensión entre (i) el nodo de conmutador entre el conmutador de lado de alta y el conmutador de lado de baja 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 condensador de salida como la salida del primer circuito de generación en la primera
- 45 tensión de suministro; y
- un transistor de suministro entre la línea de alta tensión y la salida del primer circuito de generación.

50 El transistor de suministro puede ser el único componente de alta tensión necesario. Se usa para proporcionar un suministro de alimentación durante el arranque. La tensión de retroalimentación del circuito resonante, es decir, la primera entrada, puede usarse a continuación para proporcionar el suministro de alimentación para controlar la conmutación de medio puente.

El segundo circuito de generación puede comprender:

- 55 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 condensador de salida como la salida del segundo circuito de generación en la segunda tensión de suministro; y
- un transistor de suministro entre (i) el nodo de conmutador entre el conmutador de lado de alta y el conmutador
- 60 de lado de baja y (ii) la salida del segundo circuito de generación.

Nuevamente, el transistor de suministro puede ser el único componente de alta tensión necesario y se usa para proporcionar un suministro de alimentación durante el arranque. La tensión de retroalimentación del circuito resonante, es decir, la primera entrada, puede usarse a continuación para proporcionar el suministro de alimentación para controlar la conmutación de medio puente.

Los circuitos de generación primero y segundo pueden emplear devanados auxiliares dedicados añadidos al transformador (cuando se usa uno). Estos pueden considerarse como tensiones de suministro de CA de altas frecuencias flotantes conectadas con un primer terminal, o bien a tierra (para el primer circuito de generación) o al nodo de conmutador (para el segundo circuito de generación) mientras que el segundo terminal respectivo está conectado a un diodo rectificador que suministra el dominio de tensión.

El primer circuito de control puede comprender:

un primer extremo de un circuito de detección de pendiente que tiene como entrada la línea de alta tensión; un primer elemento de retención activado por el extremo del circuito de detección de pendiente y que genera una primera señal de control para conmutar el conmutador de lado de alta a un primer estado; y un primer generador de señales para generar una segunda señal de control para conmutar el conmutador de lado de alta a un segundo estado.

En este circuito, el primer estado puede ser un estado de ENCENDIDO. Por lo tanto, la transición de ENCENDIDO se genera mediante el extremo de la detección de pendiente, lo que garantiza que el conmutador se conectará a la tensión mínima a través de su capacitancia de salida parásita. Esto permite implementar ZVS o VS.

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

El segundo circuito de control puede comprender:

un segundo extremo de un circuito de detección de pendiente que tiene como entrada el nodo de conmutador; un segundo elemento de retención activado por el extremo del circuito de detección de pendiente y que genera una tercera señal de control para conmutar el conmutador de lado de baja a un primer estado; y un segundo generador de señales para generar una cuarta señal de control para conmutar el conmutador de lado de baja a un segundo estado.

Una vez más, el primer estado puede ser el estado de ENCENDIDO y el segundo estado es a continuación el estado APAGADO. El segundo generador de señales tiene, por ejemplo, una entrada de control de retroalimentación para controlar la duración del primer estado en función del parámetro de retroalimentación eléctrica.

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

Un transformador puede proporcionarse entre el circuito resonante y una carga de salida. Esto permite el aislamiento de la salida. El circuito resonante, por ejemplo, comprende un circuito de LLC.

La invención también proporciona un aparato que comprende:

el convertidor como se ha definido anteriormente; y la carga de salida.

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

Ejemplos de acuerdo con otro aspecto de la invención proporcionan un método de conversión, que comprende:

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

proporcionar la salida del inversor de medio puente a un circuito resonante;

generar una señal de accionamiento de puerta usando un primer circuito de control, para controlar la conmutación del conmutador de lado de alta en función de un parámetro de retroalimentación eléctrica, en el que el primer circuito de control tiene como su tensión de referencia la tensión en el nodo de conmutador entre el conmutador de lado de alta y el conmutador de lado de baja y una primera tensión de suministro mayor que la tensión en el nodo de conmutador entre el conmutador de lado de alta y el conmutador de lado de baja; y

generar una señal de accionamiento de puerta usando un segundo circuito de control, para controlar la conmutación del conmutador de lado de baja en función del parámetro de retroalimentación eléctrica, en el que el segundo circuito de control tiene como su suministro de tensión de referencia la línea de baja tensión y una segunda tensión de suministro mayor que la tensión en la línea de baja tensión.

Este método hace uso de 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 esta manera, los circuitos

pueden usar principalmente componentes de baja tensión, con el número de componentes de alta tensión reducido al mínimo.

- 5 Otro ejemplo de un método con otro aspecto de la invención proporcionan un método de conversión, que comprende: operar un inversor de medio puente que comprende un conmutador de lado de alta y un conmutador de lado de baja entre una línea de alta tensión de CC y una línea de baja tensión de CC que proporciona una tensión de bus, usando una señal de accionamiento de puerta y proporcionando una salida desde un nodo de conmutador entre el conmutador de lado de alta y el conmutador de lado de baja;
- 10 proporcionar la salida del inversor de medio puente a un circuito resonante;
- generar una señal de accionamiento puerta usando un primer circuito de control, para controlar un ciclo de trabajo del conmutador de lado de alta aumentando el tiempo de encendido del conmutador de lado de alta si la tensión de nodo de conmutador promedio es menor que una fracción de la tensión de bus y disminuyendo el tiempo de encendido del conmutador de lado de alta si la tensión de nodo de conmutador promedio es mayor que la fracción de la tensión de bus; y
- 15 generar una señal de accionamiento de puerta usando un segundo circuito de control, para controlar la conmutación del conmutador de lado de baja en función de un parámetro de retroalimentación eléctrica.

El método puede comprender además generar la primera tensión de suministro a partir de la línea de alta tensión y a partir de la tensión en el nodo de conmutador entre los conmutadores, y generar la segunda tensión de suministro a partir de la línea de baja tensión y a partir de la tensión en el nodo de conmutador entre los conmutadores.

Breve descripción de los dibujos

25 A continuación, se describirán en detalle los ejemplos de la invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

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

50 Descripción detallada de las realizaciones

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

La figura 6 muestra un convertor que usa una topología de medio puente con un circuito de tanque resonante de LLC 25 y un rectificador de onda completa 32 controlado por dos circuitos de control locales.

60 El convertor se suministra mediante 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, de tierra. Como en los ejemplos anteriores, el inversor de medio puente comprende un conmutador de lado de alta 28 y un conmutador de lado de baja 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 a partir del nodo de conmutador X entre el conmutador de lado de alta y el conmutador de lado de baja.

Un primer circuito de control 64 genera una señal de accionamiento de puerta para controlar la conmutación del conmutador de lado de alta 28 en función de un parámetro de retroalimentación eléctrica (como se explica a continuación). El primer circuito de control 64 tiene como su suministro de tensión de referencia la tensión en el nodo de conmutador X y una primera tensión de suministro 65 mayor que la tensión en el nodo de conmutador X. Como se explica a continuación, la primera tensión de suministro se genera a partir del suministro de alimentación de red antes de que el circuito esté oscilando pero se genera por retroalimentación del circuito resonante durante la oscilación, ahorrando de este modo energía.

Un segundo circuito de control 66 genera una señal de accionamiento de puerta para controlar la conmutación del conmutador de lado de baja 30, de nuevo en función del parámetro de retroalimentación eléctrica, en el que el segundo circuito de control 66 tiene como su suministro de tensión de referencia la línea de baja tensión 62 y una segunda tensión de suministro 67 mayor que la tensión en la línea de baja tensión. Nuevamente, la segunda tensión de suministro se genera a partir del suministro de alimentación de red antes de que el circuito esté oscilando, pero se genera por retroalimentación del circuito resonante durante la oscilación, ahorrando de este modo energía.

La realimentación puede controlar directamente el sincronismo de solamente uno de los conmutadores. Sin embargo, a continuación controlará indirectamente al otro debido a que hay una secuencia de conmutación entre los dos conmutadores. Por lo tanto, el bloque de control total 31 puede considerarse que es la combinación de los circuitos de control 64 y 66, y el controlador usa el control de retroalimentación (mostrado como FB de entrada). La frecuencia de conmutación se controla normalmente, ya sea basándose en un circuito de control de frecuencia o basándose en la detección de umbral de un circuito de tanque resonante autooscilante 25.

Esta disposición evita la necesidad de un transformador de cambiador de nivel y también permite la operación a alta frecuencia usando una circuitería de baja tensión separada conectada localmente para ambos conmutadores.

La figura 7 muestra una implementación del circuito con más detalle.

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

El primer circuito de generación 70 tiene una primera entrada 71 para recibir una tensión SUP_{HS} entre el nodo de conmutador X (V_X) y el circuito resonante. Como se muestra, esta tensión de suministro de lado de alta SUP_{HS} se obtiene a partir de un nodo de conmutador entre un condensador de salida en serie 74 y el circuito resonante.

Los condensadores 74 y 76 funcionan como un divisor de tensión capacitivo con respecto al condensador resonante C_s . Si, por ejemplo, la tensión pico a pico a través de C_s es de 500 V y C_s es lnF , el condensador 74 puede ser de aproximadamente 20 nF para lograr una caída de tensión máxima de aproximadamente 25 V para el suministro, lo que prácticamente se convierte en un valor más bajo en la primera tensión de suministro 65 (LV_{HS}) en función de las impedancias de bomba de carga (la bomba de carga se explica a continuación haciendo referencia a la figura 12) y la carga. La tensión SUP_{HS} es una tensión de CA con respecto al nodo de conmutador X.

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

El segundo circuito de generación 72 tiene una segunda entrada 73 para recibir una tensión de suministro de lado de baja SUP_{LS} entre el circuito resonante y la línea de baja tensión 62. En particular, esta tensión de suministro de lado de baja SUP_{LS} se obtiene a partir de un nodo de conmutador entre el circuito resonante y un condensador en serie de lado de baja 76, condensador que a continuación se conecta a la línea de baja tensión 62.

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

Esta disposición logra la conmutación valle usando una acción de activación de fin de pendiente como se explica con más detalle a continuación. Esto se implementa usando un condensador 78 (C_{ONHS}) entre la línea de alta tensión 60 y el primer circuito de control 64, y un condensador 79 (C_{ONLS}) entre el nodo de conmutador X y el circuito de control de lado de baja 66.

El circuito de control de lado de alta 64 recibe la alimentación del circuito de tanque resonante por medio del condensador 74 y desde el primer circuito de generación 70, y el circuito de control de lado de baja 66 recibe la alimentación del circuito de tanque resonante por medio del condensador 74 y del segundo circuito de generación 72. Ambos suministros locales necesitan alimentarse 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 en el interior de los circuitos de generación 70, 72 como se muestra a continuación.

ES 2 750 025 T3

Toda la circuitería descrita puede implementarse usando componentes discretos de baja tensión, CI de baja tensión o una combinación de ambos, a excepción de los condensadores de detección de fin de pendiente 78, 79 y el transistor de suministro de alta tensión en el interior de cada circuito de generación.

5 La disposición de condensadores (C_{ONHS} , C_{ONLS}) se usa para garantizar que el conmutador de potencia se conecta a la tensión mínima a través de su propia capacitancia de salida (parásita). Esto implica una conmutación de tensión cero cuando hay una corriente suficientemente grande en el momento de la desconexión del conmutador de potencia complementario.

10 La comunicación entre el circuito de accionamiento de lado de alta y el de lado de baja se establece usando la información de la tensión de nodo de conmutador (V_X) y por medio de las resistencias R_{SS1} y R_{SS2} . Estas forman un divisor de potencial entre la línea de alta tensión y la línea de baja tensión, proporcionando una división 1:2 de la tensión en el terminal B. La salida se usa como una referencia con la que se compara la tensión de nodo de conmutador promedio, y el promedio se controla de este modo para que sea la mitad de la tensión en el nodo B.
15 Esto proporciona el control de equilibrio.

La señal de encendido no se transmite directamente pero la señal de apagado anterior provoca la conmutación de nodo de conmutador que a su vez se detecta por el otro dominio de tensión. En segundo lugar, la tensión promedio de nodo de conmutador está explícitamente controlada por un dominio, lo que implica el mismo tiempo de encendido que el otro dominio pero sin transmisión directa de ninguna señal de encendido entre los dominios de tensión.
20

En el ejemplo mostrado, la tensión generada por las resistencias R_{SS1} y R_{SS2} se usa para controlar el tiempo de encendido del conmutador de lado de alta 28. El tiempo de encendido el conmutador inferior se controla a continuación por medio de un sistema de retroalimentación. Una tensión de retroalimentación V_{CTRL} se compara con un nivel de referencia $V_{ESTABLECER}$ 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_{SALIDA} del conversor. La corriente de salida I_{SALIDA} se suministra a la cadena de LED, conectada entre LED+ y LED-, y al condensador de filtro de salida C_{CC} que proporciona una reducción de ondulación de 100 Hz.
25

30 Obsérvese que los roles del control de conmutador inferior y del conmutador superior pueden intercambiarse.

La tensión de retroalimentación es la tensión a través de una resistencia de salida R_{SALIDA} en respuesta a la corriente de salida I_{SALIDA} y la tensión V_{CTRL} se controla para que sea igual a la referencia $V_{ESTABLECER}$. Este bucle de control controla de este modo la corriente de salida del conversor I_{SALIDA} .
35

Las ventajas de usar estos circuitos de accionamiento locales son que solo los componentes de baja tensión baratos y rápidos están involucrados para controlar y accionar el conmutador de potencia local, excepto por un condensador pequeño y económico de unos pocos pF a través de cada conmutador de potencia, por ejemplo, un condensador de 500 V (es decir, los condensadores 78, 79). Esto da como resultado una ZVS automática (conmutación de tensión cero) o una VS (conmutación valle) para ambos conmutadores de potencia. Además, un suministro local de baja tensión suplementario simple y barato se obtiene a partir del circuito de tanque resonante usando componentes de baja tensión. A continuación, la tensión de suministro inicial antes del inicio de la oscilación puede suministrarse, por ejemplo, a través de un BJT (transistor de unión bipolar) de bajo coste de 500 V capaz de manejar unos pocos mA. En su lugar, puede usarse un MOSFET.
40
45

Excepto por algunos componentes de alta tensión, la circuitería de control local puede integrarse usando un proceso de CI de baja tensión (por ejemplo, 10 V a 25 V). El mismo CI puede usarse dos veces para accionar la puerta de lado de alta y de lado de baja. La tarea de control respectiva puede seleccionarse, por ejemplo, a través de componentes externos.
50

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

El primer circuito de control comprende un primer extremo de un circuito de detección de pendiente 80 que tiene como entrada la línea de alta tensión (nodo B). Un primer elemento de retención 82, en este ejemplo en la forma de un biestable de tipo D, se activa por el extremo del circuito de detección de pendiente 80 y genera una primera señal de control HS_ENCENDIDO para conmutar el conmutador de lado de alta a un primer estado de ENCENDIDO. Se proporciona a la entrada del reloj del biestable.
55

Un primer generador de señales 84 se usa para generar una segunda señal de control HS_APAGADO para conmutar el conmutador de lado de alta a un segundo estado. Su inversa se proporciona a la entrada de reinicio (inversa) del biestable 82. El primer generador de señales 84 tiene una entrada de referencia desde el divisor resistivo R_{SS1} , R_{SS2} para controlar la duración del primer estado.
60

De esta manera, el circuito de control de lado de alta 64 usa un mecanismo de detección de fin de pendiente formado por el condensador 78 y un circuito de diodos y resistencia (D_{NEG} , D_{POS} , $D_{APAGADO}$ y R_{CLK}) que activa el
65

ES 2 750 025 T3

biestable activado por pendiente positiva 82 a ENCENDIDO al final de la pendiente negativa de $V_{B,X}$ (es decir, V_B en relación con V_X) y conmuta el conmutador de potencia de lado de alta 28 a ENCENDIDO a través de la salida del biestable 82, PUERTA_HS.

- 5 El conmutador de potencia de lado de alta 28 se desconecta por medio de la señal de control HS_APAGADO de una manera que proporciona un equilibrio.

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

- 10 El primer pulso positivo de $V_{B,X}$ es con el lado de alta APAGADO y el lado de baja ENCENDIDO, de tal manera que V_X se empuja hacia abajo por el conmutador de lado de baja, por lo tanto, V_B es mayor que V_X . El conmutador de lado de baja se conecta solo después de que el conmutador de lado de alta se haya desconectado, como se muestra.

- 15 El inicio de la pendiente negativa en la tensión $V_{B,X}$ (provocado al desconectar el lado de baja, LS_APAGADO) empuja hacia abajo HS_ENCENDIDO (en relación con la tensión en el nodo de conmutador X), y el siguiente flanco ascendente solo surge al final de la pendiente. Una vez que el conmutador de lado de alta está ENCENDIDO existe la inmersión a cero en la tensión $V_{B,X}$.

- 20 La figura 10 muestra una implementación del circuito de control (segundo) de lado de baja 66 y la figura 11 muestra la operación usando formas de onda.

- 25 El segundo circuito de control comprende un segundo extremo del circuito de detección de pendiente 90 que tiene como entrada el nodo de conmutador X. Un segundo elemento de retención 92, nuevamente en la forma de biestable de tipo D activado por flanco positivo, se sincroniza por el extremo del circuito de detección de pendiente 90 y genera una tercera señal de control LS_ENCENDIDO para conmutar el conmutador de lado de baja a un primer estado, ENCENDIDO.

- 30 Un segundo generador de señales 94 se usa para generar una cuarta señal de control LS_APAGADO para conmutar el conmutador de lado de baja a un segundo estado. Su inverso se proporciona a la entrada de reinicio (inversa) del biestable 92. El segundo generador de señales 94 recibe la entrada de control de retroalimentación V_{CTRL} para controlar la duración del primer estado, ENCENDIDO, en función de la retroalimentación.

- 35 Por lo tanto, el circuito de control de lado de baja 66 también usa un mecanismo de detección de fin de pendiente formado por el condensador 79 y un circuito de diodos y resistencia (D_{NEG} , D_{POS} , $D_{APAGADO}$ y R_{CLK}) que activa el biestable activado por pendiente positiva en el final de la pendiente negativa en la tensión de nodo de conmutador V_X y conecta el conmutador de potencia de lado de baja 30 a través de la salida del biestable PUERTA_LS.

- 40 La figura 11 muestra las señales de control que surgen en el circuito.

- La primera inmersión en V_X es con el lado de alta APAGADO y el lado de baja ENCENDIDO, de tal manera que el conmutador de lado de baja empuja V_X hacia abajo.

- 45 El inicio de la pendiente negativa en la tensión V_X (provocado por desconectar el lado de alta, HS_APAGADO visto en la figura 9) empuja LS_ENCENDIDO hacia abajo, y el siguiente flanco ascendente solo surge al final de la pendiente. Una vez que el conmutador de lado de baja está ENCENDIDO, hay una caída a cero en la tensión V_X . El aumento de la tensión en el nodo de conmutador X se activa por la señal LS_APAGADO que desconecta el conmutador de lado de baja, con la sincronización basada en el control de retroalimentación implementado por el segundo generador de señales 94.

- 50 La figura 12 muestra el primer circuito de generación (lado de alta). Comprende un transistor de suministro 120 entre la línea de alta tensión (nodo B) y la salida LV_{HS} del primer circuito de generación. Se usa un circuito de bomba de carga 122 para convertir la tensión de $CA_{SUP_{HS}}$ en la primera entrada en una tensión de CC y almacenarla en un primer condensador 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 conmutador X.

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

- 60 Un circuito de bomba de carga 132 se usa para convertir la tensión de CA en la segunda entrada SUP_{LS} en una tensión de CC y almacenarla en un segundo condensador de salida C_o como la 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.

- 65 Por lo tanto, en ambos casos, el suministro de alimentación local tiene un transistor de baja corriente alta tensión (BJT o MOSFET) que carga un condensador de salida C_o antes de que se produzca el inicio de la oscilación. La

señal de puerta para transistor PUERTA LS PUERTA HS se controla para desconectar el transistor cuando se inicia la oscilación.

5 De esta manera, el transistor puede considerarse como un suministro primario para el arranque, y la retroalimentación del circuito resonante proporciona un suministro secundario que se usa una vez que el circuito está en oscilación.

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

Como se ha mencionado anteriormente, el convertor puede usarse dentro de un convertor de CA/CC, un convertor de CC/CC o un convertor de CC/CA. Puede usarse en un circuito de PFC frontal.

15 La aplicación de PFC frontal de un convertor de LLC plantea varios problemas para el control de retroalimentación de la disposición de conmutador inversor, que no puede dominarse por el enfoque de control de frecuencia convencional. Esto tiene que ver principalmente con los requisitos de alta relación de ganancia. La relación de ganancia es la relación entre la ganancia máxima y la mínima.

20 El problema de la relación de ganancia puede relajarse si en lugar de la frecuencia de conmutación, se usa un umbral para una variable de estado de LLC como la variable de manipulación para controlar la corriente de entrada. Por ejemplo, puede establecerse una tensión umbral para la tensión de condensador a través del condensador del tanque de LLC. Como alternativa, también puede usarse la tensión del transformador o la corriente de entrada del transformador.

25 La figura 14 muestra un circuito convertor de LLC de CA/CC que usa la tensión del condensador como la variable de control.

30 Como en la figura 1, el circuito tiene una entrada de red de CA 10 seguida de un rectificador 12. Los conmutadores 28, 30 del inversor de medio puente están controlados por un accionador de puerta 140 que está controlado por un controlador 142. El controlador emite una señal de accionamiento de puerta GS.

35 El controlador está provisto de un valor umbral que en este ejemplo es la tensión de condensador umbral (o de referencia) vC_ref . El controlador 142 recibe la cantidad medida, es decir, la tensión de condensador resonante real vC , y procesa el esquema de conmutación para el accionador de puerta 140 que a su vez controla el inversor 28, 30 y la tensión de nodo de conmutador Vx , es decir, la tensión en la salida del inversor de medio puente.

40 Por lo tanto, el controlador tiene un bucle de control exterior 144 para establecer un nivel umbral para el parámetro de retroalimentación eléctrica (la tensión de condensador) en función de la tensión de salida v_o en este ejemplo y la tensión y corriente de entrada v_m , i_m , y un bucle de control interior 142 para comparar el parámetro de retroalimentación eléctrica con el umbral para obtener la señal de accionamiento de puerta.

45 El bucle de control exterior 144 implementa un control de salida, así como la PFC, y el bucle de control interior 142 obtiene la señal de control de conmutación.

50 La figura 15 muestra el controlador 142 con más detalle. La tensión de condensador medida vC se compara con la referencia vC_ref por el comparador 150, y el resultado de la comparación se usa para restablecer un biestable 152 que genera la salida para el accionador de puerta 140. Un elemento de retardo 154 proporciona un pulso retardado de tal manera que la operación de restablecimiento tiene una duración fija (que es una función de la velocidad de reloj del biestable).

Este sistema de retroalimentación comprende un bucle de control de alta frecuencia implementado por el bucle de control interior 142.

55 El controlador de baja frecuencia exterior 144 recibe la tensión de red v_m , la corriente de red real i_m y la tensión de salida v_o y su punto de ajuste $ref\ v_o$ y los procesa, de acuerdo con las necesidades de factor de potencia, el valor de manipulación de vC_ref para la unidad de conmutación.

60 En este ejemplo, solo hay un valor umbral ($vC\ ref$) que se compara con una variable de estado (en este caso vC). Si la variable de estado supera el umbral, el biestable 152 en el controlador 142 se restablece y el inversor se desconecta a través del accionador de puerta, es decir, la tensión de nodo de conmutador se establece en su valor mínimo.

65 El inversor se vuelve a conectar un cierto tiempo después del evento de desconectado. Este tiempo se adapta para dar como resultado una operación simétrica, es decir, en un ciclo de trabajo del nodo de conmutador de 0,5.

La tensión de condensador es un ejemplo de variable de estado que se usa como una entrada de control para controlar la conmutación de inversor. Una variable de estado alternativa es la tensión de transformador. El esquema es similar pero tienen que cambiarse los signos. Por ejemplo, si se supera un umbral, el biestable 152 en el controlador 142 tiene que conectarse.

5 En otro esquema, hay dos umbrales. El inversor se desconecta (enciende) una vez que la variable de estado supera un primer umbral superior y el inversor se conecta (apaga) si la variable de estado pasa un segundo umbral. En este caso, el segundo umbral es una función del primer umbral y la tensión de entrada.

10 De esta forma, el circuito de control se adapta para establecer un primer umbral del parámetro de retroalimentación eléctrica para activar la señal de activación de puerta y un segundo umbral del parámetro de retroalimentación eléctrica para desactivar la señal de activación de puerta.

15 En lugar de usar un transformador como medio de aislamiento, también pueden usarse condensadores de aislamiento. Por ejemplo, usando un condensador de aislamiento adicional (por ejemplo, bloqueo de CC) entre el nodo de conmutador de inversor y el transformador, y otro entre el otro terminal de devanado de lado primario y el punto medio de los condensadores resonantes.

20 Como alternativa, con el fin de ahorrar componentes, los condensadores resonantes también pueden diseñarse para aislarse de la tensión de red (condensadores Y). En este caso ya no puede accederse directamente a la variable de estado (vC) mencionada anteriormente, pero puede obtenerse midiendo e integrando la corriente en los condensadores de aislamiento.

25 En cualquiera de estas configuraciones, el transformador no necesita estar aislado y puede simplificarse, en función del uso final del circuito.

Hay diversos esquemas de accionamiento que pueden usarse para accionar los conmutadores de lado de alta y de lado de baja. Además, el resonador puede ser autooscilante o puede accionarse por un circuito de control de frecuencia.

30 En general, se requiere un esquema de control para accionar los conmutadores 28, 30 en sus estados de encendido y apagado de tal manera que la tensión o la corriente de salida se regule a un cierto valor o intervalo de valores deseado y para un circuito de PFC también para implementar la corrección de factor de potencia.

35 Con el fin de explotar mejor el tren motriz y lograr la máxima eficacia, se desea operar el convertidor simétricamente (al menos a plena carga) y cargar el transformador y el rectificador en el lado secundario por igual. En el caso de un transformador con bobinados de salida con derivación central que son simétricos en términos de relaciones de rotación y fugas, puede garantizarse la simetría del lado secundario si el ciclo de trabajo del medio puente (es decir, su nodo de conmutador) se mantiene al 50 %

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

1. Conexión del MOSFET de lado de alta 28;
2. Conexión del MOSFET de lado de baja 30;
- 45 3. Desconexión del MOSFET de lado de alta 28;
4. Desconexión del MOSFET de lado de baja 30.

Hay varios esquemas conocidos que pueden usarse con el fin de lograr esto.

50 A. Vencendido-Vapagado es un esquema de control donde el número de transición 4 se inicia cuando alguna variable de estado cruza una cierta tensión umbral (Vencendido). Después de esto, el control espera durante un cierto tiempo (es decir, el tiempo muerto) antes de comenzar la transición 1. Este tiempo muerto garantiza que no se produzca la conducción cruzada o el disparo a través. El medio puente está ahora en estado encendido. Eventualmente, la misma o diferente variable de estado cruzará un segundo umbral (Vapagado), y se iniciará el número de transición 3. Al igual que con la transición al estado de encendido de medio puente, habrá un tiempo muerto antes de que se inicie el número de transición 2. El medio puente está ahora en estado apagado, y a continuación el procedimiento continúa desde el principio una vez más. Los valores reales de los dos umbrales se determinan mediante un bucle de control exterior con el fin de obtener la salida correcta. Este es un esquema de Vencendido-Vapagado en el que el umbral de tensión controla la conexión y la desconexión.

60 B. Vencendido-Tencendido es un esquema de control donde el número de transición 4 se inicia cuando alguna variable de estado cruza una cierta tensión umbral (Vencendido). Como en el caso A, se deja pasar el tiempo muerto antes de comenzar el número de transición 1. El número de transición 3 se inicia basándose en un cierto intervalo de tiempo. Este puede ser un intervalo fijo o un intervalo controlado. Una vez transcurrido el tiempo muerto, se inicia el número de transición 2, y a continuación el procedimiento continúa desde el principio una vez más. El valor real del umbral de tensión se determina mediante un bucle de control exterior con el fin de obtener

la salida correcta, y el umbral de tiempo puede ser fijo o controlarse dinámicamente. Este es un esquema de Vencendido-Tencendido en el que un umbral de tensión controla la activación (después de un tiempo muerto) y a continuación se controla la duración del período de encendido y apagado del medio puente.

5 C. Vapagado-Tapagado es similar al caso B, excepto que los umbrales de tensión y tiempo definen las transiciones de apagado y encendido del medio puente, respectivamente. El número de transición 3 se inicia cuando alguna variable de estado cruza una cierta tensión umbral (Vapagado). Se deja pasar el tiempo muerto antes de comenzar el número de transición 2. El número de transición 4 se inicia basándose un cierto intervalo de tiempo transcurrido. Una vez transcurrido el tiempo muerto, se inicia el número de transición 1, y a
10 continuación el procedimiento continúa desde el principio una vez más. Como en el caso B, el valor real del umbral de tensión se determina mediante un bucle de control exterior con el fin de producir la salida correcta, y el umbral de tiempo puede ser fijo o controlarse dinámicamente. Este es un esquema de Vapagado-Tapagado en el que un umbral de tensión controla la desactivación y se controla la duración del período de apagado del medio puente (es decir, entre desconectar el MOSFET de lado de alta y conectarlo nuevamente después de la duración del tiempo y el tiempo muerto).
15

En los casos B y C, a menudo puede desearse controlar el tiempo de encendido o apagado de tal manera que coincida con el tiempo de apagado o encendido respectivamente, es decir, en general es beneficioso operar con un ciclo de trabajo del 50 % como se ha mencionado anteriormente. No hay un cambiador de nivel, transformador de accionamiento de puerta o cualquier otro medio que pueda enviar señales sincronizadas entre los dominios de tensión primero y segundo del circuito de control local primero y segundo. Con el fin de permitir aún la operación constante del ciclo de trabajo, el primer circuito de control (64) controla el ciclo de trabajo controlando que la tensión de nodo de conmutador promedio (V_x) sea, por ejemplo, una fracción, preferentemente la mitad, de la tensión de bus. Esto se logra aumentando el tiempo de encendido del conmutador de lado de alta si la tensión del nodo de conmutador medida y filtrada (x) es menor que la mitad de la tensión de bus y disminuyendo el tiempo de encendido del conmutador de lado de alta si la tensión del nodo de conmutador medida y filtrada (x) es mayor que la mitad de la tensión de bus.
20
25

En resumen, las cuatro señales de conmutación que deben generarse por ciclo pueden dividirse en dos grupos: las dos señales de activación que pueden considerarse como señales "esclavas" que se generan en respuesta a las dos señales "maestras" (es decir, de desactivación). La activación del conmutador de lado de alta sigue a la desactivación del conmutador de lado de baja después de un cierto tiempo muerto y la activación del conmutador de lado de baja sigue a la desactivación del conmutador de lado de alta después de un cierto tiempo muerto. La sincronización se logra observando la transición de tensión de nodo de conmutador por medio de los circuitos de detección de fin de pendiente. Por el contrario, la señal "maestra" del primer circuito de control para controlar la conmutación del conmutador de lado de alta se genera basándose en la tensión de nodo de conmutador (promedio) filtrada (V_x). Por lo tanto, V_x se usa de dos maneras con el fin de sincronizar la conmutación de los dos dominios de tensión; en términos de los dos transitorios (de mayor a menor y de menor a mayor) y del valor promedio de V_x . La segunda señal "maestra" (y por lo tanto, la cuarta señal de conmutación necesaria restante) se genera por el
30 segundo circuito de control (84) para controlar la conmutación del conmutador de lado de baja y se basa en el parámetro de retroalimentación eléctrica de la entrada o salida del convertidor con el fin de proporcionar el control del factor de potencia del convertidor y/o la tensión o la corriente de salida. Esta señal determina la frecuencia de conmutación que, o bien se genera explícitamente en el caso de un control de frecuencia o implícitamente, en el caso de una detección de umbral de un circuito de tanque resonante autooscilante.
35
40
45

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

Para convertidores resonantes basados en umbrales (tales como los convertidores de LLC autooscilantes), no hay un oscilador presente en el circuito. La conmutación basada en umbrales tiene una ventaja específica con respecto a la linealidad de la función de transferencia cuando se usa el convertidor para cubrir un intervalo amplio de condiciones de operación de entrada y salida, tales como en una PFC de LLC, por ejemplo, y el control de frecuencia no es factible en tales casos debido a variaciones extremas en la ganancia que no pueden manejarse fácilmente.
50

El enfoque para la generación de las tensiones requeridas para conmutar los conmutadores de potencia de lado de alta y de lado de baja puede usarse, como se ha explicado anteriormente, en todas estas situaciones.
55

La invención puede usarse en diversas aplicaciones, tales como accionadores LED en general, y en particular en convertidores (aislantes) frontales para los accionadores independientes (de interior y de exterior), en particular miniaturizados o de tipos planos, accionadores fuera de línea para iluminación de una pista, accionadores de iluminación de emergencia, y accionadores LED en miniatura aislantes de una sola etapa. El convertidor también puede usarse en convertidores de potencia de tensión extra baja separados de una etapa (SELV) para tensiones de salida fijas y, en general, en aplicaciones electrónicas de consumo y de oficina, tales como adaptadores para ordenadores portátiles.
60
65

Los expertos en la materia pueden comprender y realizar otras variaciones de las realizaciones desveladas al

5 practicar la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la palabra "comprender" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. El mero hecho de que ciertas medidas se mencionen en las reivindicaciones dependientes recíprocamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda usarse con ventaja. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debería interpretarse como limitante del alcance.

REIVINDICACIONES

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

5 un par de líneas de tensión de CC dispuestas para proporcionar una tensión de bus (Vbus), en el que el par de líneas de tensión de CC comprende una línea de alta tensión (60) y una línea de baja tensión (62);
 un inversor de medio puente (31) en serie entre la línea de alta tensión (60) y la línea de baja tensión (62), en el que el inversor de medio puente (31) comprende un conmutador de lado de alta (28) y un conmutador de lado de baja (30), en el que una salida del inversor de medio puente (31) se define desde un nodo de conmutador (X)
 10 entre el conmutador de lado de alta (28) y el conmutador de lado de baja (30);
 un circuito resonante (25) acoplado a la salida del inversor de medio puente (31);
 un primer circuito de control (64) para generar una señal de accionamiento de puerta para controlar la conmutación del conmutador de lado de alta (28), y
 15 un segundo circuito de control (66) para generar una señal de accionamiento de puerta para controlar la conmutación del conmutador de lado de baja (30) en función de un parámetro de retroalimentación eléctrica (Vx), caracterizado por que:
 el primer circuito de control está dispuesto para controlar un ciclo de trabajo del conmutador de lado de alta (28) aumentando el tiempo de encendido del conmutador de lado de alta (28) si la tensión de nodo de conmutador promedio es menor que una fracción de la tensión de bus (Vbus) y disminuyendo el tiempo de encendido del
 20 conmutador de lado de alta (28) si la tensión de nodo de conmutador promedio es mayor que la fracción de la tensión de bus (Vbus).

2. Un conversor resonante de medio puente de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer circuito de control (64) está dispuesto para conectar el conmutador de lado de alta (28) después de que el conmutador de lado de baja (30) se desconecte y haya transcurrido un tiempo muerto.

3. Un conversor resonante de medio puente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo circuito de control (66) está dispuesto para conectar el conmutador de lado de baja (30) después de que el conmutador de lado de alta (28) se desconecte y haya transcurrido un tiempo muerto.

4. Un conversor resonante de medio puente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo circuito de control (66) está dispuesto para controlar una potencia de salida y/o un factor de potencia del conversor resonante de medio puente controlando el conmutador de lado de baja (30).

5. Un conversor de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el primer circuito de control (64) comprende:

40 un primer extremo de un circuito de detección de pendiente (80) que tiene como entrada la línea de alta tensión;
 un primer elemento de retención (82) activado por el extremo del circuito de detección de pendiente (80) y que genera una primera señal de control para conmutar el conmutador de lado de alta (28) a un primer estado; y
 un primer generador de señales (84) para generar una segunda señal de control para conmutar el conmutador de lado de alta (28) a un segundo estado.

6. Un conversor de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el primer generador de señales tiene una entrada de referencia para controlar la duración del primer estado.

7. Un conversor de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el segundo circuito de control (66) comprende:

50 un segundo extremo de un circuito de detección de pendiente (90) que tiene como entrada el nodo de conmutador (X);
 un segundo elemento de retención (92) activado por el extremo del circuito de detección de pendiente y que genera una tercera señal de control para conmutar el conmutador de lado de baja a un primer estado; y
 un segundo generador de señales (94) para generar una cuarta señal de control para conmutar el conmutador de
 55 lado de baja a un segundo estado.

8. Un conversor de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el segundo generador de señales (94) tiene una entrada de control de retroalimentación para controlar la duración del primer estado en función del parámetro de retroalimentación eléctrica.

9. Un conversor de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el parámetro de retroalimentación eléctrica comprende una tensión que depende de la corriente de salida suministrada por el conversor a una carga.

10. Un conversor de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el circuito resonante (25) comprende un
 65 circuito de LLC.

11. Un convertor de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que cada uno de los circuitos de control primero y segundo comprende un circuito integrado, por ejemplo, unos circuitos integrados del mismo tipo.

12. Un aparato que comprende:

el convertor de acuerdo con cualquier reivindicación anterior; y
la carga de salida.

13. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la carga de salida es una disposición LED de uno o más LED.

14. Un método de conversión, que comprende:

operar un inversor de medio puente (31) que comprende un conmutador de lado de alta (28) y un conmutador de lado de baja (30) entre una línea de alta tensión de CC (6) y una línea de baja tensión de CC (62) que proporciona una tensión de bus (V_{bus}), usando una señal de accionamiento de puerta y proporcionando una salida desde un nodo de conmutador (X) entre el conmutador de lado de alta (28) y el conmutador de lado de baja (30);

proporcionar la salida del inversor de medio puente (31) a un circuito resonante (25);

generar una señal de accionamiento de puerta usando un primer circuito de control (64), para controlar un ciclo de trabajo del conmutador de lado de alta (28) y

generar una señal de accionamiento de puerta usando un segundo circuito de control (66), para controlar la conmutación del conmutador de lado de baja (30) en función de un parámetro de retroalimentación eléctrica (V_x), caracterizado por que:

generar una señal de accionamiento de puerta para controlar el ciclo de trabajo del conmutador de lado de alta (28) se realiza aumentando el tiempo de encendido del conmutador de lado de alta (28) si la tensión de nodo de conmutador promedio es menor que una fracción de la tensión de bus (V_{bus}) y disminuyendo el tiempo de encendido del conmutador de lado de alta (28) si la tensión de nodo de conmutador promedio es mayor que la fracción de la tensión de bus (V_{bus}).

15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende además generar la primera tensión de suministro a partir de la línea de alta tensión y a partir de la tensión en el nodo de conmutador, y generar la segunda tensión de suministro a partir de la línea de baja tensión y a partir de la tensión en el nodo de conmutador.

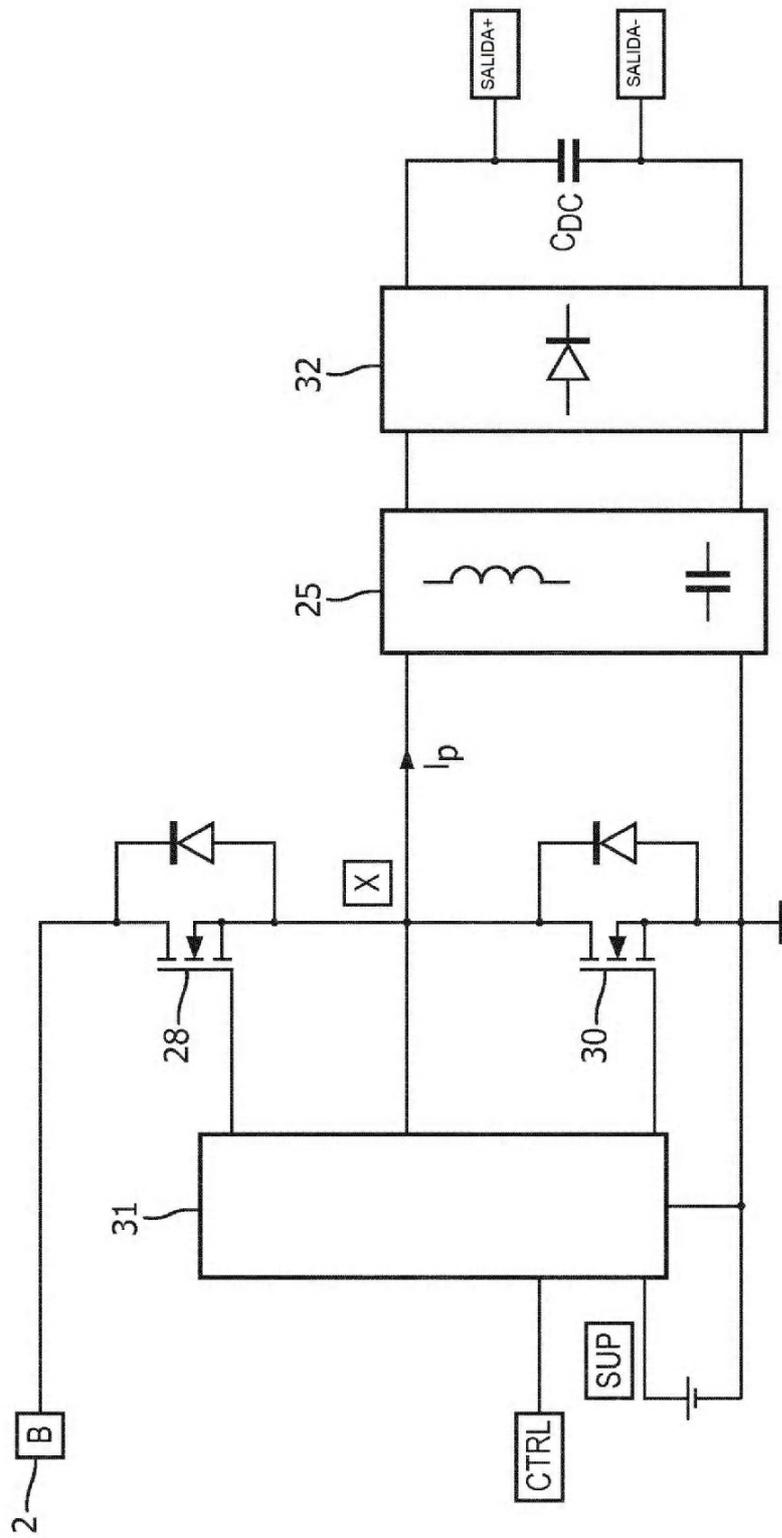


FIG. 1

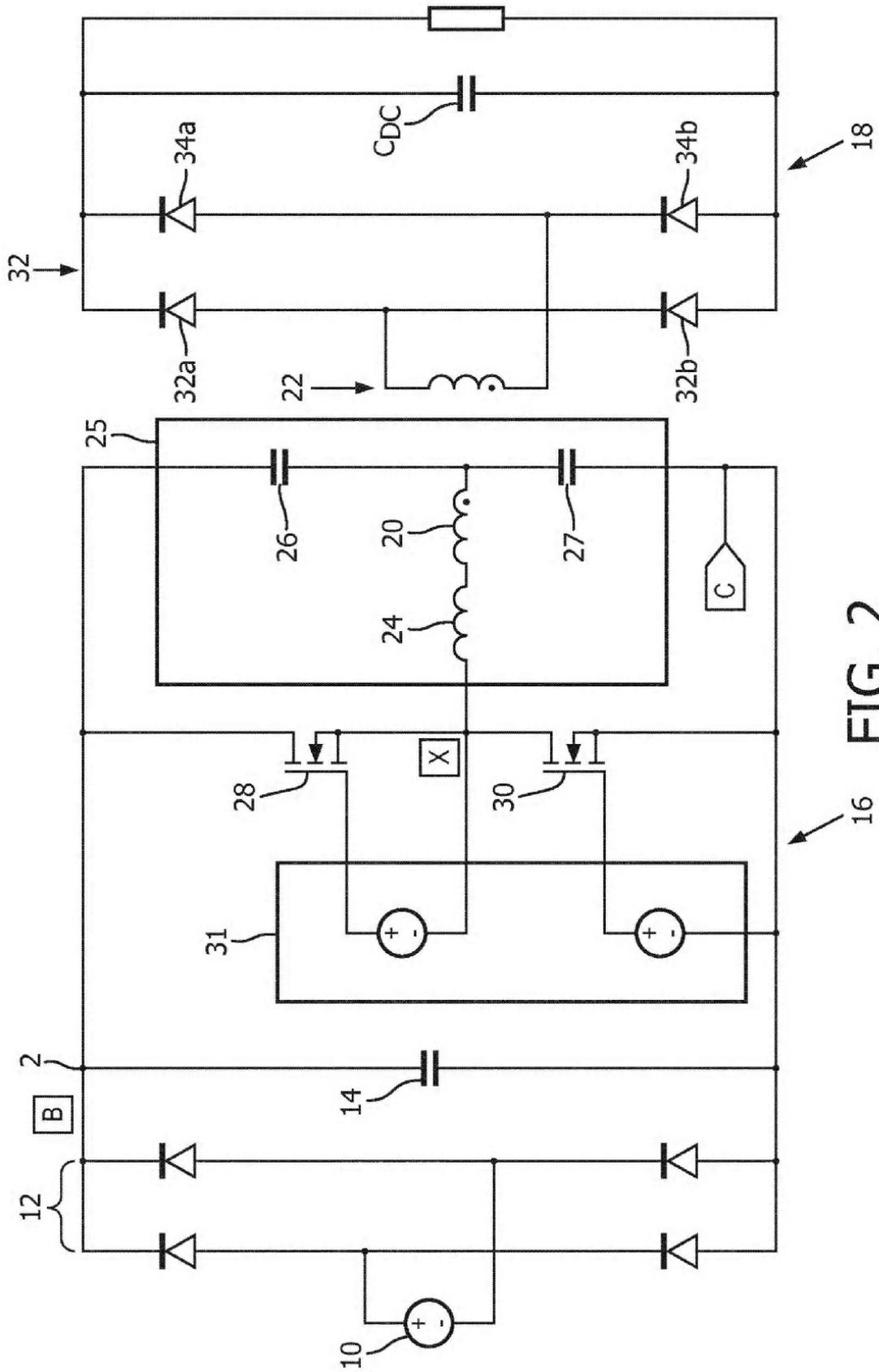


FIG. 2

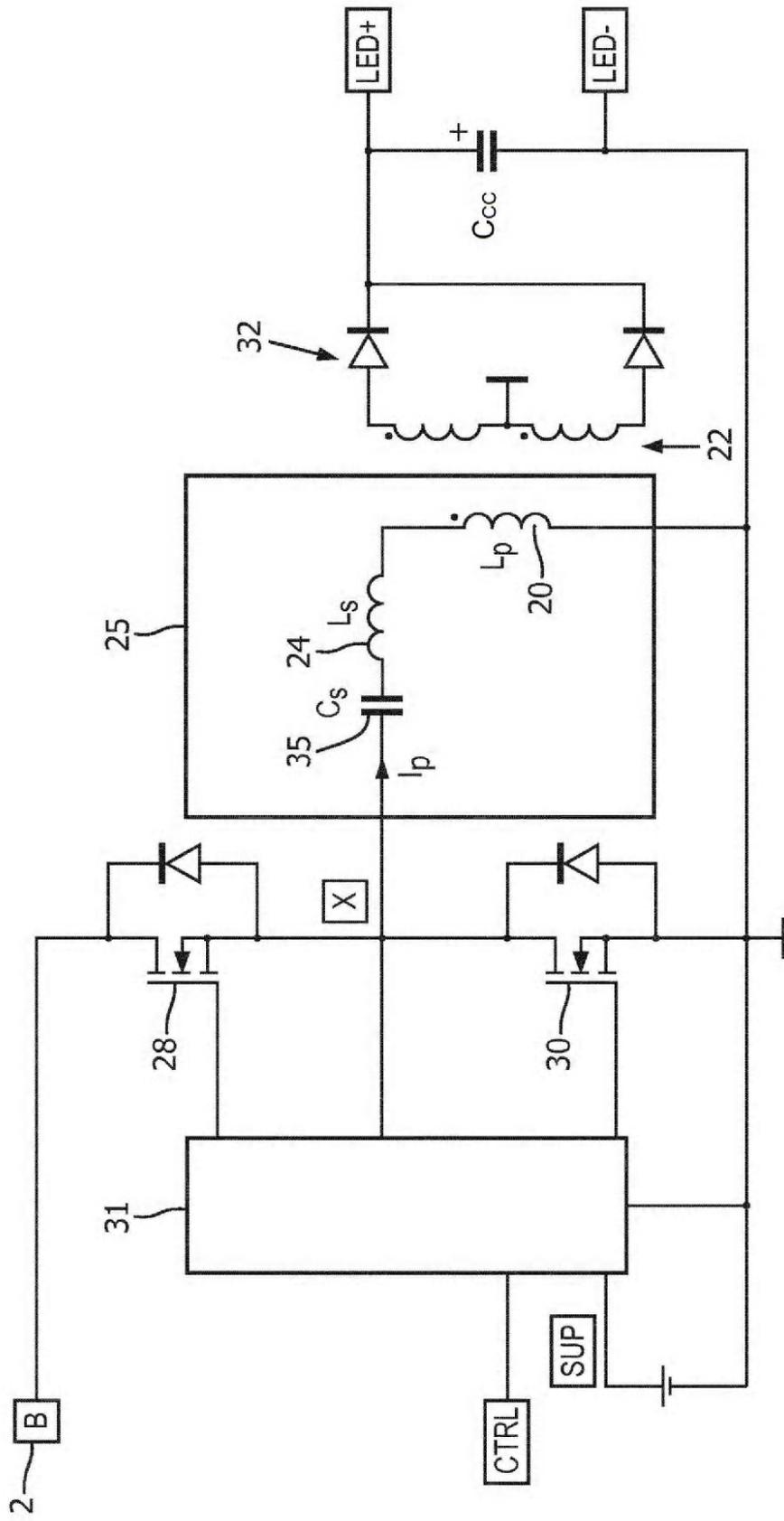


FIG. 3

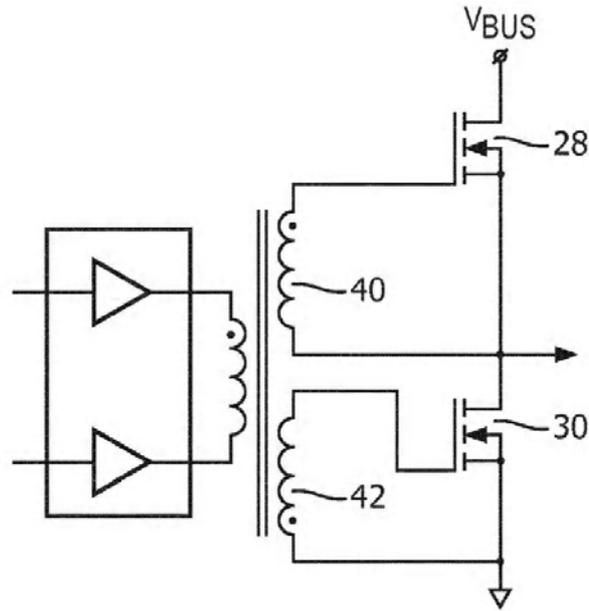


FIG. 4

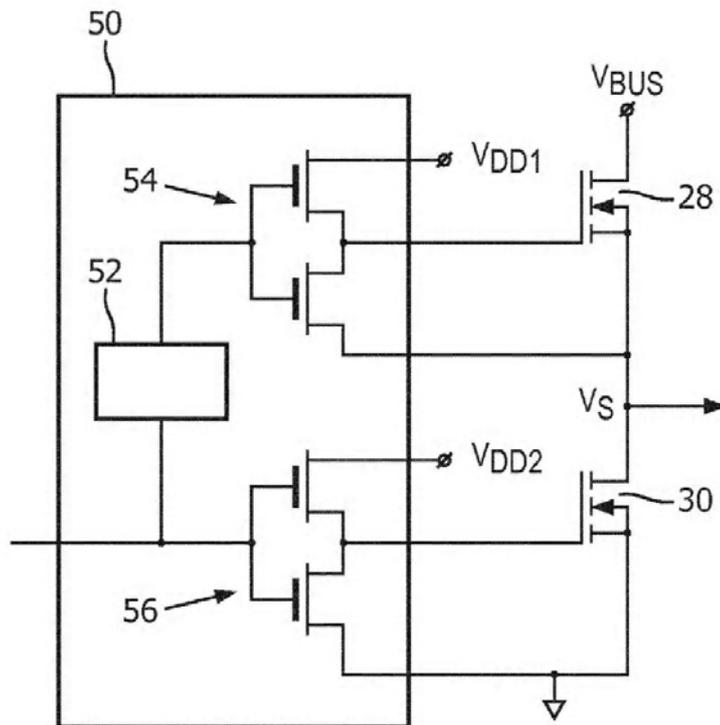


FIG. 5

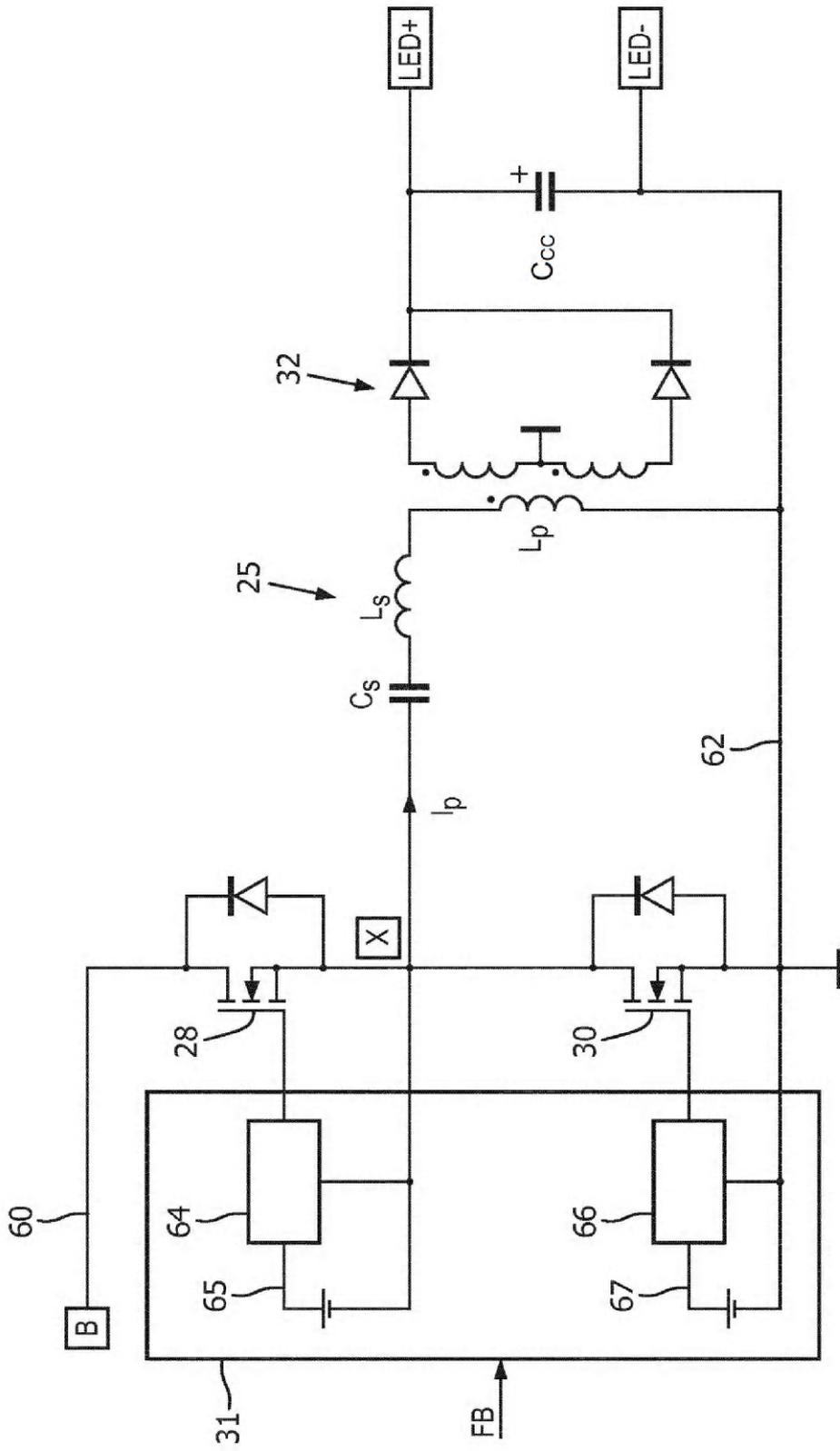


FIG. 6

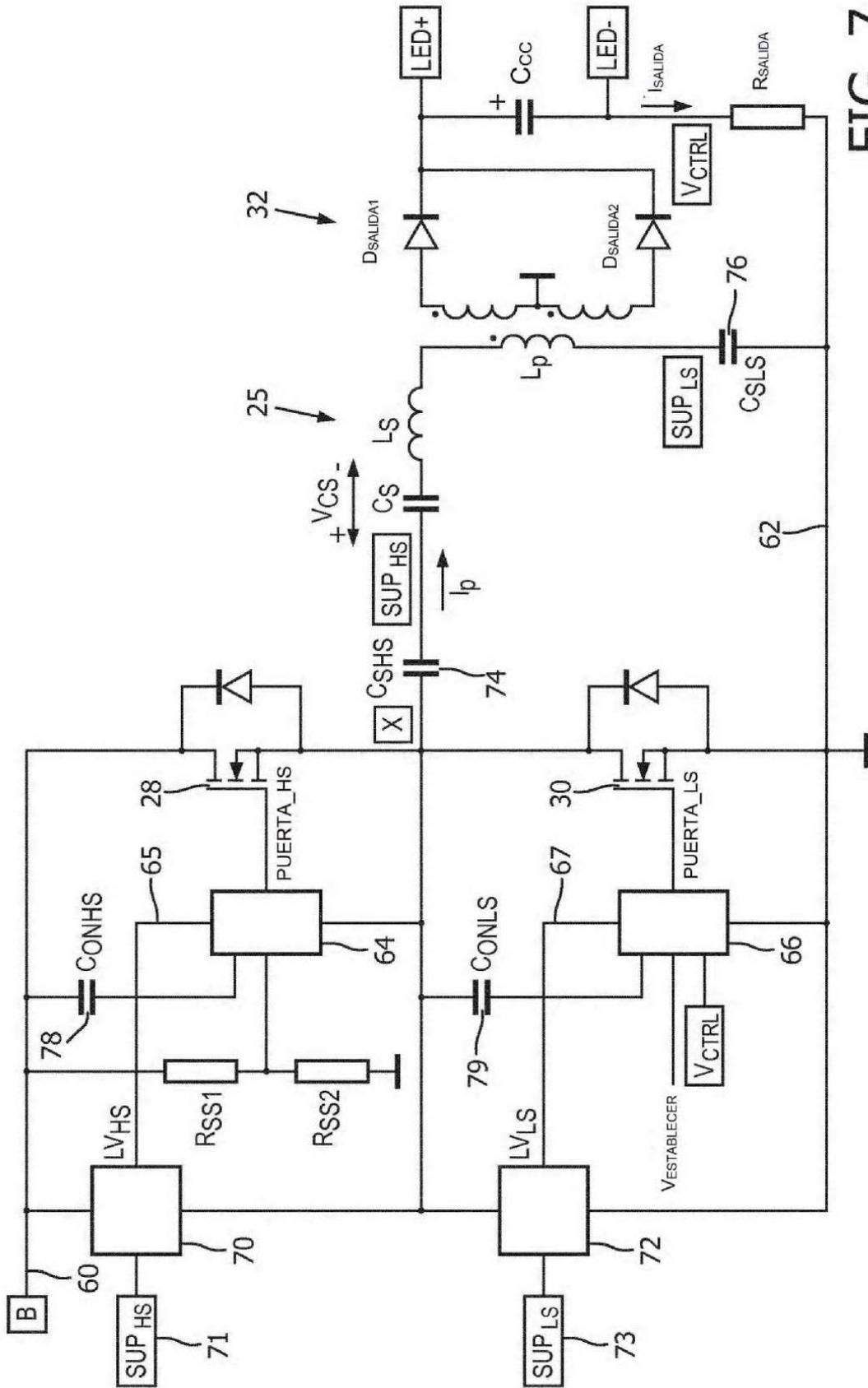


FIG. 7

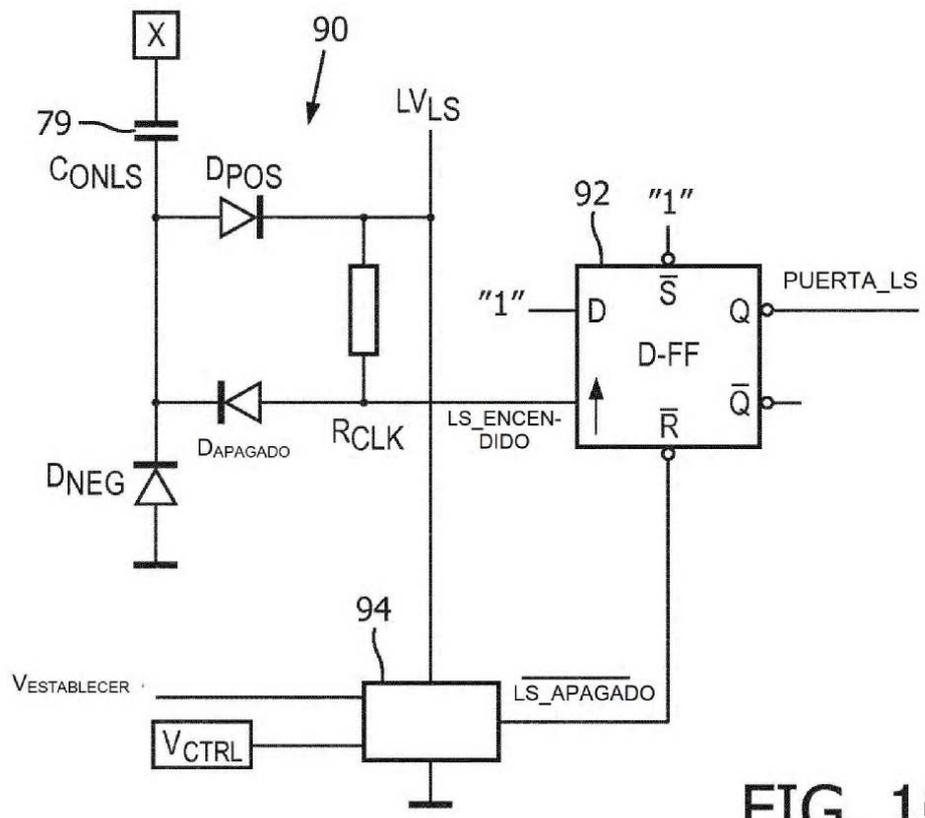


FIG. 10

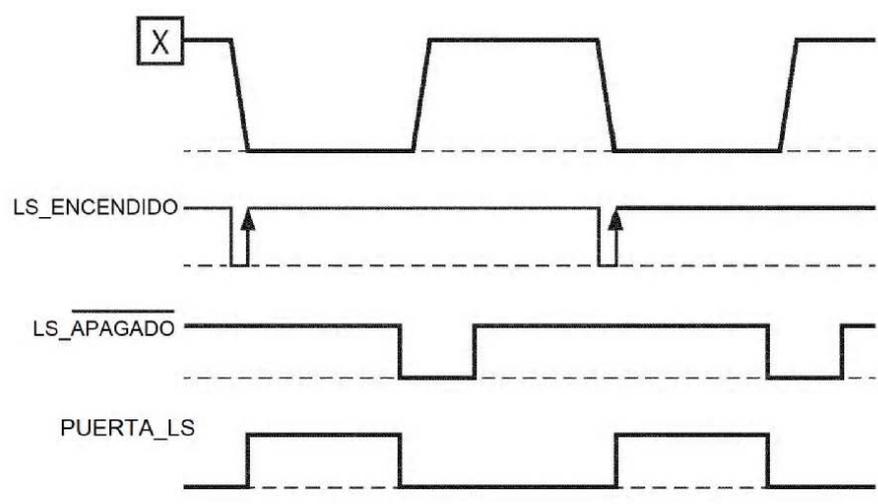


FIG. 11

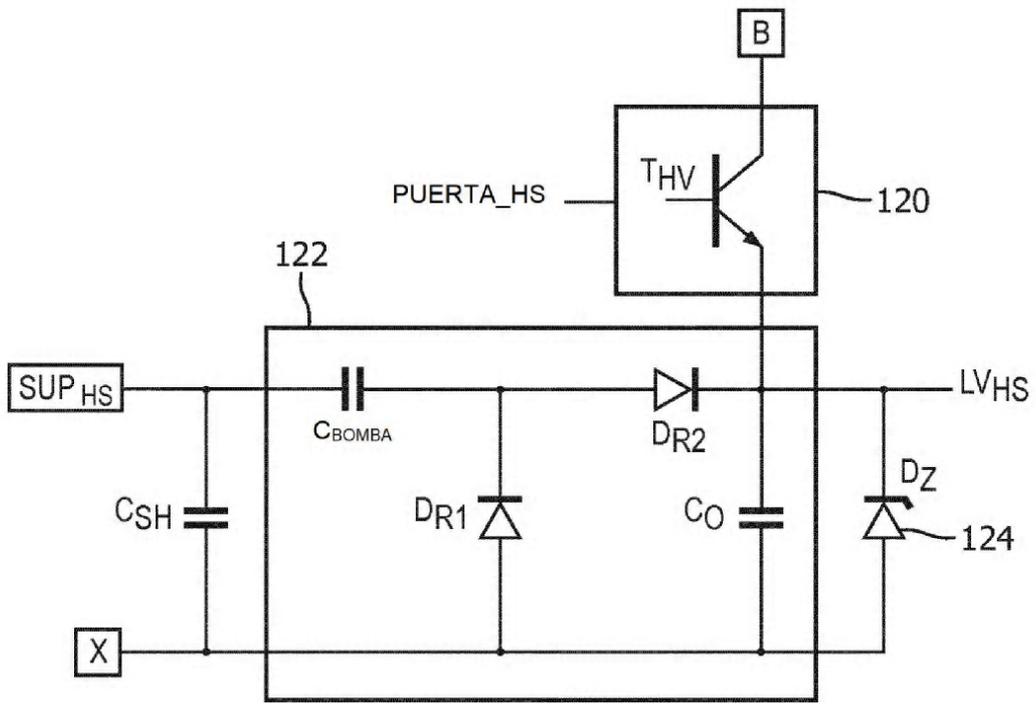


FIG. 12

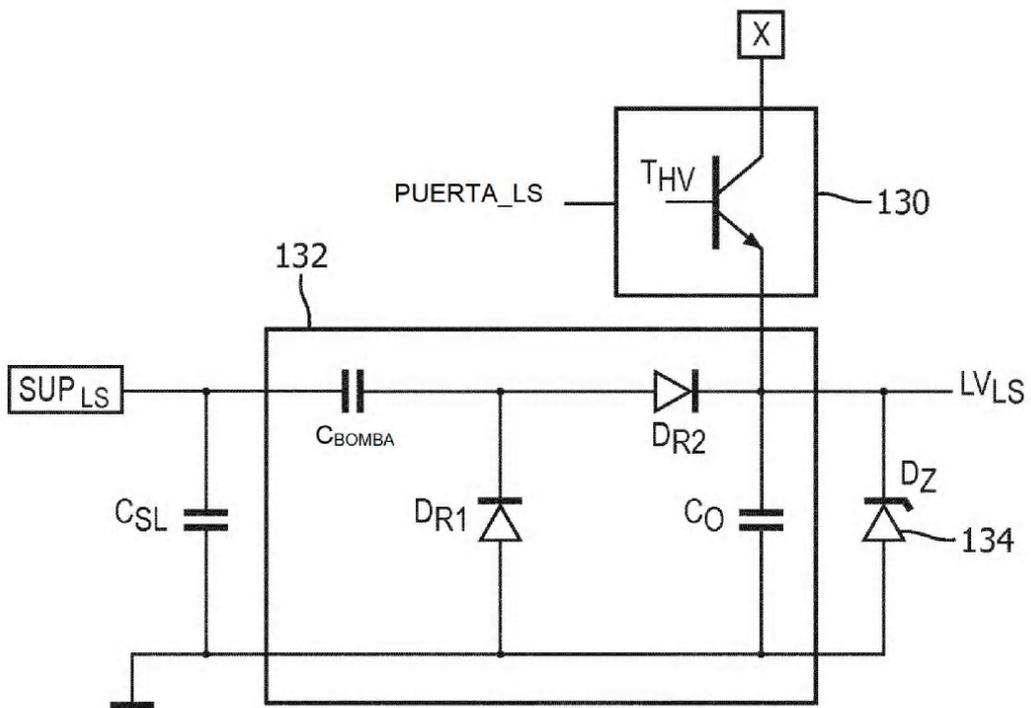


FIG. 13

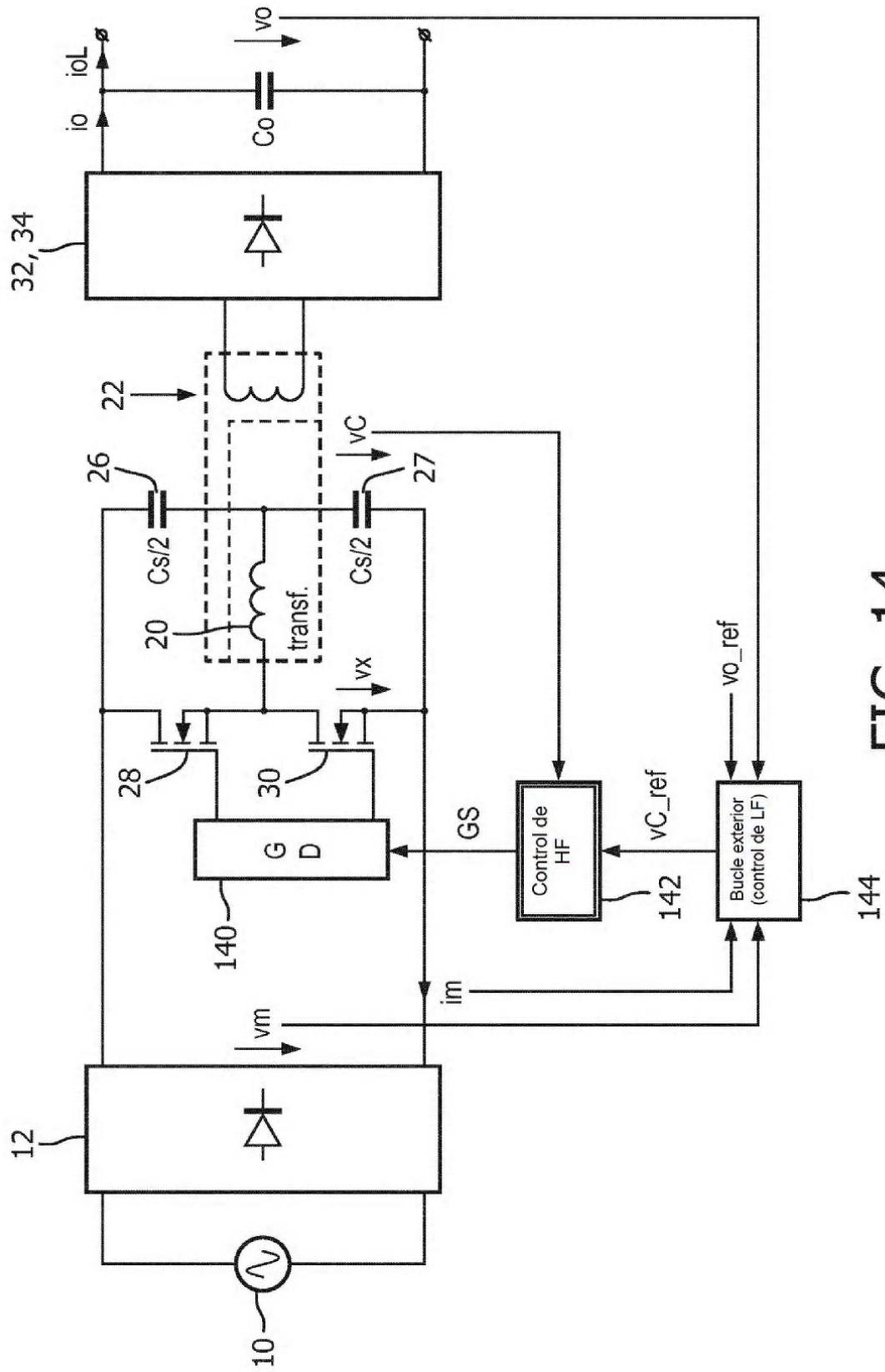


FIG. 14

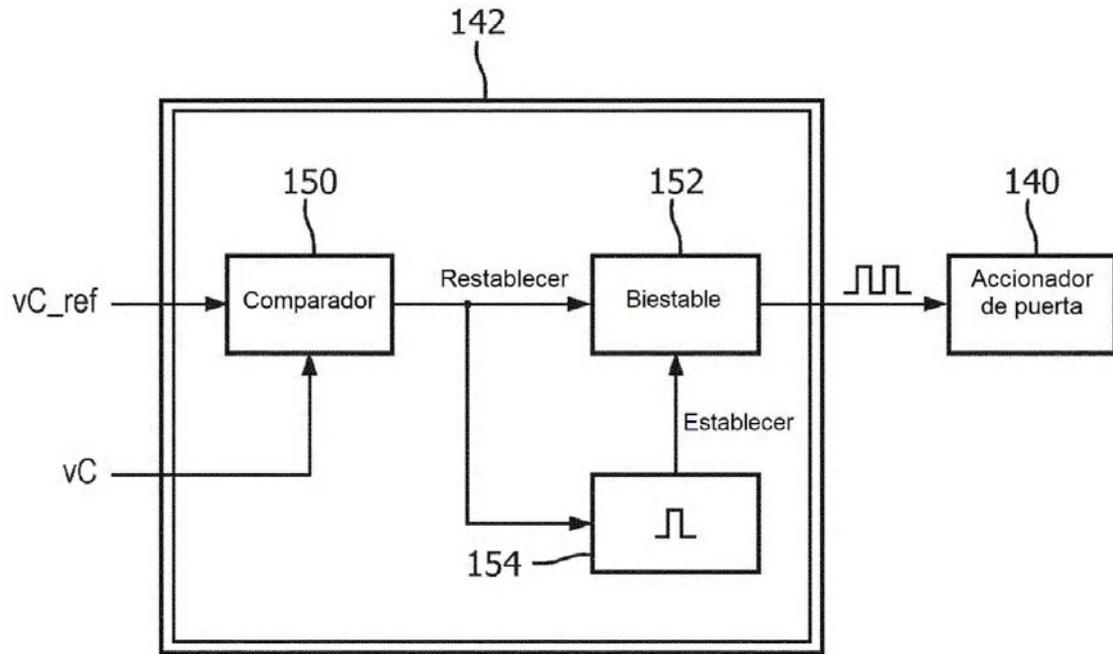


FIG. 15