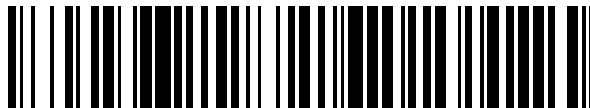


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 299**

51 Int. Cl.:

**H02M 3/335** (2006.01)

**H01F 27/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.03.2012 PCT/US2012/030301**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.09.2012 WO12129485**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2012 E 12761425 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019 EP 2689522**

54 Título: **Elementos magnéticos integrados con circuito de accionamiento aislado**

30 Prioridad:

**23.03.2011 US 201161466824 P**

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

**22.06.2020**

73 Titular/es:

**BEL POWER SOLUTIONS INC. (100.0%)  
2390 Walsh Avenue  
Santa Clara, CA 95051, US**

72 Inventor/es:

**BRKOVIC, MILIVOJE**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 768 299 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

Elementos magnéticos integrados con circuito de accionamiento aislado

La presente invención se refiere en general a convertidores de potencia de modo de conmutación. Más particularmente, la presente invención se refiere a métodos y dispositivos para proporcionar un circuito de accionamiento aislado integrado en un transformador de potencia.

antecedentes de la técnica

Un convertidor de potencia de modo de conmutación usa típicamente un inductor, un transformador, un condensador, o alguna combinación de los mismos, como elementos de almacenamiento de energía para transferir energía desde una fuente de entrada a una carga de salida en pulsos discretos. Se agrega circuitería adicional para mantener un voltaje constante o corriente constante dentro de los límites de carga del circuito. El uso de un transformador permite que la salida esté aislada eléctricamente de la fuente de entrada.

Los nuevos desafíos en la industria para los diseñadores de fuentes de potencia de DC/DC exigen una mayor eficiencia y densidad de potencia. Esto ha resultado en el uso de rectificadores sincrónicos que se implementan al reemplazar los diodos rectificadores en la salida con dispositivos MOSFET.

El uso de rectificadores sincrónicos autoaccionados en diversas topologías de convertidor es atractivo y popular debido a su simplicidad. Esto se debe principalmente a la falta de necesidad de aislamiento adicional entre las señales del accionador para los conmutadores del lado de entrada y los rectificadores sincrónicos. Sin embargo, la simplicidad tiene sus inconvenientes. Estos inconvenientes incluyen: (a) conducción cruzada entre los rectificadores sincrónicos y los conmutadores laterales primarios; (b) el voltaje de accionamiento, derivado de un transformador de potencia, varía con los cambios en el voltaje de entrada y, por lo tanto, requiere una circuitería de sujeción adicional y da como resultado pérdidas adicionales; y (c) la temporización entre las señales del variador depende en gran medida de los parásitos del circuito.

Una solución es utilizar el accionamiento directo para los rectificadores sincrónicos con temporización bien controlada entre las señales de accionamiento para los conmutadores principales (lado de entrada) y los rectificadores sincrónicos (lado de salida). Por lo tanto, esta solución permite un funcionamiento eficiente de los rectificadores sincrónicos incluso a altas frecuencias de conmutación. Otro beneficio adicional de los rectificadores sincrónicos de accionamiento directo es que el voltaje de accionamiento (compuerta a fuente) es constante e independiente del voltaje de entrada, lo que mejora aún más la eficiencia en un amplio rango de voltaje de entrada.

Se han propuesto diversos circuitos de accionamiento aislados en la técnica anterior. La técnica más común para proporcionar aislamiento es el uso de un transformador de accionamiento. Se han propuesto diversas soluciones que utilizan un transformador de accionamiento, todas las cuales requieren un núcleo magnético separado para el transformador de accionamiento.

Svardsoj propone una solución en la patente U.S. No. 5,907,481 en la que una señal PWM se alimenta a un circuito de control de conmutador para los conmutadores del lado primario y a un transformador de accionamiento con sus salidas alimentando un circuito de control de conmutador para los rectificadores sincrónicos. Una desventaja de esta solución es que el transformador de accionamiento solo transfiere la señal PWM de un lado del convertidor al otro lado y requiere una circuitería de control de conmutador adicional, así como una fuente de potencia para los conmutadores de accionamiento.

En las patentes U.S. No. 6.804.125 y 7.102.898, Brkovic propuso un circuito de accionamiento aislado mejorado que utiliza un transformador de accionamiento que proporciona potencia y retardos apropiados a los conmutadores primarios y los rectificadores sincrónicos. Este circuito aprovecha la inductancia de fuga de los devanados del transformador de accionamiento, así como la capacitancia de entrada de los conmutadores primarios (MOSFET) para proporcionar los retrasos necesarios. La circuitería divulga además medios para deshabilitar o habilitar el devanado primario desde una condición detectada en el lado secundario incluso con un circuito de control y retroalimentación ubicado en el lado de salida.

Un convertidor de DC a DC aislado de la técnica anterior que emplea un convertidor de DC a DC de doble extremo que tiene un circuito primario de medio puente y un circuito secundario de onda completa que emplea rectificadores  $S_1$  y  $S_2$  sincrónicos se muestra en la figura 1. El circuito de la figura 1 incluye conmutadores  $Q_1$  y  $Q_2$  (también llamados conmutadores de potencia controlables primarios), condensadores  $C_1$  y  $C_2$ , un transformador  $T_1$  de aislamiento de potencia, rectificadores  $S_1$  y  $S_2$  sincrónicos, inductor de salida  $L_o$  y condensador  $C_o$ . El voltaje de entrada  $V_{ENTRADA}$  se divide con condensadores de filtrado  $C_1$  y  $C_2$ . Un extremo del devanado  $N_p$  primario del transformador  $T_1$  está conectado al nodo común de los condensadores  $C_1$  y  $C_2$  mientras que el segundo extremo está conectado al nodo común de los conmutadores  $Q_1$  y  $Q_2$ . Dos devanados secundarios  $N_{S1}$  y  $N_{S2}$  son derivados en el centro en un nodo CT común. El nodo común CT está conectado a un filtro de salida de paso bajo que incluye el inductor  $L_o$  y el condensador  $C_o$  conectado a través de la salida del convertidor y una carga. El segundo extremo del devanado  $N_{S1}$  está conectado al rectificador  $S_1$  sincrónico mientras que el segundo extremo del devanado  $N_{S2}$  está conectado al rectificador  $S_2$  sincrónico. La polaridad de los devanados del transformador  $T_1$  se elige de tal manera que cuando el

conmutador  $Q_1$  está encendido, el rectificador  $S_1$  síncrono está encendido y  $S_2$  está apagado. Por el contrario, cuando el conmutador  $Q_2$  está encendido, el rectificador  $S_1$  síncrono está apagado y  $S_2$  está encendido. Los conmutadores primarios  $Q_1$  y  $Q_2$  se ejemplifican como MOSFET (comúnmente utilizados hoy) pero también pueden realizarse como IGBT u otros conmutadores controlables.

- 5 El voltaje de salida  $V_{\text{SALIDA}}$  se alimenta a un CIRCUITO DE CONTROL que genera dos señales de salida, SALIDA A y SALIDA B que tienen un cambio de fase de  $180^\circ$  que se alimenta a un CIRCUITO DE CONTROL DE CONMUTADOR que genera cuatro señales  $GQ_1$ ,  $GQ_2$ ,  $GS_1$  y  $GS_2$  para activar los conmutadores  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $S_1$  y  $S_2$ , respectivamente.

10 Las formas de onda salientes que demuestran el funcionamiento de la circuitería en el convertidor que se muestra en la figura 1 se ilustran en la figura 2. Se supone, por simplicidad de explicación, que todas las formas de onda de voltaje (excepto SALIDA A y SALIDA B) tienen tiempos de subida y bajada finitos y que todos los conmutadores tienen voltajes de umbral a la mitad de la amplitud de voltaje de las señales del accionador. Además, los tiempos de subida y bajada son exagerados en relación con el período de cambio  $T_S$  para fines de explicación.

En las formas de onda de la figura 2:

- $t_{d1}$  representa el intervalo de tiempo entre apagar el rectificador  $S_2$  síncrono y encender el conmutador  $Q_1$ .
- 15  $t_{d2}$  representa el intervalo de tiempo entre apagar el conmutador  $Q_1$  y encender el rectificador  $S_2$  síncrono.
- $t_{d3}$  representa el intervalo de tiempo entre apagar el rectificador  $S_1$  síncrono y encender el conmutador  $Q_2$ . En la práctica, generalmente  $t_{d1} \approx t_{d3}$ .
- $t_{d4}$  representa el intervalo de tiempo entre apagar el conmutador  $Q_2$  y encender el rectificador  $S_1$  síncrono. En la práctica, generalmente  $t_{d2} \approx t_{d4}$ .
- 20  $t_a$  representa el tiempo de subida de  $V_{G1}$  de cero al voltaje de umbral del conmutador  $Q_1$ . Este es también el tiempo durante el cual el voltaje  $V_{G1}$  no es cero y es positivo, mientras que el voltaje  $V_P$  sigue siendo cero.
- $t_b$  representa el tiempo de caída de  $V_{G1}$  desde el voltaje de accionamiento hasta el voltaje umbral del conmutador  $Q_1$ . Este es también el tiempo durante el cual el voltaje  $V_{G1}$  no es cero y es positivo, mientras que el voltaje  $V_P$  no es cero y sigue siendo positivo ( $V_{\text{ENTRADA}}/2$ ).
- 25  $t_c$  representa el tiempo de subida de  $V_{G2}$  desde el voltaje de accionamiento hasta el voltaje umbral del conmutador  $Q_2$ . Este es también el tiempo durante el cual el voltaje  $V_{G2}$  no es cero y es positivo, mientras que el voltaje  $V_P$  sigue siendo cero.
- $t_d$  representa el tiempo de caída de  $V_{G2}$  desde el voltaje de accionamiento hasta el voltaje umbral del conmutador  $Q_2$ . Este es también el tiempo durante el cual el voltaje  $V_{G2}$  no es cero y es positivo, mientras que el voltaje  $V_P$  no es cero y es negativo ( $-V_{\text{ENTRADA}}/2$ ).
- 30  $t_p$  representa el tiempo durante el cual  $Q_1$  está encendido, el voltaje  $V_P$  es positivo ( $V_{\text{ENTRADA}}/2$ ), el voltaje  $V_{S2}$  es positivo y  $S_2$  está apagado.
- $t_n$  representa el tiempo durante el cual  $Q_2$  está encendido, el voltaje  $V_P$  es negativo ( $-V_{\text{ENTRADA}}/2$ ), el voltaje  $V_{S1}$  es positivo y  $S_1$  está apagado.
- 35  $T_S$  representa el período de conmutación del convertidor.

D representa el ciclo de trabajo de las señales lógicas SALIDA A y SALIDA B y se define como una porción de la mitad del período de conmutación  $T_S$  durante el cual las señales SALIDA A o SALIDA B son lógicamente altas. SALIDA A y SALIDA B se desplazan en fase de  $180^\circ$  y nunca alcanzan un nivel lógico alto al mismo tiempo.

40 En  $t = 0$ , la señal SALIDA A se vuelve alta, mientras que la señal SALIDA B es baja. En el mismo momento, el voltaje  $V_{GS2}$  comienza a caer y cuando cae a cero, el voltaje  $V_{G1}$  comienza a subir. Después del tiempo  $t_a$ , el voltaje  $V_{G1}$  alcanza el voltaje de  $Q_1$  umbral, y  $Q_1$  se enciende. En ese momento, el voltaje  $V_P$  comienza a aumentar a su valor  $V_{\text{ENTRADA}}/2$  positivo. Se tiene en cuenta que durante el tiempo  $t_a$ , el voltaje  $V_P$  sigue siendo cero (acortado por la corriente del inductor de salida que fluye en ambos devanados  $N_{S1}$  y  $N_{S2}$  secundarios en direcciones opuestas).

45 Durante el tiempo  $t_p$ , la potencia se transfiere desde la entrada  $V_{\text{ENTRADA}}$  a la salida  $V_{\text{SALIDA}}$  del convertidor a través del conmutador  $Q_1$ , el devanado  $N_p$  primario, el devanado  $N_{S1}$  secundario, el rectificador  $S_1$  síncrono y el inductor  $L_o$  de salida.

50 En  $t = DT_S/2$ , la señal SALIDA A se vuelve cero (lógica baja), la señal SALIDA B sigue siendo baja, el voltaje  $V_{G1}$  comienza a caer y después del tiempo  $t_b$ , alcanza el umbral de apagado del conmutador  $Q_1$ , y  $Q_1$  se apaga. Una vez que el voltaje  $V_{G1}$  llega a cero, el voltaje  $V_{GS2}$  aumenta y el rectificador  $S_2$  síncrono se enciende a voltaje  $V_{S2}$  cero después del tiempo  $t_{d2}$ . Se tiene en cuenta que durante el tiempo  $t_b$ , el voltaje  $V_{G1}$  cae mientras que el voltaje  $V_P$  está en  $V_{\text{ENTRADA}}/2$ . En la realización práctica, el voltaje permanece positivo en  $V_{\text{ENTRADA}}/2$  hasta que  $V_{G1}$  cae a cero. Durante

el tiempo  $t_x$ , la corriente del inductor de salida se divide entre los dos devanados secundarios y los rectificadores  $S_1$  y  $S_2$  sincrónicos conductores causando un voltaje cercano a cero en todos los devanados del transformador  $T_2$ .

En  $t = T_S/2$ , la señal SALIDA B se vuelve alta, mientras que la señal SALIDA A es baja. En el mismo momento, el voltaje  $V_{GS1}$  comienza a caer y cuando cae a cero, el voltaje  $V_{G2}$  comienza a subir. Después del tiempo  $t_c$ , el voltaje  $V_{G2}$  alcanza el voltaje de  $Q_2$  umbral y  $Q_2$  se enciende. En ese momento, el voltaje  $V_P$  comienza a caer a su valor negativo  $V_{ENTRADA}/2$ . Se tiene en cuenta que durante el tiempo  $t_c$ , el voltaje  $V_P$  sigue siendo cero (acortado por la corriente del inductor de salida que fluye en ambos devanados  $N_{S1}$  y  $N_{S2}$  secundarios en direcciones opuestas). Durante el tiempo  $t_n$ , la potencia se transfiere desde la entrada a la salida del convertidor a través del conmutador  $Q_2$ , el devanado  $N_p$  primario, el devanado  $N_{S2}$  secundario, el rectificador  $S_2$  sincrónico y el inductor  $L_o$  de salida.

En  $t = T_S/2 + DT_S/2$ , la señal SALIDA B se convierte en cero (lógica baja), la señal de SALIDA A sigue siendo baja, el voltaje  $V_{G2}$  comienza a caer y después de que el tiempo  $t_d$  alcanza el umbral de apagado del conmutador  $Q_2$ , y  $Q_2$  es apagado. Una vez que el voltaje  $V_{G2}$  llega a cero, el voltaje  $V_{GS1}$  aumenta y el rectificador  $S_1$  sincrónico se enciende a voltaje  $V_{S1}$  cero después del tiempo  $t_{d4}$ . Se tiene en cuenta que durante el tiempo  $t_d$ , el voltaje  $V_{G2}$  cae mientras que el voltaje  $V_P$  está en  $-V_{ENTRADA}/2$ . En la realización práctica, el voltaje permanece negativo en  $-V_{ENTRADA}/2$  hasta que  $V_{G2}$  cae a cero. Durante el tiempo  $t_y$  (generalmente  $t_x=t_y$ ), la corriente del inductor de salida se divide entre los dos devanados secundarios y los rectificadores sincrónicos conductores  $S_1$  y  $S_2$ , causando un voltaje cercano a cero en todos los devanados del transformador  $T_2$ .

Como ahora es evidente para los expertos en la técnica, durante el encendido de los conmutadores  $Q_1$  y  $Q_2$  primarios, los devanados del transformador  $T_1$  de aislamiento de potencia están en corto circuito (intervalos  $t_x$  y  $t_y$  de tiempo, respectivamente en la figura 2). Por el contrario, durante el apagado de los conmutadores  $Q_1$  y  $Q_2$  primarios (intervalos  $t_b$  y  $t_d$  de tiempo, respectivamente en la figura 2), los devanados del transformador  $T_1$  de aislamiento de potencia no están en cortocircuito. Esta es la razón principal que impide el uso de devanados en el transformador  $T_1$  de potencia para controlar las transiciones de encendido y apagado de los conmutadores primarios. El voltaje  $V_P$  se controla activando y desactivando los conmutadores primarios. Por lo tanto, un cambio en el voltaje  $V_P$  a través del devanado  $N_{P2}$  del transformador  $T_1$  ocurre después de que los conmutadores primarios se encienden y apagan. Por lo tanto, es necesario tener un transformador de accionamiento separado para accionar los conmutadores primarios.

La figura 3 muestra un convertidor de medio puente de la técnica anterior con implementación práctica de un transformador  $T_2$  de accionamiento, conmutadores  $Q_1$ ,  $Q_2$  primarios, así como circuitos de control de rectificador sincrónico. Una descripción detallada del circuito de la técnica anterior que se muestra en la figura 4 se describe en el documento US 7,102,898 B2 de Brkovic. El transformador  $T_2$  de accionamiento se implementa como un componente separado con devanados integrados en la PCB. Esta implementación tiene ventajas sobre una solución con devanados enrollados alrededor del núcleo magnético porque proporciona una mejor repetibilidad y control de la inductancia de fuga y la capacitancia del transformador de accionamiento. Por lo tanto, se logra un mejor control de la temporización requerida entre las señales de accionamiento para los conmutadores primarios y los rectificadores sincrónicos.

Aunque el circuito de la figura 4 tiene ventajas, en aplicaciones donde se necesita una alta densidad de potencia y un tamaño pequeño, la única forma de reducir el tamaño del transformador  $T_2$  de accionamiento es aumentar la frecuencia de conmutación. Esto tiene un efecto negativo en la eficiencia general del convertidor. En aplicaciones que requieren una eficiencia extremadamente alta del convertidor para un tamaño dado, se necesita una operación a frecuencias de conmutación más bajas, lo que aumenta el tamaño del transformador de potencia y el inductor de salida. Esto no deja espacio en la placa de circuito para un transformador de accionamiento separado o cualquier otra solución para aislar las señales de accionamiento entre la entrada y la salida del convertidor, tales como optoacopladores u optoaisladores rápidos.

Por lo tanto, lo que se necesita es una nueva solución que elimine el uso de un transformador de accionamiento separado u otros componentes para proporcionar aislamiento para las señales de accionamiento entre los lados de entrada y salida del convertidor.

El documento US2009/0161391 divulga un convertidor de potencia de modo de conmutación para convertir un voltaje de entrada desde una fuente de entrada a un voltaje de salida para suministrar a una carga acoplada a terminales de carga del convertidor, el convertidor de potencia comprende: un transformador de aislamiento de potencia que comprende además un núcleo magnético que tiene una pata central y patas externas, uno o más devanados primarios y uno o más devanados secundarios del transformador de aislamiento de potencia enrollado en la pata central; un circuito convertidor primario que comprende uno o más conmutadores de potencia controlables primarios eficaces para suministrar el voltaje de entrada a uno o más de los devanados primarios del transformador de aislamiento de potencia; un circuito convertidor secundario completamente aislado del circuito convertidor primario y que comprende uno o más conmutadores secundarios que se pueden conmutar individualmente y además están acoplados entre uno o más devanados secundarios (y los terminales de carga); un circuito de control del conmutador primario efectivo para controlar la conducción de uno o más conmutadores de potencia controlables primarios; un circuito de control del conmutador secundario efectivo para controlar la conducción de uno o más conmutadores secundarios; y un circuito de control efectivo para controlar la operación del circuito de control del conmutador primario y del circuito de control del conmutador secundario basado al menos en parte en una señal de retroalimentación. El convertidor comprende

además un transformador de accionamiento que tiene devanados respectivos en las patas externas del núcleo. Por consiguiente, no hay acoplamiento entre los devanados en la pata central y los devanados en las patas externas. El documento EP1 037 221 divulga de manera similar un núcleo magnético con los devanados de un transformador de potencia en una pata central del núcleo del imán y devanados respectivos de un transformador de accionamiento en las patas exteriores.

5

#### Divulgación de la invención

La invención proporciona un convertidor de potencia de modo de conmutación como se especifica en la reivindicación 1.

De acuerdo con una realización de la invención, los devanados de un transformador de accionamiento están integrados en un transformador de potencia de modo que no se necesita un núcleo magnético separado para el transformador de accionamiento. Los devanados del transformador de accionamiento se enrollan completamente al rededor en una pata externa de un núcleo en forma de E, mientras que los devanados del transformador de potencia se enrollan alrededor de la pata central. Dicha estructura de devanado se utiliza para mantener los devanados del transformador de accionamiento estrechamente acoplados y, al mismo tiempo, acoplados libremente con los devanados del transformador de potencia. Debido al acoplamiento flojo, es posible tener diferentes formas de onda de voltaje en los devanados del transformador de accionamiento y los devanados del transformador de potencia o inductor durante un corto período de tiempo suficiente para iniciar el encendido o apagado de los conmutadores controlables sin voltajes significativos y tensiones de corriente en la circuitería para accionar el transformador de accionamiento. El número de devanados utilizados en el transformador de accionamiento depende de la aplicación, así como de la topología del convertidor. El transformador de potencia define el segundo voltaje máximo que puede soportar el transformador de accionamiento.

10

15

20

De acuerdo con un aspecto de la invención, la potencia para accionar los conmutadores de potencia después del encendido o apagado inicial se proporciona desde un transformador de potencia o inductor.

25

Otro aspecto de la invención es que el voltaje de accionamiento se puede sujetar para ser independiente de los cambios en el voltaje de entrada. La energía sujeta se utiliza para potenciar la circuitería de control y accionamiento después del arranque inicial del convertidor, lo que simplifica el circuito de polarización y reduce los requisitos de potencia durante el funcionamiento normal del convertidor.

#### Breve descripción de los dibujos

30

La figura 1 es un diagrama esquemático de un circuito de la técnica anterior que utiliza un convertidor de medio puente y un transformador de accionamiento con un circuito de control y accionamiento referenciado al lado de salida del convertidor.

La figura 2 es un diagrama gráfico que representa formas de onda salientes derivadas de varios nodos en el circuito de la técnica anterior de la figura 1.

35

La figura 3 es una realización del circuito de la técnica anterior que se muestra en la figura 1, con un transformador de accionamiento utilizado para transferir la salida del circuito de control CC al circuito PSC de control de conmutadores primarios.

40

La figura 4 ilustra otra realización del circuito de la técnica anterior de la figura 1 en el que se usa un transformador T2 de accionamiento para accionar directamente los conmutadores laterales primarios y proporcionar la temporización requerida entre las señales de accionamiento para los conmutadores primarios y los rectificadores sincrónicos.

La figura 5 es un diagrama esquemático de una realización de un convertidor de potencia de acuerdo con la presente invención, que tiene un transformador de accionamiento integrado con el transformador de aislamiento de potencia.

La figura 6 es una vista oblicua de un transformador de potencia T<sub>i</sub> de la técnica anterior que puede usarse en el circuito convertidor de la figura 4.

45

La figura 7 es una vista oblicua de un transformador T de accionamiento de la técnica anterior que puede usarse en el circuito convertidor de la figura 4.

La figura 8 es una vista oblicua de un transformador T3 que puede usarse en el circuito convertidor de la figura 5, que muestra la integración de los devanados del transformador de potencia y el transformador de accionamiento en el mismo núcleo magnético de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

50

La figura 9 es una vista oblicua de un transformador T12 como puede usarse en el circuito convertidor de la figura 15, que muestra la integración de los devanados del transformador de potencia y el transformador de accionamiento en el mismo núcleo magnético de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

La figura 10 es un diagrama esquemático de un convertidor de sujeción activo hacia adelante con un transformador de potencia y un transformador de accionamiento integrado en un núcleo magnético de acuerdo con la presente invención, con el circuito de control en el lado de salida del convertidor.

5 La figura 11 es un diagrama esquemático de un convertidor de sujeción activo delantero con un transformador de potencia y un transformador de accionamiento integrado en un núcleo magnético de acuerdo con la presente invención, con el circuito de control en el lado de entrada del convertidor.

La figura 12 es un diagrama esquemático de una realización del circuito convertidor de potencia de la figura 3, pero con el transformador de aislamiento de potencia y el transformador de accionamiento integrados en un único transformador T12, de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

10 Mejor modo de llevar a cabo la invención

A lo largo de la especificación y las reivindicaciones, las siguientes expresiones toman al menos los significados explícitamente asociados en este documento, a menos que el contexto indique lo contrario. Los significados identificados a continuación no necesariamente limitan las expresiones, sino que simplemente proporcionan ejemplos ilustrativos de las expresiones. El significado de "un", "uno, una" y "el, la" puede incluir referencias plurales, y el significado de "en" puede incluir "en" y "sobre". La expresión "en una realización", como se usa en el presente documento, no se refiere necesariamente a la misma realización, aunque puede hacerlo.

15 El significado de "en" puede incluir "en" y "sobre". La expresión "en una realización", como se usa en el presente documento, no se refiere necesariamente a la misma realización, aunque puede hacerlo.

La expresión "acoplado" significa al menos una conexión eléctrica directa entre los ítems conectados o una conexión indirecta a través de uno o más dispositivos intermedios pasivos o activos.

20 Las expresiones "elemento de conmutación" y "conmutador" se pueden usar indistintamente y pueden referirse aquí al menos a: una variedad de transistores como se conoce en la técnica (que incluyen pero no se limitan a FET, BJT, IGBT, JFET, etc.), un diodo de conmutación, un rectificador controlado de silicio (SCR), un diodo para corriente alterna (DIAC), un triodo para corriente alterna (TRIAC), un conmutador mecánico monopolar/bipolar (SPDT) o eléctrico, estado sólido o relés de lámina. Cuando se puede emplear un transistor de efecto de campo (FET) o un transistor de unión bipolar (BJT) como una realización de un transistor, el alcance de las expresiones "compuerta", "drenaje" y "fuente" incluye "base", "colector" y "emisor", respectivamente, y viceversa.

25 Las expresiones "convertidor de potencia" y "convertidor", a menos que se defina lo contrario con respecto a un elemento particular, pueden usarse indistintamente en el presente documento y con referencia al menos a DC-DC, DC-AC, AC-DC, reductor, impulso reductor, impulso, medio puente, puente completo, puente H u otras diversas formas de conversión o inversión de potencia conocidas por un experto en la técnica.

30 Las expresiones tales como "proporcionar", "procesar", "suministrar", "determinar", "calcular" o similares pueden referirse al menos a una acción de un sistema informático, programa informático, procesador de señales, lógica o análogo alternativo o dispositivo electrónico digital que puede ser transformador de señales representadas como cantidades físicas, ya sea iniciadas automática o manualmente.

35 Las expresiones "circuito de control" o "controlador" tal como se usan en el presente documento pueden referirse al menos a un microprocesador general, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un procesador de señal digital (DSP), un microcontrolador, un arreglo de compuerta programable en campo, o diversos bloques alternativos de circuitería discreta como se conocen en la técnica, diseñados o programados de otra manera para realizar o dirigir el desempeño de funciones como se define adicionalmente aquí. En el contexto de procesadores de propósito general, puede entenderse que tales componentes incluyen o están funcionalmente vinculados a medios de memoria legibles por máquina no transitorios que tienen instrucciones de programa que residen en ellos y son ejecutables para realizar o dirigir el desempeño de ciertas funciones definidas.

40 Con referencia en general a las figuras 5 y 8-12, se pueden describir aquí diversas realizaciones de un convertidor de potencia de modo de conmutación que tiene una estructura magnética integrada de acuerdo con la presente invención. Donde las diversas figuras pueden describir realizaciones que comparten diversos elementos y características comunes con otras realizaciones, elementos y características similares reciben los mismos números de referencia y puede omitirse a continuación una descripción redundante de los mismos.

45 Con referencia a la figura 5, se muestra una realización de la presente invención utilizada con un convertidor de medio puente y desarrollada en parte a partir de un diseño como se representa en la figura 4. Una diferencia importante entre los circuitos mostrados en la figura 5 y la figura 4 es la implementación del transformador T<sub>2</sub> de accionamiento. Para una mejor comprensión, una vista oblicua de un transformador de potencia de la técnica anterior T<sub>1</sub> como se usa en el circuito de la figura 4 se muestra en la figura 6. Un transformador de potencia de la técnica anterior se implementa típicamente con un núcleo magnético que tiene una pata central y dos patas externas. El devanado N<sub>p</sub> primario se enrolla alrededor de la pata central del núcleo, al igual que los devanados N<sub>s1</sub> y N<sub>s2</sub> secundarios derivados en el centro. El flujo magnético inducido por el flujo de corriente en el devanado N<sub>p</sub> primario circula a través de ambas patas externas del núcleo, induciendo un voltaje en los devanados N<sub>s1</sub> y N<sub>s2</sub>.

55 El flujo magnético inducido por el flujo de corriente en el devanado N<sub>p</sub> primario circula a través de ambas patas externas del núcleo, induciendo un voltaje en los devanados N<sub>s1</sub> y N<sub>s2</sub>.

Una vista oblicua de un transformador  $T_2$  de accionamiento de la técnica anterior como se usa en el circuito de la figura 4 se muestra en la figura 7, que tiene una construcción similar al transformador  $T_1$  de potencia que se muestra en la figura 6. Este transformador de accionamiento de la técnica anterior es implementado típicamente con un núcleo magnético que tiene una pata central y dos patas externas. Los tres devanados,  $N_1$ ,  $N_2$  y  $N_3$  del transformador de accionamiento, generalmente se enrollan alrededor de la pata central del núcleo para que estén estrechamente acoplados.

Con referencia ahora a la figura 8, se muestra una vista oblicua de una estructura magnética integrada de acuerdo con la presente invención. En esta realización, se muestran los devanados del transformador  $T_1$  de potencia y el transformador  $T_2$  de accionamiento utilizados en el circuito de la figura 4. Los devanados del transformador  $T_1$  de potencia se enrollan alrededor de la pata central del núcleo de la misma manera que se muestra en la figura 6. Sin embargo, todos los devanados del transformador  $T_2$  de accionamiento (como se muestra en la figura 7) se enrollan alrededor de una de las patas externas del núcleo, preservando así el acoplamiento apretado. Los devanados del transformador de accionamiento, que se enrollan en una de las patas externas del núcleo del transformador de potencia, están por tanto acoplados sin apretar con los devanados del transformador de potencia.

Debido al acoplamiento sin apretar, es posible tener formas de onda de voltaje en los devanados del transformador de accionamiento que son diferentes de las formas de onda de voltaje en los devanados del transformador de potencia durante períodos cortos de tiempo, sin crear voltajes significativos o tensiones de corriente en el circuito de accionamiento. El tiempo durante el cual las formas de onda de voltaje pueden ser diferentes es lo suficientemente largo como para iniciar las transiciones de conmutación (encendido y apagado) de los conmutadores primarios o los conmutadores secundarios del convertidor (que en ciertas realizaciones pueden ser rectificadores sincrónicos). Una vez que se inicia una transición de conmutación, las formas de onda de voltaje en los devanados del transformador de accionamiento serán similares a las formas de onda de voltaje del transformador de potencia hasta la próxima transición de conmutación.

La presente invención se puede usar con otras realizaciones de convertidor de potencia. Por ejemplo, la figura 10 muestra un convertidor de sujeción activo directo delantero, en el que se utiliza un circuito de sujeción activo (conmutador  $Q_{11}$  y condensador  $C_{11}$ ) para sujetar el voltaje de drenaje a la fuente del conmutador  $Q_{10}$  primario a un nivel aceptable permitiendo que la corriente de magnetización circule en el núcleo del transformador  $T_{10}$  durante el período de reinicio. De acuerdo con la presente invención, se usa un transformador  $T_{10}$  integrado, que tiene devanados  $N_{10}$ ,  $N_{11}$  de transformador de aislamiento de potencia y devanados  $N_{12}$ ,  $N_{13}$  de transformador de accionamiento enrollados en un solo núcleo magnético, usando la disposición de devanado y núcleo generalmente mostrada en la figura 8. En la realización de la figura 10, el circuito 30 de control está configurado en el lado de salida del convertidor. El circuito 30 de control está funcionalmente acoplado al circuito 32 de control del rectificador para accionar los conmutadores  $Q_{20}$  y  $Q_{21}$  secundarios (por ejemplo, rectificador sincrónico) y al circuito 31 de control del conmutador primario utilizado para accionar el conmutador  $Q_{10}$  lateral primario y el conmutador  $Q_{11}$  de sujeción activo.

En otra aplicación, la figura 11 muestra un convertidor de sujeción activo delantero que tiene una topología similar a la mostrada en la figura 10. De acuerdo con la presente invención, un transformador  $T_{10}$  tiene devanados  $N_{10}$ ,  $N_{11}$  de transformador de aislamiento de potencia y devanados  $N_{14}$ ,  $N_{15}$  de transformador de accionamiento enrollados en un solo núcleo magnético, utilizando la disposición de devanado y núcleo generalmente mostrada en la figura 8. En esta solicitud, el circuito 30 de control está configurado en el lado de entrada del convertidor. El circuito 30 de control está funcionalmente acoplado al circuito 32 de control del rectificador para accionar los conmutadores  $Q_{20}$  y  $Q_{21}$  rectificadores sincrónicos y al circuito 31 de control del conmutador primario utilizado para accionar el conmutador  $Q_{10}$  lateral primario y el conmutador  $Q_{11}$  de sujeción activo.

La figura 12 ilustra otra aplicación de la presente invención, que muestra el circuito convertidor de la figura 3 pero con un transformador de aislamiento de potencia devanado  $N_{p2}$  primario, devanados  $N_{s1}$ ,  $N_{s2}$  secundarios divididos y devanados 100 y 101 del transformador de accionamiento integrados en un solo núcleo magnético del transformador  $T_{12}$ , como se muestra en la figura 9.

De acuerdo con otros aspectos de la invención, el voltaje de accionamiento del convertidor se puede sujetar para que sea independiente del voltaje de entrada, debido al acoplamiento débil entre los devanados del transformador de accionamiento con respecto a los devanados del transformador de potencia. El voltaje de accionamiento también se puede ajustar para que sea una función del voltaje de entrada en aplicaciones donde es beneficioso.

De acuerdo con otros aspectos de la invención, la energía suministrada al circuito de control/accionamiento a través de un devanado también se puede controlar o aumentar introduciendo un espacio en la pata central o la pata externa del núcleo de una manera que pueda ser entendida por uno de habilidad en la técnica. Es posible que se necesite un pequeño espacio en la pata central en caso de un rango de voltaje de entrada muy amplio, así como una operación prolongada del convertidor con los rectificadores sincrónicos desactivados.

En otras realizaciones alternativas, la presente invención se puede usar en diferentes topologías de convertidor, incluyendo medio puente (simétrico, asimétrico), puente completo (simétrico, asimétrico), convertidor a fase, contrafase (estándar, sujetador activo, transistor dual), retroceso a fase y muchos otros conocidos en la técnica.

En general, la presente invención es aplicable a todas las topologías en las que el voltaje a través de los devanados del transformador o inductor de potencia tiene sustancialmente la misma forma de onda con el voltaje de accionamiento de los diversos conmutadores controlables.

5 La descripción detallada anterior se ha proporcionado con fines ilustrativos y descriptivos. Por lo tanto, aunque se han descrito realizaciones particulares de la presente invención de nuevos y útiles "Elementos Magnéticos Integrados con Circuito de Accionamiento Aislado", no se pretende que tales referencias se interpreten como limitaciones sobre el alcance de esta invención, excepto como se establece en las siguientes reivindicaciones.



**REIVINDICACIONES**

1. Un convertidor de potencia de modo de conmutación para convertir un voltaje de entrada desde una fuente de entrada a un voltaje de salida para suministrar a una carga acoplada a terminales de carga del convertidor (V0), el convertidor de potencia comprende:
  - 5 un transformador (T<sub>3</sub>; T<sub>10</sub>; T<sub>12</sub>) de aislamiento de potencia que comprende además un núcleo magnético que tiene una pata central y patas externas, uno o más devanados (N<sub>P2</sub>; N<sub>10</sub>) primarios y uno o más devanados (N<sub>S1</sub>, N<sub>S2</sub>; N<sub>11</sub>) secundarios de transformador de aislamiento de potencia enrollado en la pata central;
 

un circuito convertidor primario que comprende uno o más conmutadores (Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>; Q<sub>10</sub>, Q<sub>11</sub>) de potencia controlables primarios efectivos para suministrar el voltaje de entrada a uno o más de los devanados (N<sub>P2</sub>; N<sub>10</sub>) primarios del transformador (T<sub>3</sub>; T<sub>10</sub>; T<sub>12</sub>) de aislamiento de potencia;

un circuito convertidor secundario completamente aislado del circuito convertidor primario y que comprende uno o más conmutadores (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>; Q<sub>20</sub>, Q<sub>21</sub>) secundarios que se pueden conmutar individualmente y se acoplan más entre uno o más devanados (N<sub>S1</sub>, N<sub>S2</sub>; N<sub>11</sub>) secundarios y los terminales (V0) de carga;

un circuito (31) de control de conmutador primario efectivo para controlar la conducción de uno o más conmutadores (Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>; Q<sub>10</sub>, Q<sub>11</sub>) de potencia controlables primarios;

un circuito (32) de control de conmutador secundario efectivo para controlar la conducción de uno o más conmutadores (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>; Q<sub>20</sub>, Q<sub>21</sub>) secundarios; y

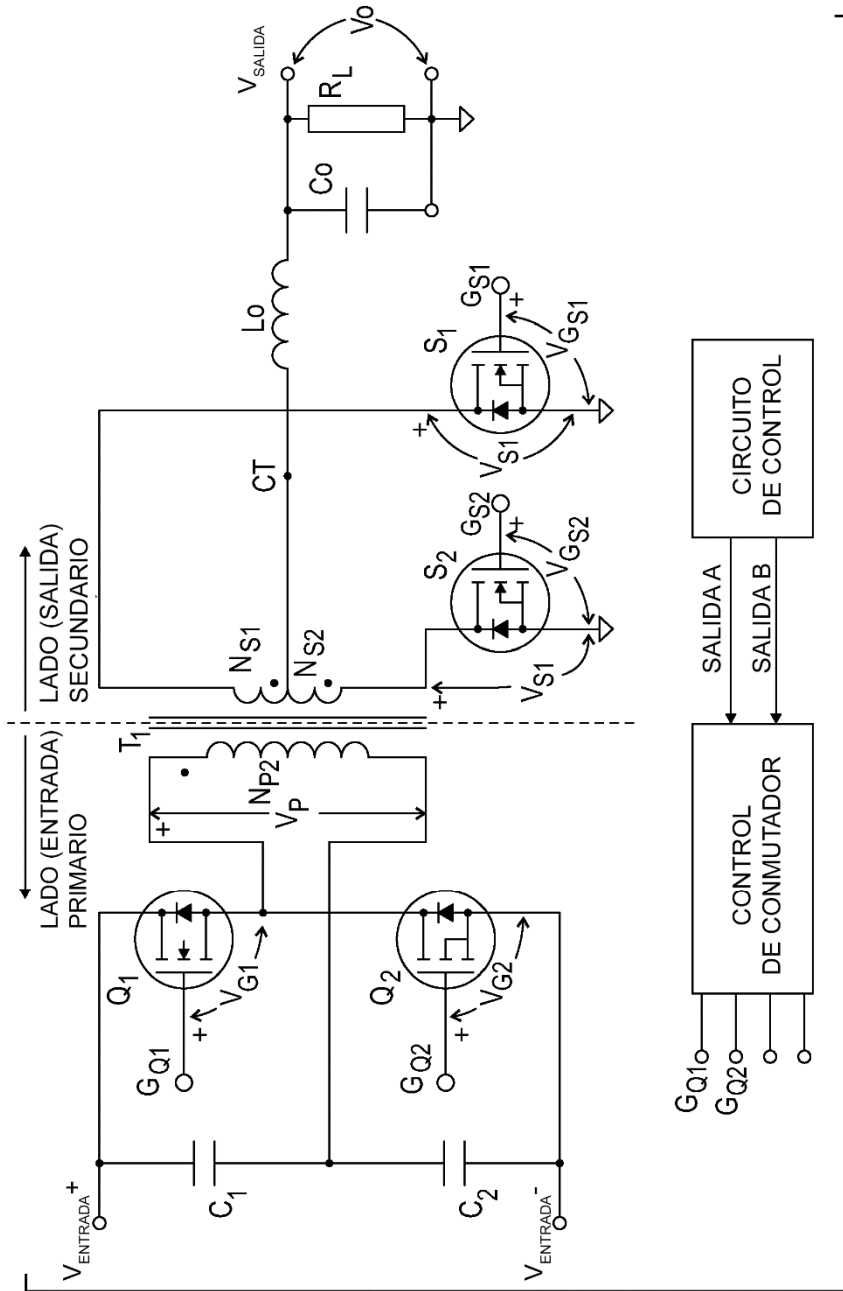
un circuito (30) de control efectivo para controlar la operación del circuito (31) de control del conmutador primario y del circuito (32) de control del conmutador secundario basado al menos en parte en una señal de retroalimentación, caracterizada por

un transformador (T<sub>3</sub>; T<sub>10</sub>; T<sub>12</sub>) de accionamiento que comprende dos o más devanados (N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>; N<sub>12</sub>, N<sub>13</sub>; 100, 101) del transformador de accionamiento enrollados completamente en una pata externa del núcleo magnético, los dos o más devanados del transformador de accionamiento configurado para proporcionar potencia para controlar los conmutadores (Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>; Q<sub>10</sub>, Q<sub>11</sub>) de potencia controlables primarios,

25 los devanados del transformador de accionamiento configurados además para proporcionar aislamiento entre los circuitos (31, 32) de control del conmutador primario y secundario, en donde los devanados (N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>; N<sub>12</sub>, N<sub>13</sub>; 100, 101) del transformador de accionamiento están estrechamente acoplados entre sí en dicha pata externa, y además están débilmente acoplados con los devanados (N<sub>P2</sub>, N<sub>S1</sub>, N<sub>S2</sub>; N<sub>10</sub>, N<sub>11</sub>) del transformador de potencia, y

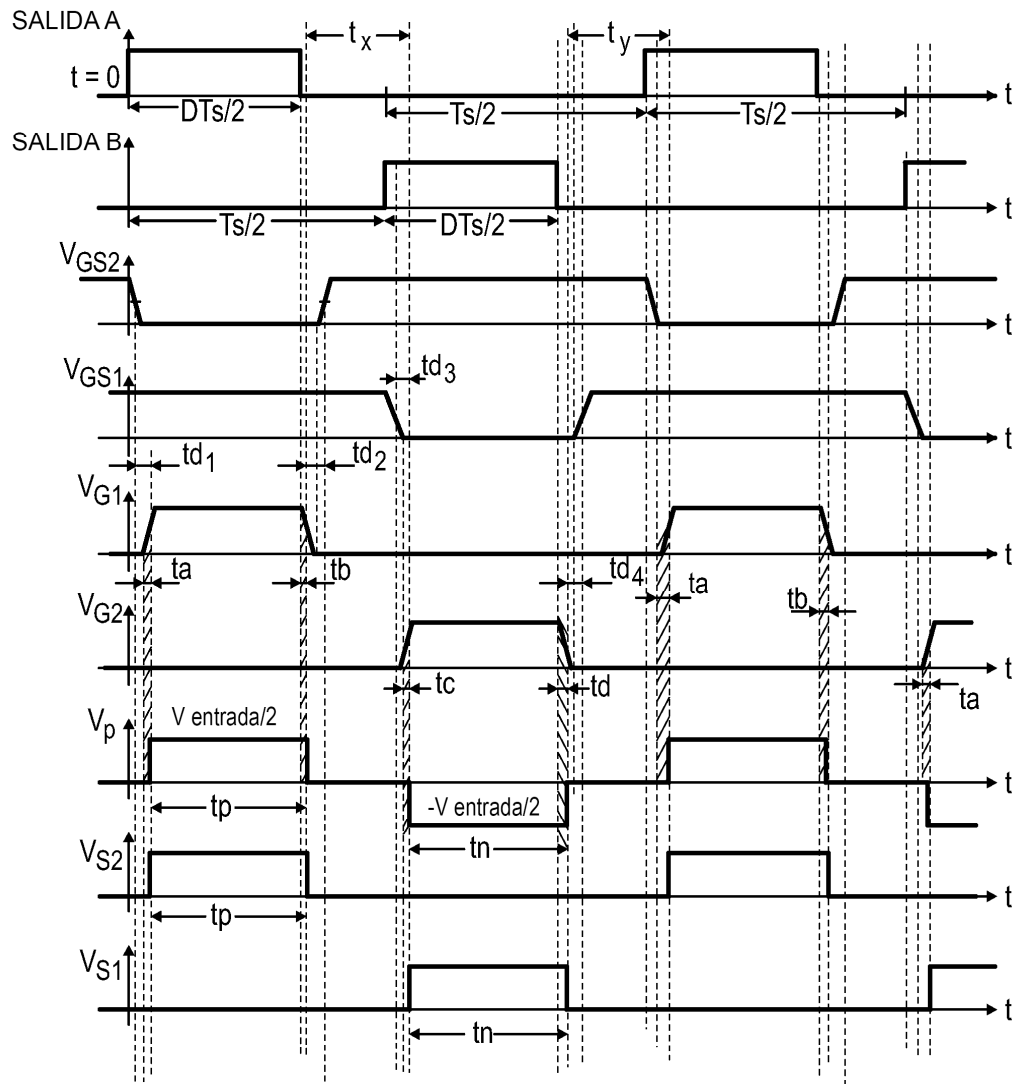
30 en donde el circuito de control está dispuesto para generar formas de onda de voltaje en los devanados (N<sub>3</sub>; N<sub>12</sub>; 101) secundarios del transformador de accionamiento durante un corto período de tiempo suficiente para iniciar el encendido o apagado de los conmutadores de potencia controlables primarios acoplados al transformador de aislamiento de potencia.
  - 35 2. El convertidor de potencia de modo de conmutación de la reivindicación 1, el núcleo magnético que comprende un núcleo en forma de E.
  3. El convertidor de potencia de modo de conmutación de la reivindicación 2, en donde dichos devanados (N<sub>12</sub>) del transformador de accionamiento secundario están conectados al circuito (30) de control, y dichos devanados (N<sub>13</sub>) del transformador de accionamiento primario están conectados al circuito (31) de control del conmutador primario para controlar el funcionamiento de los conmutadores de potencia controlables primarios, así como proporcionar potencia para controlar los conmutadores de potencia controlables primarios
  - 40 4. El convertidor de potencia de modo de conmutación de la reivindicación 1, que comprende además un circuito (Q<sub>11</sub>, C<sub>11</sub>) de sujeción activo efectivo para sujetar un voltaje de accionamiento para los conmutadores de potencia controlables primarios, el circuito de control y los conmutadores secundarios independientes del voltaje de entrada.
  - 45 5. El convertidor de potencia de modo de conmutación de la reivindicación 1, el núcleo magnético comprende además un espacio en la pata central sobre el cual se enrollan los devanados del transformador de aislamiento de potencia (N<sub>P2</sub>, N<sub>S1</sub>, N<sub>S2</sub>; N<sub>10</sub>, N<sub>11</sub>).
  6. El convertidor de potencia de modo de conmutación de la reivindicación 5, que comprende además un circuito de sujeción activo efectivo para sujetar una porción del voltaje de accionamiento inducida por la pata externa.
  - 50 7. El convertidor de potencia de modo de conmutación de la reivindicación 6, el transformador de accionamiento además eficaz para proporcionar potencia al circuito (30) de control y al circuito (32) de control de conmutador secundario a través de dichos devanados (N<sub>12</sub>) del transformador de accionamiento secundario.

8. Un convertidor de potencia de modo de conmutación para convertir un voltaje de entrada de una fuente de entrada a un voltaje de salida para suministrar a una carga acoplada a los terminales (V0) de carga del convertidor, comprendiendo el convertidor de potencia:
- 5 un transformador (T<sub>10</sub>) de aislamiento de potencia que comprende además un núcleo magnético que tiene una pata central y patas exteriores, uno o más devanados (N<sub>10</sub>) primarios y uno o más devanados (N<sub>11</sub>) secundarios del transformador de aislamiento de potencia enrollado en la pata central;
- un circuito convertidor primario que comprende uno o más conmutadores (Q<sub>10</sub>, Q<sub>11</sub>) de potencia controlables primarios efectivos para suministrar el voltaje de entrada a uno o más de los devanados (N<sub>10</sub>) primarios del transformador (T<sub>10</sub>) de aislamiento de potencia;
- 10 un circuito convertidor secundario completamente aislado del circuito convertidor primario y que comprende uno o más conmutadores (Q<sub>20</sub>, Q<sub>21</sub>) secundarios que pueden conmutarse individualmente y acoplarse adicionalmente entre uno o más devanados (N<sub>11</sub>) secundarios y los terminales (V0) de carga;
- un circuito (31) de control de conmutador primario efectivo para controlar la conducción de uno o más conmutadores (Q<sub>10</sub>, Q<sub>11</sub>) de potencia controlables primarios;
- 15 un circuito (32) de control de conmutador secundario efectivo para controlar la conducción de uno o más conmutadores (Q<sub>20</sub>, Q<sub>21</sub>) secundarios; y
- un circuito (30) de control efectivo para controlar la operación del circuito (31) de control del conmutador primario y del circuito (32) de control del conmutador secundario basado al menos en parte en una señal de retroalimentación, caracterizada por
- 20 un transformador (T<sub>10</sub>) de accionamiento que comprende dos o más devanados (N<sub>14</sub>, N<sub>15</sub>) del transformador de accionamiento enrollados completamente en una pata externa del núcleo magnético, los dos o más devanados del transformador de accionamiento configurados para proporcionar potencia para controlar los conmutadores (Q<sub>10</sub>, Q<sub>11</sub>) de potencia controlables primarios y los conmutadores (Q<sub>20</sub>, Q<sub>21</sub>) secundarios, los devanados del transformador de accionamiento configurados además para proporcionar aislamiento entre los circuitos (31, 32) de control del conmutador primario y secundario, en donde
- 25 los devanados (N<sub>14</sub>, N<sub>15</sub>) del transformador de accionamiento están estrechamente acoplados entre sí en dicha pata externa, y además están débilmente acoplados con los devanados (N<sub>10</sub>, N<sub>11</sub>) del transformador de potencia, y
- en donde el circuito (30) de control está dispuesto para generar formas de onda de voltaje en los devanados primarios (N<sub>14</sub>) del transformador de accionamiento durante un corto período de tiempo suficiente para iniciar el encendido o apagado de los conmutadores secundarios acoplados al transformador de aislamiento de potencia.
- 30
9. El convertidor de potencia de modo de conmutación de la reivindicación 8, el núcleo magnético que comprende un núcleo en forma de E.
10. El convertidor de potencia de modo de conmutación de la reivindicación 8, el núcleo magnético comprende además un espacio en la pata central sobre el que se enrollan los devanados del transformador de aislamiento de potencia
- 35 (N<sub>10</sub>, N<sub>11</sub>).
11. El convertidor de potencia de modo de conmutación de la reivindicación 10, que comprende además un circuito de sujeción activo efectivo para sujetar una porción del voltaje de accionamiento inducida por la pata externa.

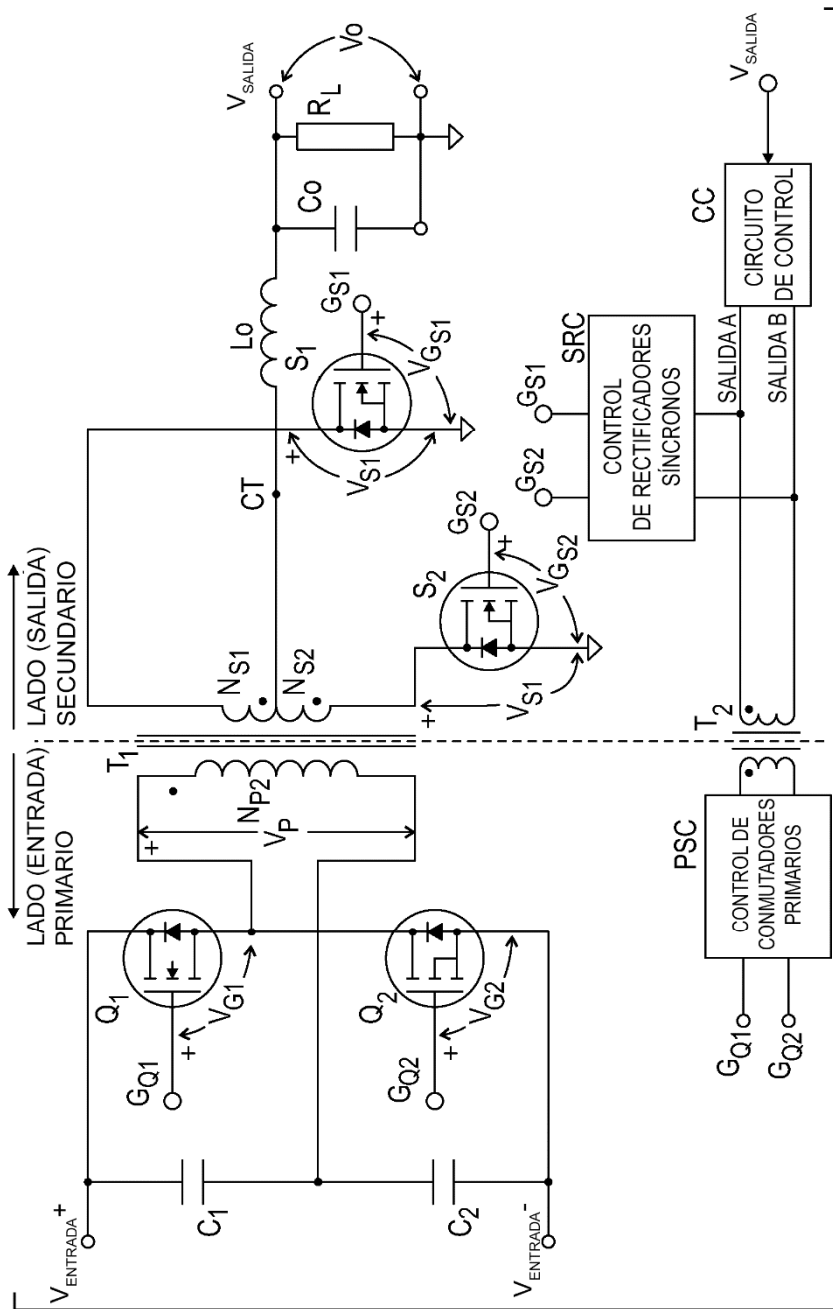


**FIG. 1**

(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 2**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 3**

(TÉCNICA ANTERIOR)

FIG. 4A  
FIG. 4B

FIG. 4  
(TÉCNICA ANTERIOR)

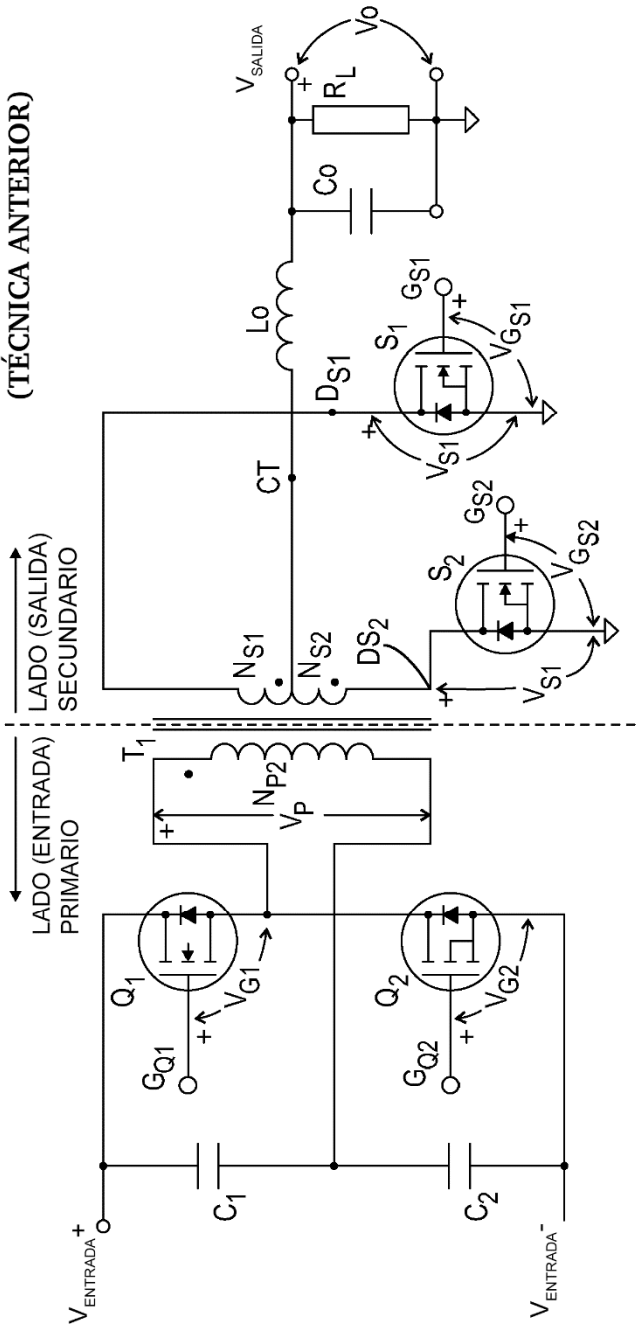


FIG. 4A

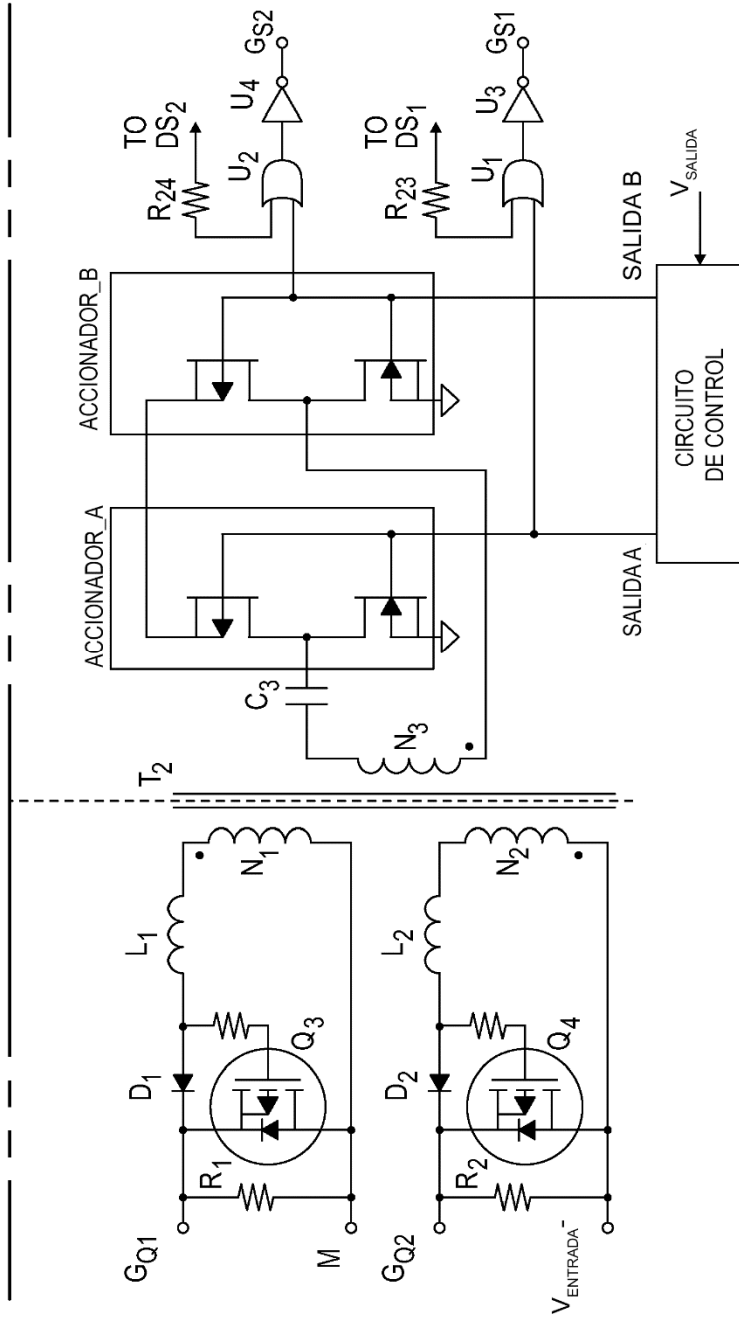


FIG. 4B

FIG. 5A  
FIG. 5B

FIG. 5

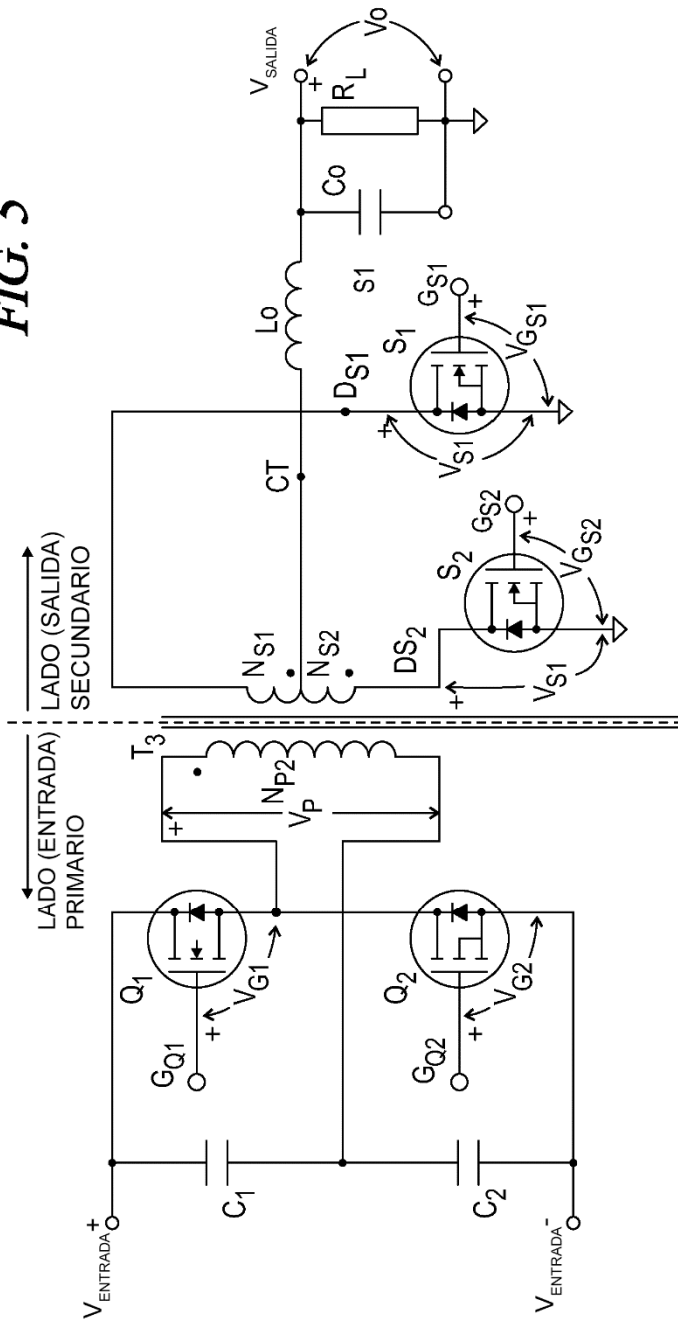
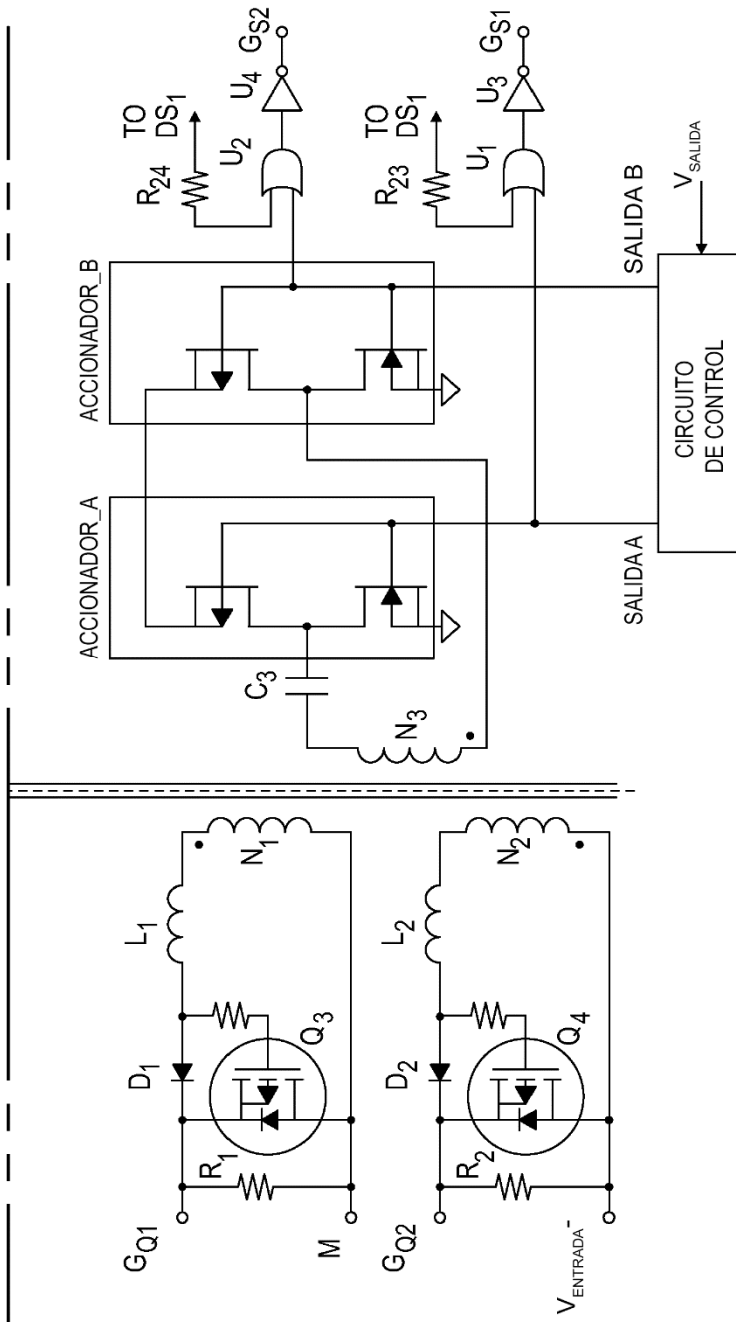
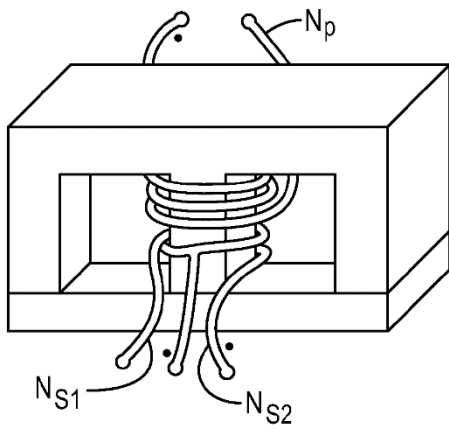


FIG. 5A

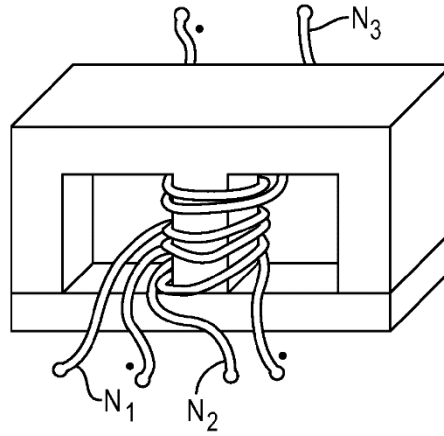




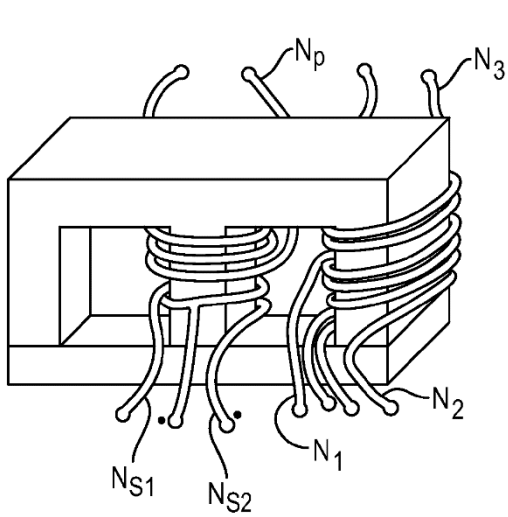
**FIG. 5B**



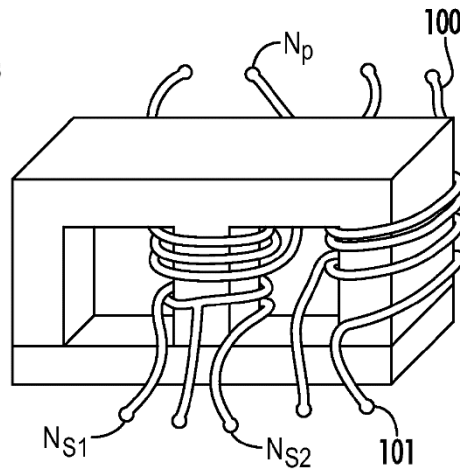
**FIG. 6**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 7**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 8**



**FIG. 9**

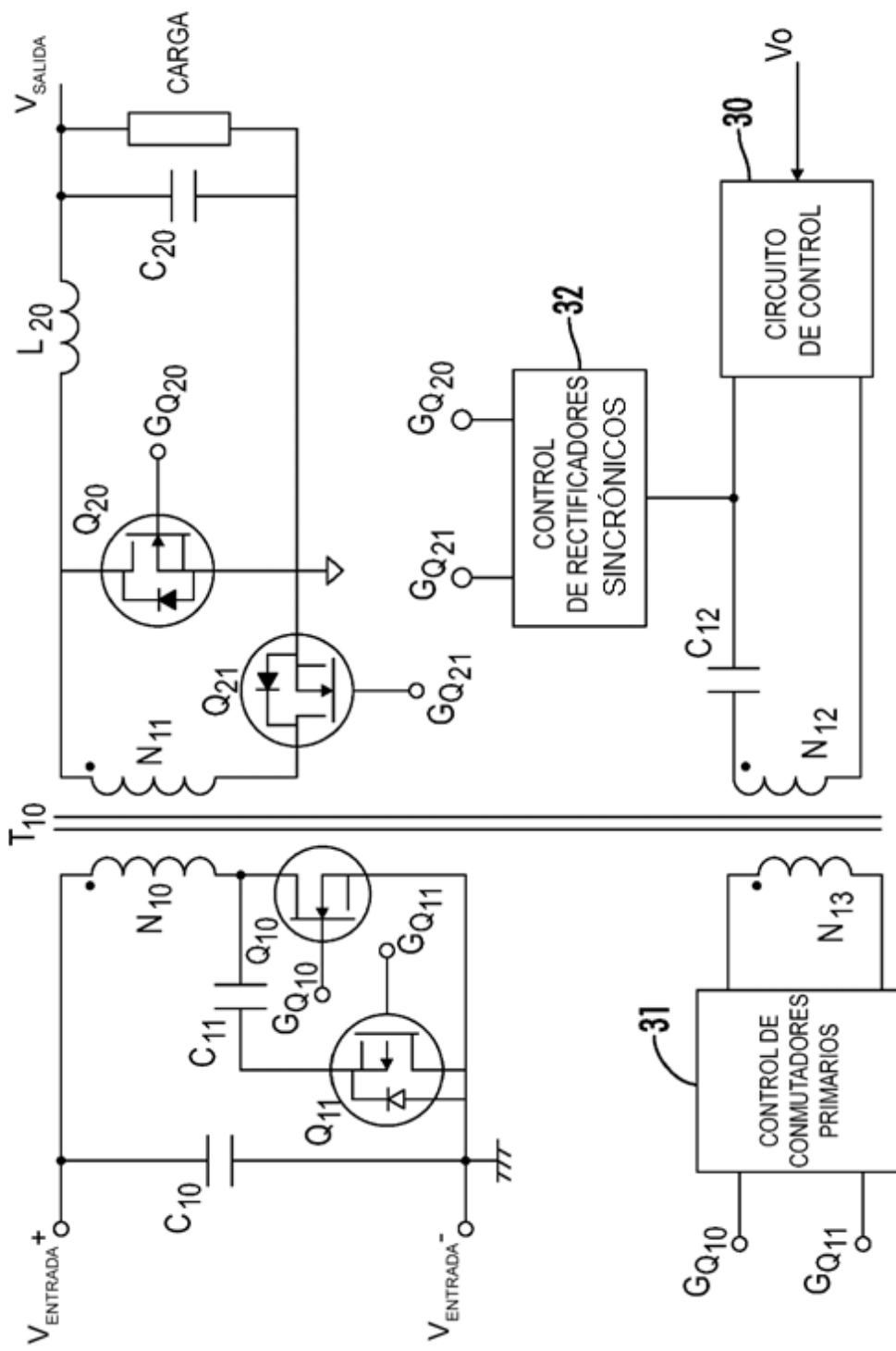
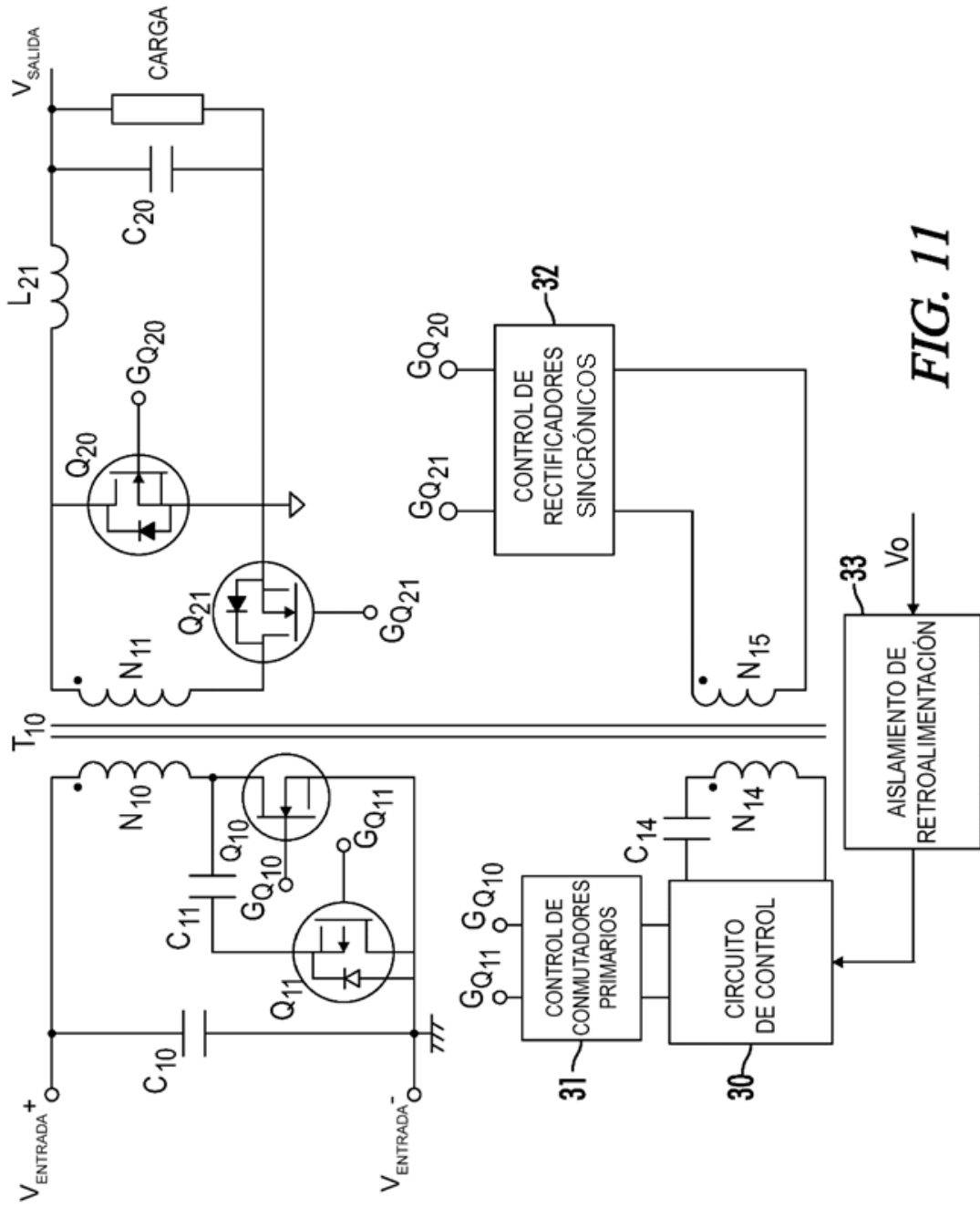


FIG. 10



**FIG. 11**

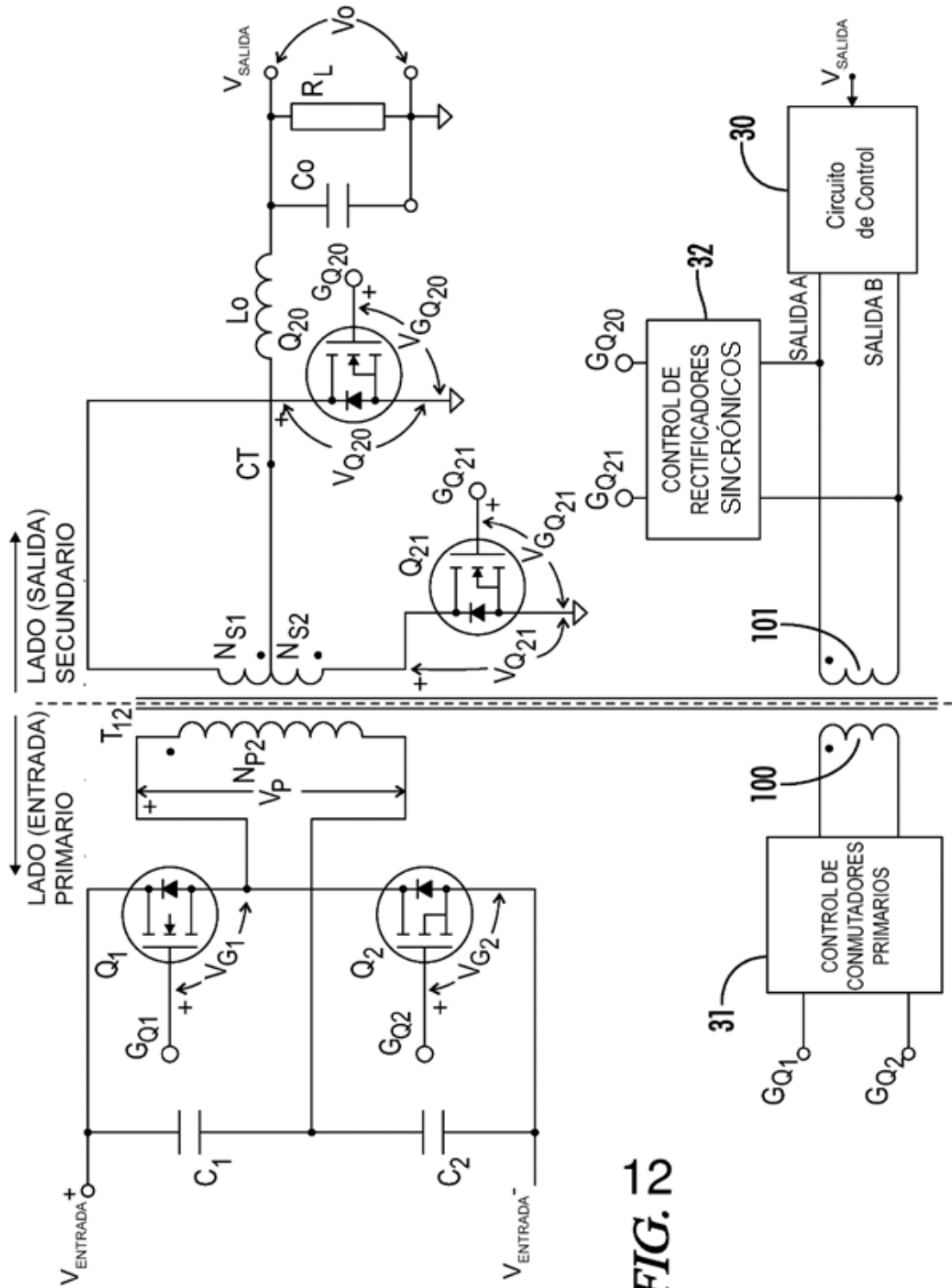


FIG. 1