

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 967 266**

51 Int. Cl.:

H02M 1/12 (2006.01)

H02M 3/158 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.09.2015 PCT/CA2015/000494**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2016 WO16044915**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.09.2015 E 15843123 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2023 EP 3198712**

54 Título: **Transformador electrónico de tensión continua**

30 Prioridad:

23.09.2014 US 201462054063 P

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

29.04.2024

73 Titular/es:

**RINALDI, VITO (100.0%)
21 Wilderness Trail
Stouffville, Ontario L0H1G0, CA**

72 Inventor/es:

RINALDI, VITO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 967 266 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

Transformador electrónico de tensión continua

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a un circuito transformador electrónico de tensión continua (EDVT) y más en particular a un circuito para transferir potencia de tensión continua (comúnmente denominada DC) de una fuente a una carga utilizando un acoplamiento de almacenamiento magnético.

10

Antecedentes de la invención

Las tecnologías existentes que transfieren energía de una fuente a una carga utilizan convertidores que emplean condensadores como almacenamiento capacitivo de DC. Normalmente, los sistemas de almacenamiento capacitivo de corriente continua se han utilizado por razones de tamaño y coste. En estos casos, la energía se almacena dentro del condensador como $\frac{1}{2} CV^2$. Es decir, en términos generales, el condensador almacena energía en forma de carga eléctrica que produce una diferencia de potencial a través de las placas del condensador. Uno de los problemas de este tipo de circuitos es que requieren rectificación, conexión directa por cable, impulsos de corriente, circuitos reguladores de DC para la salida de DC, inversores para reproducir salidas de onda cuadrada o conformadores de potencia de digital a analógico más complejos para recrear ondas sinusoidales de AC y otras complejidades por el estilo. Además, estos circuitos convertidores electrónicos anteriores que utilizan el almacenamiento capacitivo de DC suelen recibir una señal de corriente alterna (AC) de entrada y se convierten en corriente continua (DC) para permitir el almacenamiento de energía dentro del condensador y emitir así una señal de DC a una carga.

Los convertidores existentes cambian de una entrada de DC de alto voltaje a una salida de DC de menor voltaje almacenando mediante la carga de un inductor y permitiendo que la corriente siga fluyendo a la carga a través de un diodo de rueda libre o algún otro interruptor de retorno activo. Debe tenerse en cuenta que se trata de una trayectoria unidireccional de la potencia desde la entrada hasta la salida. Cuando hay poca o ninguna carga conectada, suele haber un circuito de descarga mínimo y el impulso de carga debe minimizarse o apagarse periódicamente para evitar sobretensiones en el lado de la carga. Además, los pulsos mínimos de encendido/apagado fuerzan un límite a la relación máxima entre el rango de tensión de salida y el de entrada.

Documento US2007/046270 A1 se refiere a un convertidor DC/DC que tiene una elevada relación paso a paso/reducción y funciona en ambas direcciones mediante una operación regenerativa o similar, y más particularmente, a una técnica de miniaturización. Sin embargo, las cuestiones mencionadas siguen sin resolverse.

35

Breve descripción de la invención

Sería ventajoso proporcionar un circuito para transferir energía a una carga desde una fuente para transferir la energía de forma que se obvian o mitigan las desventajas de las soluciones de almacenamiento capacitivo. La invención proporciona un circuito transformador electrónico de tensión continua, DC, según la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

40

Según un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un circuito transformador electrónico de corriente continua (DC) que comprende un nodo de entrada adaptado para recibir una fuente de alimentación de corriente continua (DC) de entrada que tiene una tensión de entrada, la unidad de acoplamiento de almacenamiento magnético que comprende: un primer conjunto de bobinados acoplados a un primer conmutador bidireccional de AC, el primer conmutador bidireccional de AC para recibir una corriente de carga de entrada asociada a la tensión de entrada; un segundo conjunto de bobinados situados en serie con el primer conjunto de bobinados, compartiendo el primer y segundo conjunto de bobinados un núcleo común; un segundo conmutador bidireccional de AC conectado en un extremo entre el primer y el segundo conjunto de bobinados y en otro extremo a una toma de tierra común o a una conexión de salida de entrada común, teniendo el primer y el segundo conmutadores bidireccionales de AC una frecuencia de conmutación conveniente y conmutando entre encendido y apagado en modos alternos; y un nodo de salida conectado al segundo conjunto de bobinados, el nodo de salida adaptado para proporcionar una potencia de DC de salida la potencia de salida que tiene una tensión de salida con una amplitud basada en la tensión de entrada y al menos una de: una relación de bobinados del primer y segundo conjunto de bobinados, una polaridad del primer y segundo conjunto de bobinados y un ciclo de trabajo de los interruptores de AC bidireccionales primero y segundo; en el que la unidad de almacenamiento magnético está configurada para recibir dicha potencia de entrada y transferir la potencia de entrada entre el nodo de entrada y un nodo de salida de tal manera que el primer conjunto de bobinados y el segundo conjunto de bobinados están configurados para proporcionar un almacenamiento magnético de energía basado en que cada uno de los interruptores de AC bidireccionales primero y segundo están conmutados continuamente. Si la tensión del nodo de salida es superior a la tensión constante de transferencia equivalente, la energía fluirá de la carga a la fuente, como cabría esperar de un verdadero circuito de transferencia bidireccional. La tensión de salida será función del ciclo de trabajo del impulso variable y no de la corriente de nivel de carga como en los circuitos convertidores clásicos. La frecuencia de conmutación del sistema puede elegirse para minimizar elementos del circuito como el inductor y los condensadores y otros parámetros como el ruido acústico de conmutación, operando por encima de la gama de frecuencias audibles. Cabe señalar que la energía se almacena en el

65

sistema inductor y que los condensadores son simples filtros de paso bajo de frecuencia y no condensadores de almacenamiento de energía como los utilizados en los sistemas clásicos de convertidores de corriente continua.

5 En algunos aspectos, la potencia de DC de entrada y la potencia de DC de salida pueden ser una tensión de DC suave y no fluctuante. En otros aspectos, la entrada puede ser una fuente de tensión de nivel variable y el sistema transformará fielmente la forma variable de entrada a la carga utilizando frecuencias de impulsos constantes de encendido y apagado, proporcionando así una función de transferencia fija que no dependa de la corriente de carga. O utilizando sistemas de retroalimentación, la salida puede mantenerse a un nivel constante variando la anchura del impulso y afectando a la constante de transferencia del sistema. Aún en otros aspectos, el circuito puede comprender además un condensador
10 situado entre el segundo conjunto de bobinados y la masa común, el condensador configurado para suprimir componentes de alta frecuencia como resultado de la frecuencia de conmutación seleccionada de la señal de salida en el nodo de salida. En otros aspectos, la señal de tensión de salida puede depender además de una relación de vueltas del primer conjunto de bobinados con respecto al segundo conjunto de bobinados, de modo que variando al menos una de las relaciones de vueltas y el ciclo de trabajo se varía directamente la amplitud de la señal de tensión de salida. En otros
15 aspectos, el circuito puede proporcionar una relación constante predefinida de transferencia de tensión del nodo de entrada al nodo de salida. En otro aspecto más, el circuito puede comprender un segundo condensador situado entre el primer conmutador bidireccional y la masa común, el segundo condensador configurado para suprimir componentes de corriente de alta frecuencia en el nodo de entrada. En un aspecto relacionado, el circuito puede comprender además un inductor de entrada situado entre el nodo de entrada y el primer conmutador bidireccional y un condensador de entrada
20 situado entre el nodo de entrada y la masa común, cooperando el inductor de entrada con el condensador de entrada para proporcionar una supresión adicional de los componentes de alta frecuencia en el nodo de entrada. En otro aspecto, las potencias, tensiones y corrientes de entrada y salida tienen un contenido de frecuencia limitado de los componentes de frecuencia de conmutación generados por la frecuencia de conmutación.

25 En algunos aspectos, puede haber una primera duración en la que el primer conmutador bidireccional de AC está conectado y el segundo conmutador bidireccional está desconectado, se permite que fluya una corriente desde el primer y segundo conjuntos de bobinados a la carga, estando el primer y segundo conjuntos de bobinados cargados magnéticamente durante la primera duración en la que el primer conmutador bidireccional de AC está cerrado. En otro aspecto, puede haber una segunda duración en la que el segundo conmutador bidireccional de AC está conectado y el primer conmutador bidireccional está desconectado, la corriente deja de fluir por el primer conjunto de bobinados y la corriente en el punto de carga es mantenida por el segundo conjunto de bobinados al descargarse magnéticamente. En otro aspecto más, la unidad de almacenamiento magnético puede configurarse para mantener una relación constante entre la tensión de salida y la tensión de entrada de alimentación para la carga durante la operación de conmutación del primer y el segundo interruptor bidireccional de AC. En otro aspecto más, la tensión de salida puede variar
35 proporcionalmente en función de al menos una de las relaciones de vueltas del primer conjunto de bobinados con respecto al segundo conjunto de bobinados y del ciclo de trabajo. En otro aspecto, el inductor puede cargarse desde el lado de la carga proporcionando una fuente de alimentación de tensión en el nodo de carga que sea superior a la constante de transferencia del sistema. En este caso, la energía fluirá de la carga a la fuente.

40 En otros aspectos, los interruptores primero y segundo pueden accionarse sólo a determinadas duraciones, de modo que sólo una parte de la forma de onda de la tensión de entrada se transfiera a la carga. En otros aspectos, la realimentación puede utilizarse para controlar el ciclo de trabajo de los interruptores de AC bidireccionales primero y segundo para proporcionar una salida más estable con respecto a las variaciones de la tensión de entrada.

45 La presente invención se refiere en general a un circuito transformador electrónico de tensión continua (EDVT) y más en particular a un circuito para transferir tensión continua (comúnmente denominada DC) de alimentación de una fuente a una carga utilizando un acoplamiento de almacenamiento magnético y permitir de forma similar que la alimentación fluya del lado de la carga al lado de la entrada cuando en el lado de la carga hay tensiones superiores a las de transferencia. Constituyendo así un verdadero transformador de potencia bidireccional.

50 Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora a modo de ejemplo únicamente con referencia a los siguientes dibujos en los que:

55 **La Figura 1A** es un dibujo esquemático de un circuito transformador electrónico de tensión continua;

La Figura 1B es un dibujo esquemático de un circuito transformador electrónico de tensión continua según otra realización;

60 **La Figura 1C** es un dibujo esquemático de un circuito transformador electrónico de tensión continua según otra realización;

65 **La Figura 1D** es un dibujo esquemático de un circuito transformador electrónico de tensión continua según otra realización;

La **Figura 1E** es un dibujo esquemático de un circuito transformador electrónico de tensión continua según otra realización;

5 La **Figura 2** es una ilustración de la forma de onda de la corriente a través del conjunto de bobinados de almacenamiento y una forma de onda de la corriente que ilustra la corriente media a través del conjunto de bobinados de almacenamiento;

La **Figura 3A** es un diagrama de bloques del circuito electrónico transformador de tensión continua de las Figuras 1A-1E;

10 La **Figura 3B** es un diagrama de bloques del circuito electrónico transformador de tensión continua de la figura 3A que muestra un inversor para recrear una forma de onda de AC utilizando modulaciones de ciclo de trabajo.

Descripción detallada de la realización preferida

15 Por comodidad, los números semejantes en la descripción se refieren a estructuras semejantes en los dibujos. En referencia general a las Figuras 1A-1E, se muestran disposiciones esquemáticas de circuitos alternativos, de acuerdo con diferentes realizaciones, para un circuito de transformador electrónico de onda sinusoidal (en lo sucesivo, ESWT) que permite la conversión o transferencia de potencia de un nodo fuente a una carga mediante el acoplamiento de almacenamiento magnético e impulsos de alta frecuencia (proporcionados por uno o más interruptores) que se utilizan para cargar una unidad de almacenamiento magnético compuesta por un núcleo acoplado magnéticamente con múltiples bobinados. Es decir, el almacenamiento magnético de energía se gestiona mediante un núcleo con múltiples conjuntos de bobinados que se acoplan entre sí y se conectan a uno o varios interruptores que proporcionan los impulsos de alta frecuencia para controlar la carga y descarga del núcleo y los conjuntos de bobinados de la unidad de almacenamiento magnético. Además, la unidad de acoplamiento de almacenamiento magnético hace que una potencia y un voltaje de AC de entrada se transfieran a la salida (por ejemplo, a una carga) a una frecuencia de funcionamiento idéntica a la de la potencia y el voltaje de entrada mientras se utiliza el almacenamiento de energía magnética a través de un núcleo de almacenamiento central y un número acoplado de conjuntos de bobinados que se controlan mediante uno o más interruptores.

30 En concreto, una fuente de alimentación de DC de entrada proporciona una tensión de alimentación de entrada a una unidad de acoplamiento de almacenamiento magnético. La unidad de acoplamiento de almacenamiento magnético, como se describirá, se implementa en forma de un núcleo común con uno o más conjuntos de bobinados y al menos dos interruptores bidireccionales de AC (por ejemplo, un primer y un segundo interruptor bidireccional) que se encienden y apagan alternativamente y suministran impulsos magnéticos de alta frecuencia a los bobinados del núcleo común (mostrados con inductancia L_c , L_d) y a la carga. Al menos uno de los interruptores está acoplado a uno de los conjuntos de bobinados en serie, mientras que otro de los interruptores está acoplado entre los conjuntos de bobinados y una masa común. Además, el primer y el segundo interruptor se conmutan en modos opuestos (es decir, el primer interruptor está encendido y el segundo apagado, y viceversa) a la frecuencia de conmutación. De este modo, el primer y el segundo conjunto de bobinados (por ejemplo, tomados en combinación) sólo ven breves impulsos de carga y también breves impulsos de descarga entre los impulsos de carga.

40 Es decir, en un modo en el que el primer interruptor está encendido (y el segundo apagado), tanto el primer como el segundo conjunto de bobinados se cargan colectivamente y almacenan energía en ellos. En este caso, la corriente circula por ambos conjuntos de bobinados y la energía total o flujo magnético almacenado es: $E=1/2 LI^2$. Donde L se refiere a la inductancia del primer y segundo conjunto de bobinados tomados conjuntamente e I es la corriente de carga magnética que fluye a través de ellos.

50 En un segundo modo en el que el segundo interruptor está encendido (y el primero apagado), ahora la corriente total fluye sólo a través del segundo conjunto de bobinados y, por tanto, la corriente aumenta para mantener el flujo magnético al inicio del impulso de descarga y luego disminuye lentamente a medida que se utiliza la energía para soportar la potencia de carga. En una condición de carga en circuito abierto, la corriente de carga está en una polaridad y la corriente de descarga pasa por cero y en sentido contrario para mantener una relación constante entre la tensión de salida y la de entrada. Es decir, la forma de la onda de salida sigue la forma de la onda de entrada, pero la corriente alterna entre una dirección y otra para mantener un flujo de corriente neto nulo. En el caso de que la tensión de carga sea superior a la tensión constante de transferencia equivalente, el sistema inductor se carga durante el tiempo de conexión del segundo interruptor y se descarga durante el tiempo de conexión del primero. Transfiriendo así la energía de la carga a la fuente.

60 Además, la unidad de acoplamiento de almacenamiento magnético puede permitir que la tensión de salida proporcionada a la carga siga directamente la forma de la tensión de alimentación de entrada. Así, puede proporcionar una copia directa de la forma de onda de entrada pero con una diferencia de amplitud proporcional según la relación de los bobinados y el ciclo de trabajo de los interruptores electrónicos. La amplitud de la tensión de salida suministrada a la carga es función de una constante de tensión K_v y de la amplitud de suministro de la tensión de entrada. La relación es válida a la frecuencia de conmutación que es esencialmente instantánea a la frecuencia de conmutación de entrega de potencia de la potencia de entrada y por extensión es válida para la forma de onda de entrada completa o cualquier porción de la misma, incluyendo el truncamiento o reinicio de la conmutación en cualquier parte de la forma de onda de entrada. La constante de tensión K_v depende además de la relación de vueltas (una medida de la relación del número de vueltas de los conjuntos de bobinados entre sí) y del ciclo de trabajo. Es decir, como la relación de vueltas es fija, la tensión de salida puede

controlarse mediante el ciclo de trabajo de la frecuencia de conmutación del primer y el segundo interruptor. Por lo tanto, el cambio de tensión entre la entrada y la salida se produce en la unidad de almacenamiento magnético. El resultado neto es que la energía se almacena en el conjunto de bobinados y se descarga a la carga (o de la carga a la fuente) dentro de la ley normal de almacenamiento de $\frac{1}{2} LI^2$. Esto significa que la pendiente de la corriente de carga está controlada por la tensión de carga y L_c+L_d y la pendiente de descarga está controlada sólo por la tensión de salida y L_d (o se carga desde la carga y se descarga hacia la fuente cuando la tensión de carga es superior a la transferencia de tensión equivalente dictada por la constante de transferencia K_v).

La función final del EDVT es más o menos la misma que la de un transformador magnético de potencia convencional con un bobinado de entrada y otro de salida, con la notable diferencia de que los valores de entrada/salida son de corriente continua. Las siguientes comparaciones con los transformadores de tensión alterna se ofrecen sólo como referencia relativa. Los transformadores de corriente alterna convencionales no pueden transferir tensión continua. Como se comprenderá con referencia a las Figuras 1A-1E por ejemplo, una de las diferencias del circuito EDVT presentado en la presente para referencia relativa sólo a los circuitos de transformador existentes es que en los circuitos de transformador conocidos que tienen bobinados sin el uso de conmutación como se propone aquí, el voltaje y la corriente completos para cada medio ciclo necesitan ser soportados inductivamente por el transformador, esto comúnmente referido como la inductancia magnetizante. A la inversa, en el circuito EDVT aquí tratado, la inductancia (por ejemplo, el primer y segundo conjuntos de bobinados situados en serie) se cargan durante breves impulsos cada vez (durante la alta frecuencia de conmutación) y, de forma similar, se descargan magnéticamente durante breves impulsos. Además, en términos de tamaño, los circuitos de transformadores existentes pueden tener un peso típico de alrededor de 45,3592 kg (100 lb) para acomodar la gran inductancia magnetizante, mientras que el circuito EDVT aquí presentado tiene un tamaño significativamente menor (por ejemplo, 1 lb)

De acuerdo con las Figuras 1A-1E, el circuito EDVT utiliza almacenamiento magnético y es inherentemente bipolar. Es decir, la energía puede almacenarse en ambas polaridades sin que se produzcan cambios. Esto no es posible con los transformadores convencionales.

Para ampliar las ventajas presentadas con el transformador electrónico de tensión continua de las Figuras 1A-1E sobre el transformador de corriente alterna convencional, sólo como referencia, un transformador convencional puede representarse con una inductancia de fuga de entrada, una inductancia mutua y una inductancia de fuga de salida. Todo ello con la relación de vueltas adecuada aplicada. Es decir, la inductancia mutua de los conjuntos de bobinados del circuito es el elemento de control. A la tensión máxima de trabajo, el flujo del núcleo está por debajo de la saturación (es decir, normalmente 15 kGauss). Los amperios-vuelta resultantes de la tensión aplicada (a 50/60/400 hercios) son tales que el flujo creado por el voltio-segundo (área bajo un semiseno) dividido por el área del núcleo es inferior al punto de saturación del material del núcleo. Un transformador típico de varios KVA mide 1 Henry con un peso aproximado de 22,6796-45,3592 kg (50-100 lb.) con un mando motorizado incluido para permitir la variabilidad. Preferiblemente, el circuito ESWT de las figuras 1A-1E carga y descarga el elemento de almacenamiento de flujo magnético con sólo el flujo suficiente para cubrir un ciclo de alta frecuencia (kilohercios) hasta niveles de saturación de ferrita que son típicamente de 3 kGauss. En una realización preferida, la relación de transferencia de tensión funciona para ondas sinusoidales y formas de onda no sinusoidales, así como para formas de onda de DC. Además, preferiblemente, la unidad de almacenamiento magnético 100 presentada en las figuras 1A-1E pesa sólo 0,453592 kg (1 lb.) Por lo tanto, hay un ahorro de material, costes y una mayor flexibilidad, así como una menor complejidad de la transformación de DC a DC. La naturaleza instantánea y electrónicamente variable del circuito transformador de las Figuras 1A-1E permite el control sin ningún elemento mecánico de desgaste.

Como se ha mencionado, los interruptores primero y segundo de la unidad de almacenamiento magnético tienen una frecuencia de conmutación que puede muchos kilohercios. Por ejemplo, preferiblemente la frecuencia de conmutación está en el rango de los kHz y típicamente es mucho mayor que 100 veces la frecuencia de potencia base de la transformación de potencia de AC normal, que está en el rango de los hercios. Esto también significa que no hay armónicos por debajo de la frecuencia de conmutación del rango de kHz. De este modo, se minimizan los armónicos de potencia de la potencia de salida, suministrada a la salida del circuito magnético que se suministra a la carga y, a efectos prácticos, los armónicos de potencia son inexistentes. Además, se minimizan los tamaños de inductancia en el circuito magnético y cualquier condensador utilizado en el circuito de transformador electrónico de tensión continua para suprimir las altas frecuencias por encima de la gama de hercios.

Refiriéndose ahora a las Figuras 1A-1E, se muestran realizaciones ejemplares de un circuito transformador electrónico de tensión directa ilustrado generalmente por los números de referencia 101-105 según realizaciones alternativas.

En referencia a la figura 1A, se muestra el circuito electrónico transformador de tensión directa 101. El circuito transformador electrónico de tensión continua 101 comprende un nodo de entrada 110, un nodo de salida 112 y una unidad de almacenamiento magnético 100 acoplada eléctricamente entre el nodo de entrada 110 y el nodo de salida 112 conectado a una carga. El nodo de entrada 110 está situado en el lado de la fuente para recibir una fuente de alimentación de DC (tensión continua) de entrada que tenga una tensión de alimentación de entrada 114. La unidad de almacenamiento magnético 100 sirve entonces para transformar o transferir energía desde el lado de la fuente al de la carga mediante el almacenamiento de energía magnética de alta frecuencia o cargada desde la carga y descargada a la fuente cuando la tensión de carga es superior a la transferencia de tensión equivalente dictada por la constante de transferencia K_v . La

unidad de almacenamiento magnético 100 comprende un núcleo común 130 que tiene uno o más conjuntos de bobinados(por ejemplo, un primer conjunto de bobinados 106 y un segundo conjunto de bobinados 107) para almacenar energía magnéticamente dentro del núcleo común 130 (denominado nodo de almacenamiento 113). La unidad de almacenamiento magnético 100 comprende además dos o más interruptores (por ejemplo, un primer interruptor 108 y un segundo interruptor 109). Los interruptores primero y segundo 108-109 son interruptores bidireccionales de corriente alterna, ilustrados generalmente en 140, que se conectan, alternativamente, es decir, opuestos entre sí y tienen una frecuencia de conmutación en un rango de kilohercios.

En referencia a la unidad de almacenamiento magnético 100, el primer conjunto de bobinados 106 y el segundo conjunto de bobinados 107 están acoplados magnéticamente entre sí mediante un núcleo común 130. Preferiblemente, el segundo conjunto de bobinados 107 está situado en conexión de ayuda en serie o de oposición en serie con el primer conjunto de bobinados 106 dentro de una trayectoria magnética común. Además, el primer interruptor 108 está conectado directamente al primer conjunto de bobinados 106 (y puede estar situado a ambos lados del primer conjunto de bobinados 106, como se ilustra en la diferencia entre las FIGS. 1A y 1C). El segundo interruptor 109 está conectado entre los dos juegos de bobinados 106, 107 y la masa común. A continuación, el nodo de salida 112 se conecta al segundo conjunto de bobinados 107 de forma que el nodo de salida proporcione una potencia de DC de salida, y una tensión de DC de salida 116. Además, la amplitud o magnitud de la tensión de salida 116 se basa en uno o más de los siguientes factores: una relación de bobinado entre los conjuntos de bobinados 106,107 primero y segundo, una polaridad de los conjuntos de bobinados 106,107 primero y segundo y el ciclo de trabajo de la frecuencia de conmutación de los conmutadores 108,109 primero y segundo. Como se describirá, la unidad de almacenamiento magnético 100 está configurada para recibir la energía de entrada y transferirla al nodo de salida 112 de forma que el primer y segundo conjunto de bobinados 106, 107 proporcionen almacenamiento magnético de energía de forma continua en el mismo incluso mientras los interruptores primero y segundo 108 y 109 se conectan y desconectan alternativamente y de forma opuesta.

En un ejemplo, refiriéndonos a la Figura 1A y a la unidad de almacenamiento magnético 100, el ciclo de trabajo de los interruptores 108 y 109 está fijado en un número predefinido el conjunto de bobinados 106, 107 están acoplados entre sí y cada uno tiene un número predefinido de bobinados. Refiriéndose a la Figura 1A, Nd se refiere al número de vueltas para producir la inductancia Ld del segundo conjunto de bobinados 107, y Nc se refiere a las vueltas adicionales para producir la inductancia Lc (refiriéndose a la combinación del primer y segundo conjunto de bobinados 106, 107). Es decir, Nc+Nd produce la inductancia Lc+Ld. La inductancia es proporcional al número de vueltas al cuadrado.

A continuación, se describe el modo general de funcionamiento de la unidad de almacenamiento magnético a la que se hace referencia en cada una de las Figuras 1A-1E. En el primer modo de funcionamiento, cuando el primer conmutador 108 está conectado (y el segundo conmutador 109 está desconectado), la corriente de línea fluye a través del primer y segundo conjuntos de bobinados 106, 107 (nodo de almacenamiento 113) hacia la carga en el nodo de salida 112. De este modo, la corriente de salida lo equivale a la corriente de entrada Is, que a su vez equivale a la corriente que circula por el conjunto de bobinados Ic e Id. De este modo, la corriente que circula por los conjuntos de bobinados 106, 107 soporta la corriente de carga (Io) más la corriente de carga magnética. Es decir, la combinación de ambos conjuntos de bobinados 106, 107 (nodo de almacenamiento 113) soporta preferentemente la corriente de salida de pico deseada lo más la corriente de carga de pico y la corriente que fluye a través del segundo conjunto de bobinados 107 debe soportar de forma similar los límites de pico de la corriente de descarga. Es decir, la carga de flujo de energía magnética (conocida como BH) del núcleo común 130 del nodo de almacenamiento 113 preferiblemente no alcanza la saturación con los picos de amperios-vuelta mencionados anteriormente.

Haciendo referencia de nuevo a las Figuras 1A-1E, la tensión de alimentación de entrada 114, es preferiblemente una forma de onda de DC, y la tensión de salida 116 en el nodo de salida 112 es también una forma de onda de DC. Preferiblemente, haciendo referencia a las Figuras 1A-1E, la frecuencia de conmutación de los interruptores dentro de la unidad de almacenamiento magnético 100 (por ejemplo, el primer interruptor 108 y el segundo interruptor 109) está en el rango de los kilohercios(*por ejemplo*, 20kHz). Es decir, como se describirá, la unidad de almacenamiento magnético 100, facilita la transformación de una potencia de tensión continua de entrada en una potencia de tensión continua de salida en la carga mediante la transformación o transferencia de la energía de entrada utilizando el almacenamiento de energía magnética como medio de transferencia.

Refiriéndonos de nuevo al primer modo de funcionamiento, cuando se conecta el primer interruptor 108, la corriente fluye a través de los conjuntos primero y segundo de bobinados 106, 107 (que están en serie en este modo) hacia la carga.

En términos generales , la tensión de salida instantánea en el nodo 112, se define como: $V_o = K_v V_s$ y la corriente de salida

en el nodo 112 es $I_o = \frac{V_o}{Z_L}$ donde Kv es una constante predefinida que depende de la relación de vueltas entre el primer y el segundo conjunto de bobinados 106, 107 (por ejemplo, específicamente del número de vueltas Nc del primer conjunto de bobinados 106 en relación con el número de vueltas Nd del segundo conjunto de bobinados 107). Es decir, Kv es una función de la constante de vueltas K_i y de la relación de carga/descarga K_x como se define a continuación. Además, la relación carga/descarga depende de delta-tc, que es el tiempo para pasar de que el primer conmutador 108 esté conmutado a que el segundo conmutador 109 esté conmutado, y de delta-td, que es el tiempo de descarga cuando el segundo conmutador 109 está conmutado (el primer conmutador 108 está desconectado).

Esto puede entenderse además como:

$$K_v = K_i \frac{\Delta t_c}{K_i \Delta t_c + \Delta t_d} = \frac{1}{\frac{1}{K_x} + 1},$$

5

constante para la relación de V_0 a V_s

Donde $K_x = \frac{\Delta t_c}{\Delta t_d} K_i$ y

10

$$K_i = \left(\frac{N_d}{N_c + N_d} \right), \text{ constante para la relación entre } I_c(\text{avg}) \text{ e } I_d(\text{avg}).$$

Como se observa en los valores instantáneos de la tensión de salida 116, un ciclo de trabajo constante producirá una tensión de salida 116 constante con respecto a la tensión de entrada 114 y, por lo tanto, transformará una forma de onda de DC de entrada en una forma de onda de DC de salida.

15

Haciendo referencia ahora a la forma de onda de corriente de la Figura 2 que ilustra la corriente a través del nodo de almacenamiento 113. Además, en el primer modo, la corriente que fluye a través del nodo de almacenamiento 113 aumenta de I_{cl} a I_{ch} mientras el primer interruptor 108 está encendido y el segundo interruptor 109 está apagado. El aumento actual se puede mostrar de la siguiente manera:

20

$$I_{cl}(N_c + N_d) = I_{dl}N_d, \quad I_{cl} = I_{dl} \left(\frac{N_d}{N_c + N_d} \right) = I_{dl}K_i$$

$$I_{ch}(N_c + N_d) = I_{dh}N_d, \quad I_{ch} = I_{dh} \left(\frac{N_d}{N_c + N_d} \right) = I_{dh}K_i, \quad K_i = \left(\frac{N_d}{N_c + N_d} \right)$$

25

$$\Delta I_c = I_{ch} - I_{cl} = (I_{dh} - I_{dl})K_i, \quad \Delta I_c = \Delta I_d K_i$$

Posteriormente, en el segundo modo, el primer conmutador 108 se desconecta y el segundo conmutador 107 se conecta, ahora toda la corriente fluye únicamente a través del segundo conjunto de bobinados 107, y la corriente aumenta instantáneamente de I_{ch} a I_{dh} para mantener la conservación de la energía en el campo magnético. Es decir, la magnitud de la corriente aumenta por la diferencia de relación de vueltas. Por ejemplo, en un escenario en el que N_c del conjunto de bobinados 106 es equivalente a N_d del conjunto de bobinados 107, entonces la corriente que fluye a través del segundo conjunto de bobinados 107 aumenta hasta I_{dh} (por ejemplo, duplica su valor en comparación con la corriente justo antes de que se apague el interruptor 108 en este caso). Posteriormente, durante el siguiente intervalo de tiempo de descarga predefinido mientras el segundo conmutador 107 está conduciendo, la corriente a través del nodo de almacenamiento 113 disminuye lentamente de I_{dh} a I_{dl} , mostrándose la relación más arriba. Además, la corriente disminuye instantáneamente al final del intervalo de tiempo de descarga cuando se apaga el segundo interruptor 109 y se vuelve a encender el primer interruptor 108, de I_{dl} a I_{cl} .

30

35

Como puede verse, se mantiene un flujo constante incluso durante el tiempo que cada interruptor 108, 109 está encendido/apagado y durante las transiciones entre modos. Es decir, el campo magnético y la energía almacenada en el interior del nodo de almacenamiento magnético 113 se mantienen constantes durante los modos de conmutación de carga/descarga/carga.

40

El almacenamiento continuo de energía descrito en referencia a la unidad de almacenamiento magnético 100 de las Figuras 1A-1E se refiere al hecho de que durante el primer y el segundo modo de funcionamiento y la conmutación entre ellos (por ejemplo, la conmutación desde que se enciende el primer interruptor 108 hasta que se enciende el segundo interruptor 109), las relaciones de tensión de entrada-salida (114 y 116) se mantienen ya que el campo magnético y la energía almacenada dentro del nodo de almacenamiento 113 permanecen constantes tal y como se define por $E=1/2LI^2$. Es decir, en una realización preferida, se mantiene una relación constante de transferencia de tensión del lado de la fuente al lado de la carga independientemente de la forma de onda sinusoidal de entrada (por ejemplo, la tensión de alimentación de entrada 114) y la forma de onda sinusoidal de entrada de la tensión 114 se convierte a la relación de transferencia fija (por ejemplo, determinada como se ha mencionado anteriormente por la constante K_v) al lado de la carga como tensión de salida 116. Así, la impedancia de carga determinará la corriente de salida.

50

Las relaciones matemáticas de tensiones y corrientes utilizadas en las figuras 1A-1E pueden comprenderse mejor del siguiente modo:

55

Durante los tiempos de carga y descarga, V_s y V_0 permanecen esencialmente inalterados porque la frecuencia de

conmutación es muy alta (normalmente 20 kHz de conmutación). Por lo tanto, la tensión y la inductancia de uno de los conjuntos de bobinados viene dada por:

$$V = L \frac{\Delta i}{\Delta t} , L = A_L N^2 , A_L = \text{magnetic core inductance factor},$$

5

$N = \text{number of turns}$

$V_s = \text{instantaneous value of the DC input waveform}$

10

$V_o = \text{instantaneous value of the DC output waveform}$

$$\Delta I_d = V_o \frac{\Delta t_d}{A_L N_d^2}$$

$$\Delta I_c = (V_s - V_o) \frac{\Delta t_c}{A_L (N_c + N_d)^2}$$

15

$$\Delta I_c = K_i \Delta I_d = K_i \frac{V_o \Delta t_d}{A_L N_d^2}$$

$$(V_s - V_o) \frac{\Delta t_c}{A_L (N_c + N_d)^2} = K_i \frac{V_o \Delta t_d}{A_L N_d^2}$$

20

$$(V_s - V_o) \frac{\Delta t_c}{A_L (N_c + N_d)^2} \frac{A_L N_d^2}{\Delta t_d} = (V_s - V_o) \frac{\Delta t_c}{\Delta t_d} K_i^2 = K_i V_o , K_x = \frac{\Delta t_c}{\Delta t_d} K_i$$

$$K_x (V_s - V_o) = V_o$$

$$V_o (1 + K_x) = K_x V_s$$

25

$$V_o = \frac{K_x}{1 + K_x} V_s = \frac{1}{\frac{1}{K_x} + 1} V_s = K_v V_s , K_v = \frac{1}{\frac{1}{K_x} + 1}$$

Observe que K_v es una función únicamente de la constante de vueltas K_i y del ciclo de trabajo K_x

30

$$\Delta I_d = V_o \frac{\Delta t_d}{A_L N_d^2} = K_v V_s \frac{\Delta t_d}{A_L N_d^2} = K_D V_s , K_D = \frac{K_v \Delta t_d}{A_L N_d^2} , \Delta I_c = \Delta I_d K_i = K_i K_D V_s$$

Observe que la magnitud del rizado de corriente en el elemento de almacenamiento 113 es función de V_s , de los valores de inductancia y del ciclo de trabajo.

35

Las constantes son:

$$K_i = \left(\frac{N_d}{N_c + N_d} \right) ,$$

40

constante para la relación entre $I_c(\text{avg})$ e $I_d(\text{avg})$

$$K_o = \frac{\Delta t_c + \Delta t_d}{K_i \Delta t_c + \Delta t_d} ,$$

constante para la relación entre I_o e $I_c(\text{avg})$, $I_d(\text{avg})$

45

$$K_x = \frac{\Delta t_c}{\Delta t_d} K_i$$

$$K_v = K_i \frac{\Delta t_c}{K_i \Delta t_c + \Delta t_d} = \frac{1}{\frac{1}{K_x} + 1} ,$$

50

constante para la relación de V_o a V_s

$$K_d = \frac{K_v \Delta t_d}{A_L N_d^2},$$

constante para la relación de ondulación $\Delta I_c, \Delta I_d$

5 Las relaciones de trabajo simplificadas son las siguientes

$$V_o = K_v V_s$$

$$\Delta I_d = K_d V_s$$

$$\Delta I_c = K_i K_d V_s$$

$$I_o = \frac{V_o}{Z_L}$$

$$I_d(\text{avg}) = K_o I_o$$

$$I_c(\text{avg}) = K_i K_o I_o \quad D = \frac{\Delta t_c}{\Delta t_c + \Delta t_d},$$

ciclo de trabajo

$$I_s = D I_c(\text{avg}) = D K_i K_o I_o$$

$$D K_i K_o = \frac{\Delta t_c}{\Delta t_c + \Delta t_d} K_i \frac{\Delta t_c + \Delta t_d}{K_i \Delta t_c + \Delta t_d} = K_v$$

$$V_s I_s = \frac{1}{K_v} V_o K_v I_o = V_o I_o$$

Además, los valores de las corrientes que circulan por los circuitos de los transformadores de 101-105 pueden calcularse como sigue:

$$I_c(\text{avg}) = \frac{I_{ch} + I_{cl}}{2} = \frac{I_{ah} + I_{al}}{2} K_i = I_d(\text{avg}) K_i$$

$$\Delta I_c = I_{ch} - I_{cl} = (I_{ah} - I_{al}) K_i, \quad \Delta I_c = \Delta I_d K_i$$

$$I_o = \frac{I_c(\text{avg}) \Delta t_c + I_d(\text{avg}) \Delta t_d}{\Delta t_c + \Delta t_d} = \frac{K_i I_d(\text{avg}) \Delta t_c + I_d(\text{avg}) \Delta t_d}{\Delta t_c + \Delta t_d} = I_d(\text{avg}) \frac{K_i \Delta t_c + \Delta t_d}{\Delta t_c + \Delta t_d}$$

$$I_d(\text{avg}) = K_o I_o, \quad K_o = \frac{\Delta t_c + \Delta t_d}{K_i \Delta t_c + \Delta t_d}$$

Tenga en cuenta que $I_c(\text{avg})$, $I_d(\text{avg})$ son una función de la corriente de carga, el ciclo de trabajo y el número de vueltas del conjunto de bobinados de almacenamiento.

$$I_o = \frac{V_o}{Z_L}, \quad Z_L = \text{load impedance}$$

Cabe señalar que el funcionamiento de la unidad de almacenamiento magnético 100 descrito en referencia a la Figura 1A se aplica de forma similar a las Figuras 1B-1E.

En una realización referida a las Figuras 1B y 1C, se muestra un transformador electrónico de tensión continua 102, 103 según realizaciones alternativas en las que un condensador de entrada 117 situado entre el primer interruptor 108 y/o el primer conjunto de bobinados 106 y la masa común. El condensador de entrada 117 está configurado para cooperar tanto con el primer como con el segundo conjunto de bobinados 106, 107 para suprimir los componentes de corriente de alta frecuencia en el rango de los kilohercios del lado de alimentación de entrada del circuito EDVT 102, 103 respectivamente. Además, se proporciona un condensador de salida 118, situado entre el segundo conjunto de bobinados 107 y la masa común (por ejemplo, a través de la carga), el condensador de salida 118 configurado para cooperar con el primer y segundo conjuntos de bobinados 106, 107 para suprimir los componentes de alta frecuencia en el rango de kilohercios (por ejemplo, generados por la tasa de conmutación de alta frecuencia de los interruptores primero y segundo 108, 109)

de la potencia/tensión de salida en el nodo de salida.

5 En otra realización referida a la Figura 1D, se proporciona un inductor de entrada 119 situado entre el nodo de entrada y el primer interruptor 108 y un condensador de filtrado 120 situado entre el nodo de entrada y la masa común. El inductor de entrada 119 coopera con el condensador de entrada 120 para proporcionar una supresión adicional de los componentes de alta frecuencia de la señal de entrada (por ejemplo, 114) proporcionada a la unidad de almacenamiento magnético 100. La Figura 1E proporciona algunos valores ejemplares de los componentes para filtrar las frecuencias apropiadas en una realización de frecuencia de línea.

10 En una realización preferida de las Figuras 1A-1E, las potencias, tensiones y corrientes de entrada y salida no tienen contenido armónico por debajo de la frecuencia de conmutación, incluida la ausencia del componente de alta frecuencia de kilohercios.

15 En otra realización más (no ilustrada), los interruptores primero y segundo 108, 109 se accionan sólo con determinadas porciones de la forma de onda de la tensión de alimentación de entrada 114, de tal modo que sólo una porción de la forma de onda de la tensión de entrada 114 se transfiere a la carga como tensión de salida 116.

20 En otra realización ilustrada en la Figura 3B, la salida puede ser una fuente de alimentación (por ejemplo, 114) y puede ser una tensión continua y los ciclos de trabajo de los interruptores 108, 109 se modulan en variaciones periódicas repetitivas para producir tensiones de salida 116 variables que se seleccionan entre tensiones sinusoidales lineales o tensiones de salida no lineales a la entrada 114. En este caso, la corriente continua puede transferirse a una línea eléctrica de tensión alterna (CA).

25 En otro aspecto del EDVT 101-105 de las Figuras 1A-1E, se observa que las corrientes de rizado (mostradas como delta I_c) no se ven afectadas por la corriente de carga I_o . Es decir, cuando la carga se desconecte de forma que provoque una corriente de carga cero, sólo existirá la componente de corriente de ondulación por encima y por debajo de cero en la alta frecuencia. La tensión de salida 116 seguirá estando definida por la relación con la tensión de entrada 114 definida anteriormente.

30 En algunas realizaciones, se puede utilizar un circuito de realimentación para supervisar la forma de onda de salida 116 que se utiliza para alterar el ciclo de trabajo de los interruptores 108,109 para proporcionar una tensión de salida más estable con respecto a la tensión de entrada o proporcionar una tensión de entrada más estable cuando se carga desde la carga y se descarga a la fuente cuando la tensión de carga es superior a la transferencia de tensión equivalente dictada por la constante de transferencia K_v .

35 En consecuencia, se apreciará por una persona de habilidad ordinaria en el arte que la presente invención proporciona una flexibilidad mejorada para los circuitos electrónicos de transformadores de tensión directa al permitir controles electrónicos de conmutación de temporización de la tensión de salida proporcionada a una carga y permitir que una potencia de entrada de DC se suministre como una potencia de salida de DC o a la inversa cuando se carga desde la carga y se descarga a la fuente cuando la tensión de carga es mayor que la transferencia de tensión equivalente dictada por la constante de transferencia K_v de tal manera que la amplitud depende de la relación de vueltas entre los conjuntos de bobinados y el ciclo de trabajo de los conmutadores utilizados en la unidad de almacenamiento magnético 100 descrita en la presente. Por tanto, hay ahorro de material, costes y mayor flexibilidad. La naturaleza variable electrónica del circuito de transformador 101-105 permite controlar la tensión, la potencia y la corriente de salida sin ningún elemento de desgaste mecánico y con una mayor eficacia.

Además, aunque la invención se ha descrito con referencia a ciertas realizaciones específicas, varias modificaciones de las mismas serán evidentes para los expertos en la materia sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un circuito transformador electrónico de tensión continua, DC, que comprende:

5 un nodo de entrada (110) adaptado para recibir corriente continua de entrada procedente de una fuente de alimentación de tensión continua;
una unidad de acoplamiento de almacenamiento magnético (100) que comprende:

10 un primer conjunto de bobinados (106) acoplados a un primer interruptor bidireccional de AC (108), estando el primer interruptor bidireccional de AC (108) configurado para recibir una corriente de carga de entrada asociada a una tensión de entrada (114);

un segundo conjunto de bobinados (107) eléctricamente en serie con el primer conjunto de bobinados (106), estando el primer y el segundo conjunto de bobinados (106, 107) configurados para compartir un núcleo común (130);

15 un segundo conmutador bidireccional de AC (109) conectado con un extremo directamente entre el primer y el segundo conjunto de bobinados (106, 107) y con otro extremo a una masa común, estando el primer y el segundo conmutadores bidireccionales de AC (108, 109) configurados para tener una frecuencia de conmutación en un rango de kilohercios y para conmutar entre encendido y apagado en modos alternos; y

20 un nodo de salida (112) conectado al segundo conjunto de bobinados (107), el nodo de salida (112) adaptado para proporcionar una potencia de DC de salida, estando la potencia de DC de salida adaptada para tener una tensión de salida V_o (116) con una amplitud basada en la tensión de entrada (114) V_s , donde $V_o = K_v V_s$ y K_v es una constante de transferencia predefinida que es proporcional a un ciclo de trabajo D de los interruptores de AC

$$D = \frac{\Delta t_c}{\Delta t_c + \Delta t_d}$$

25 bidireccionales primero y segundo (108, 109), tal que Δt_c es un tiempo de conmutación desde que el primer conmutador bidireccional de AC está conectado hasta que el segundo conmutador bidireccional de AC está conectado, y Δt_d es el tiempo de descarga cuando el segundo conmutador bidireccional de AC está conectado, de tal manera que el primer conmutador bidireccional de AC está configurado para estar desconectado cuando el segundo conmutador bidireccional de AC está configurado para estar conectado;

30 en el que la unidad de acoplamiento de almacenamiento magnético (100) está configurada para transferir potencia de DC desde la fuente de potencia de tensión continua al nodo de salida (112) utilizando el acoplamiento de almacenamiento magnético proporcionado por el primer y segundo conjunto de bobinados (106, 107) para recibir energía de DC de entrada y transferir tensión continua como energía de DC de entrada desde el nodo de entrada (110) al nodo de salida (112) que proporciona la energía de DC de salida, de modo que el primer conjunto de bobinados (106) y el segundo conjunto de bobinados (107) están configurados para proporcionar almacenamiento magnético de energía basado en que cada uno de los interruptores de AC bidireccionales primero (108) y segundo (109) están configurados para conmutarse continuamente;

35 en donde cuando una carga de salida es cero, la tensión de salida está configurada para seguir siendo proporcional a la tensión de entrada mediante dicho $V_o = K_v V_s$.

40 2. El circuito de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el nodo de entrada (110) está configurado para ser la fuente de potencia y la carga de salida está configurada para ser un absorbedor de potencia.

45 3. El circuito de acuerdo con la reivindicación 2 comprende además un condensador (118) situado entre el segundo conjunto de bobinados (107) y la masa común, el condensador (118) configurado para suprimir componentes de alta frecuencia en un rango de kilohercios de la tensión de salida en el nodo de salida (112).

50 4. El circuito de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la tensión de salida (116) está configurada además para depender de una relación de vueltas del primer conjunto de bobinados (106) con respecto al segundo conjunto de bobinados (107) de manera que variando al menos una de la relación de vueltas y el ciclo de trabajo varía directamente la amplitud de la señal de tensión de salida.

55 5. El circuito de acuerdo con la reivindicación 2 está configurado para proporcionar una relación constante predefinida entre la tensión de salida y la tensión de entrada desde el nodo de entrada (110) al nodo de salida (112), independientemente de la forma de onda de entrada, convirtiéndose una forma de onda de entrada en la relación de transferencia predefinida a la carga de salida.

60 6. El circuito de acuerdo con la reivindicación 2 está configurado además para proporcionar una distorsión armónica de potencia cercana a cero tanto en la potencia de DC de entrada como en la potencia de DC de salida con un ciclo de trabajo fijo.

7. El circuito de acuerdo con la reivindicación 2 está configurado además para proporcionar una corrección armónica para cargas de salida no lineales cuando el ciclo de trabajo está configurado para ser variado incrementalmente con el fin de corregir las fluctuaciones previstas de dichas cargas de salida no lineales.

8. El circuito de acuerdo con la reivindicación 3 comprende además un segundo condensador (117) situado entre el primer

conmutador bidireccional (108) y la masa común, el segundo condensador (117) configurado para suprimir los componentes de corriente de alta frecuencia en el nodo de entrada (110).

- 5 9. El circuito de acuerdo con la reivindicación 8 comprende además un inductor de entrada (119) situado entre el nodo de entrada (110) y el primer conmutador bidireccional de AC (108) y un condensador de entrada (120) situado entre el nodo de entrada (110) y la masa común, estando el inductor de entrada (119) configurado para cooperar con el condensador de entrada (120) para proporcionar una supresión adicional de los componentes de alta frecuencia en el nodo de entrada (110).
- 10 10. El circuito de acuerdo con la reivindicación 9, en donde la potencia de DC de entrada y la potencia de DC de salida están configuradas para tener un contenido armónico limitado distinto de un contenido de frecuencia de hercios de potencia base y un componente de alta frecuencia de kilohercios generado por la frecuencia de conmutación tienen un contenido de frecuencia limitado.
- 15 11. El circuito de acuerdo con la reivindicación 2, en donde durante una primera duración en la que el primer conmutador bidireccional de AC (108) está configurado para estar encendido y el segundo conmutador bidireccional de AC (109) está configurado para estar apagado, se permite que fluya una corriente desde los conjuntos primero y segundo de bobinados (106), 107) a la carga de salida, estando los conjuntos primero y segundo de bobinados (106, 107) configurados para estar cargados magnéticamente durante la primera duración en la que el primer conmutador bidireccional de AC (108) está cerrado.
- 20 12. El circuito de acuerdo con la reivindicación 11, en donde durante una segunda duración en la que el segundo conmutador bidireccional de AC (109) está encendido y el primer conmutador bidireccional de AC (108) está apagado, la corriente está configurada para dejar de fluir en el primer conjunto de bobinados (106) y la corriente en la carga de salida se mantiene mediante el segundo conjunto de bobinados (107) a medida que se descarga magnéticamente.
- 25 13. El circuito de acuerdo con la reivindicación 12, en donde la unidad de acoplamiento de almacenamiento magnético (100) está configurada para mantener una relación constante entre la tensión de salida y la tensión de entrada (114) para la carga de salida durante la operación de conmutación del primer y el segundo interruptor bidireccional de AC (108, 109).
- 30 14. El circuito de acuerdo con la reivindicación 13, en donde la tensión de salida (116) está configurada para variar proporcionalmente en función de al menos una de una relación de vueltas del primer conjunto de bobinados (106) con respecto al segundo conjunto de bobinados (107) y del ciclo de trabajo.
- 35 15. El circuito de acuerdo con la reivindicación 2 está configurado de tal manera que los interruptores de AC bidireccionales primero y segundo (108, 109) se accionan sólo en determinadas duraciones de una forma de onda de tensión de entrada de tal manera que sólo una parte de la forma de onda de tensión de entrada está en la carga de salida.
- 40 16. El circuito de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la potencia de DC de entrada está configurada para estar basada en la tensión de DC y los ciclos de trabajo de los interruptores de AC bidireccionales primero y segundo (108, 109) están modulados a frecuencias de Hertz de repetición regular con variaciones del ciclo de trabajo.
- 45 17. El circuito de acuerdo con la reivindicación 2 está configurado para utilizar una realimentación para controlar el ciclo de trabajo de los interruptores de AC bidireccionales primero y segundo (108, 109) para proporcionar una salida más estable con respecto a las variaciones de la tensión de entrada (114) o a la inversa cuando se carga desde la carga de salida y se descarga a la fuente de alimentación de tensión continua cuando la tensión de carga de salida 2 es superior a una transferencia de tensión equivalente dependiente de la constante de transferencia predefinida Kv.
- 50 18. El circuito de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la potencia está configurada para fluir desde un lado de carga a un lado de entrada cuando la tensión de carga de salida es superior a una tensión transformada dictada por la constante de transferencia predefinida Kv.
- 55 19. El circuito de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la potencia está configurada para fluir desde un lado de carga a un lado de entrada cuando la tensión de carga de salida es superior a una tensión transformada dictada por la constante de transferencia predefinida Kv y la tensión de entrada es tensión continua.

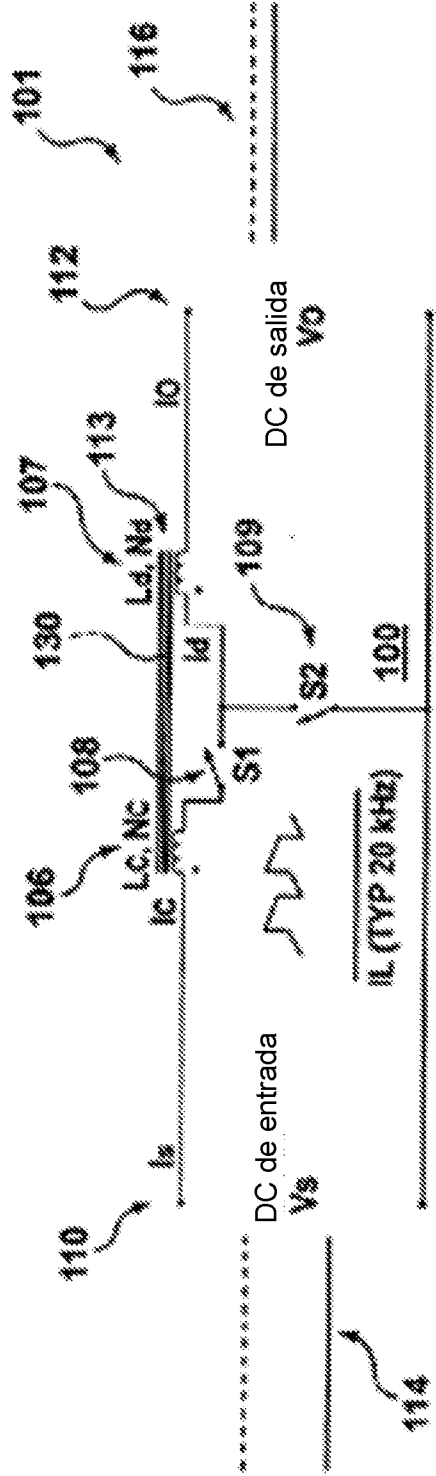


FIG. 1A

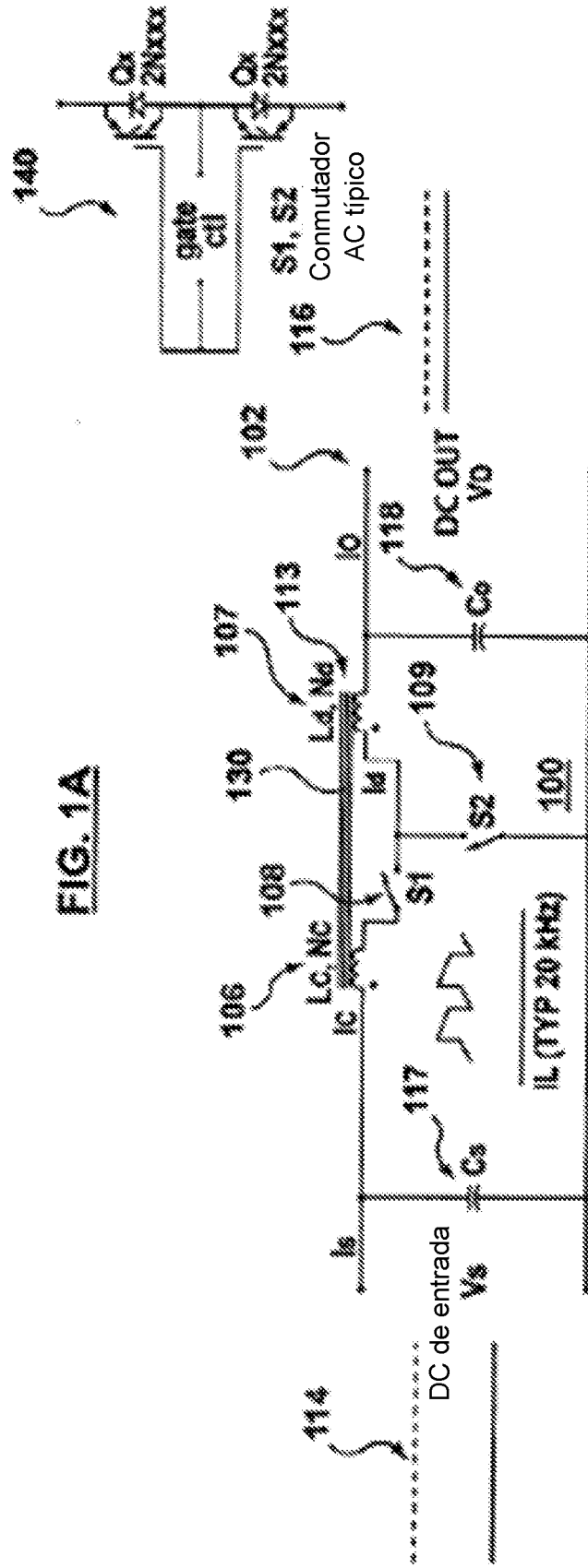


FIG. 1B

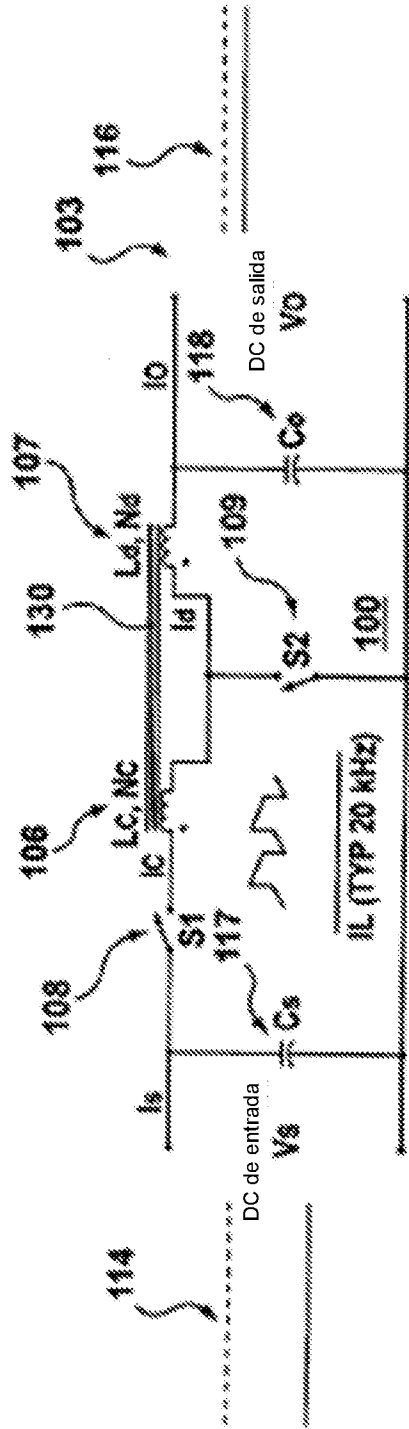


FIG. 1C

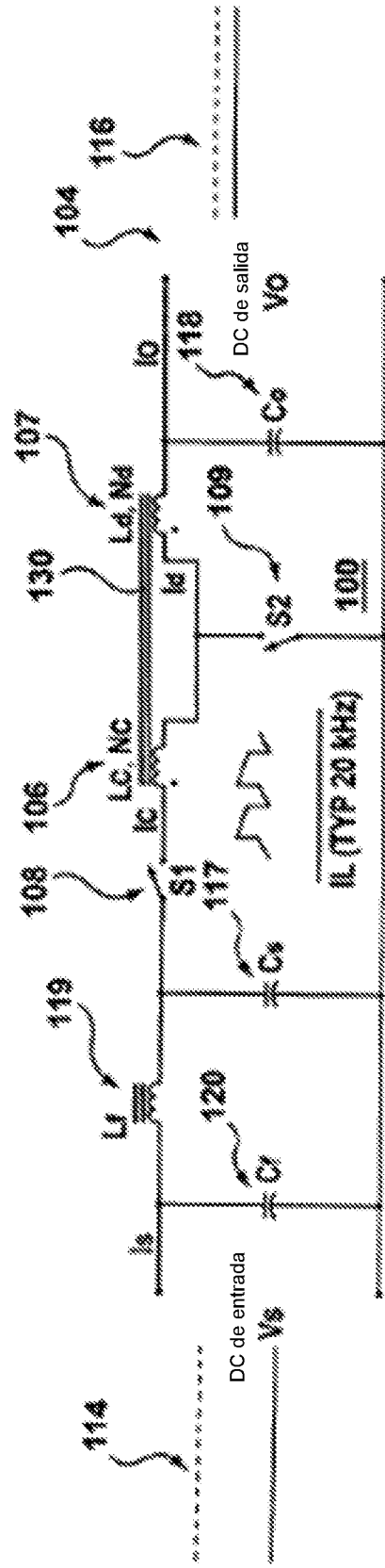


FIG. 1D

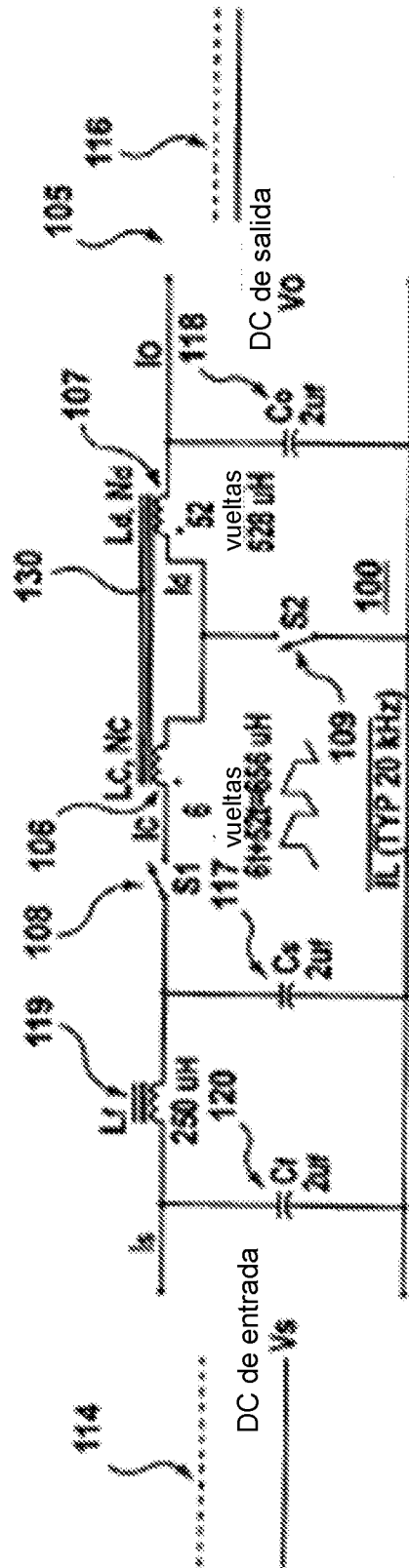


FIG. 1E

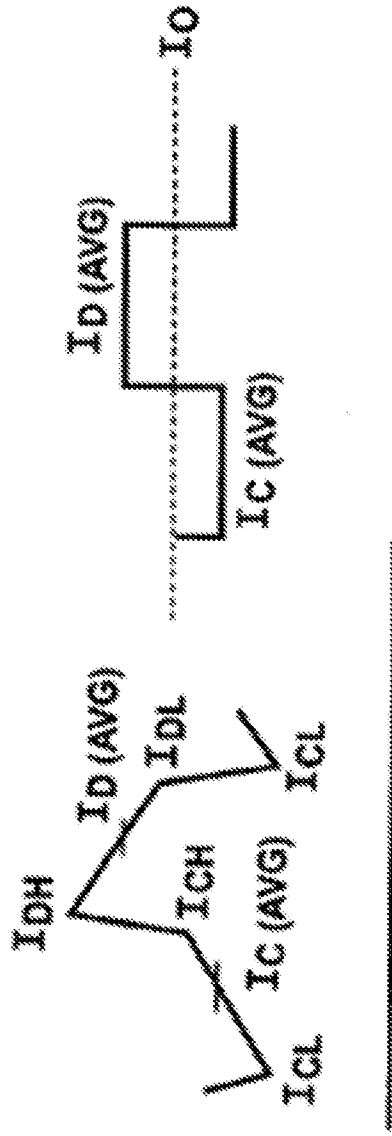


FIG. 2

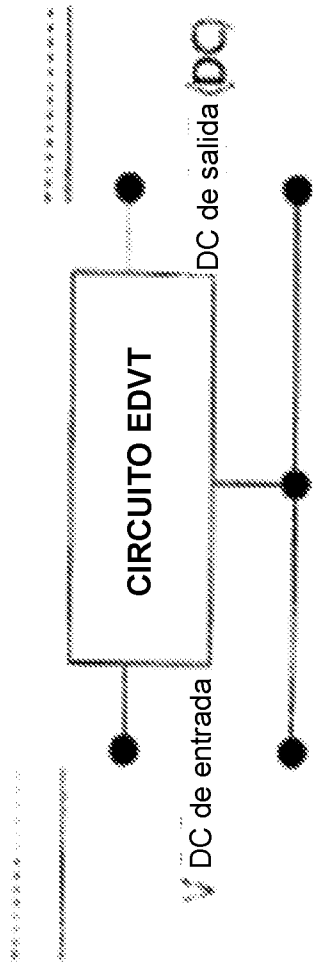


Figure 3A

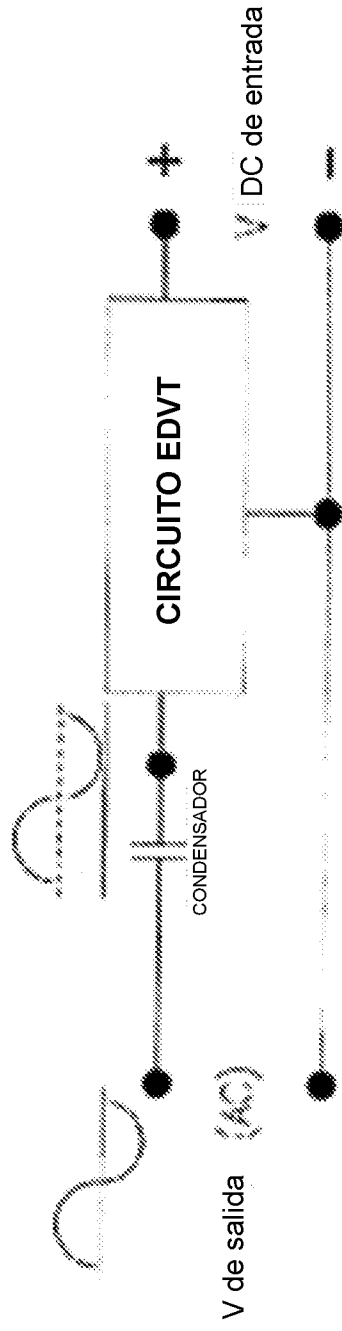


Figure 3B