

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 123**

51 Int. Cl.:

H02M 3/335 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.01.2015 PCT/EP2015/051007**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.07.2015 WO15110427**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2015 E 15702981 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018 EP 3097635**

54 Título: **Convertidores resonantes de potencia de CC-CC en disminución**

30 Prioridad:

22.01.2014 EP 14152070

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

05.06.2018

73 Titular/es:

**DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET (100.0%)
Anker Engelunds Vej 101 A
2800 Kgs. Lyngby, DK**

72 Inventor/es:

**KOVACEVIC, MILOVAN y
MADSEN, MICKEY P**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 671 123 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Convertidores resonantes de potencia de CC-CC en disminución

La presente invención se refiere a un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, que comprende un circuito físico primario y un circuito físico secundario acoplados a través de una barrera de aislamiento galvánico.

5 El circuito físico primario comprende un terminal de entrada positivo y un terminal de entrada negativo para la recepción de un voltaje de entrada y un condensador de entrada acoplado entre los terminales de entrada positivo y negativo, y el circuito físico secundario comprende un condensador de salida que se puede cargar a un voltaje de salida del convertidor entre un primer electrodo positivo y un segundo electrodo negativo. Una red resonante está configurada para ser cargada alternativamente por el voltaje de entrada y descargada al condensador de salida a través de la barrera de aislamiento galvánica por medio de una disposición de conmutador de semiconductor de acuerdo con una señal de control de conmutador para producir el voltaje de salida del convertidor. El convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución comprende una conexión eléctrica de corto-circuito a través de la barrera de aislamiento galvánica que conecta, en un primer caso, el segundo electrodo negativo del condensador de salida al terminal de entrada positivo del circuito físico primario o, en un segundo caso, que conecta el segundo electrodo positivo del condensador de salida al terminal de entrada negativo del circuito físico primario, estableciendo con ello, tanto en el primero como en el segundo casos, un acoplamiento en serie del condensador de salida y el condensador de entrada. Se establece, en el primer caso, una conexión de carga entre el primer electrodo positivo del condensador de salida y el terminal de entrada positivo o, en el segundo caso, entre el segundo electrodo negativo del condensador de salida y el terminal de entrada negativo.

20 Antecedentes de la invención

Los costes de densidad de potencia y de componentes son métricas clave de funcionalidad de convertidores de potencia de CC-CC tanto aislados como no aislados para proporcionar el menor tamaño físico posible y/o los menores costes para un requisito o especificación de potencia de salida dados. Los convertidores de potencia resonantes son particularmente útiles para elevadas frecuencias de conmutación, tales como frecuencias superiores a 1 MHz, a las que las pérdidas de conmutación de topologías SMPS estándar (Buck, Boost, etc.) tienden a ser inaceptables por razones de eficacia de conversión. Son generalmente deseables altas frecuencias de conmutación debido a la disminución resultante del tamaño eléctrico y físico de los componentes de circuitos del convertidor de potencia como inductores o bobinas de inducción y condensadores. Los menores componentes permiten aumentar la densidad de potencia del convertidor de potencia de CC-CC. En un convertidor de potencia resonante, un conmutador de semiconductor (con frecuencia MOSFET o IGBT) de “descrestador” de entrada del SMPS estándar es sustituido por un conmutador de semiconductor “resonante”. El conmutador de semiconductor resonante se basa en resonancias de capacitancias e inductancias de circuito para conformar la forma de onda ya sea de la corriente o del voltaje a través del conmutador de semiconductor de tal manera que, cuando ocurre conmutación de estado en el conmutador de semiconductor, no existe esencialmente corriente o no existe esencialmente voltaje a través del conmutador de semiconductor. Por lo tanto, la disipación de potencia es ampliamente eliminada en al menos algunas de las capacitancias o inductancias intrínsecas del conmutador de semiconductor de entrada de tal manera que resulta factible un marcado aumento de la frecuencia de conmutación, por ejemplo hasta valores superiores a 10 MHz. Este concepto es conocido en la técnica bajo designaciones como operación de conmutación de voltaje cero y/o corriente cero (ZVS y/o ZCS). Convertidores de potencia en modo conmutado comúnmente usados que operan bajo ZVS y/o ZCS se describen con frecuencia como inversores o convertidores de potencia de clase E, clase F o clase DE.

A la vista de lo anterior, queda un reto para reducir el tamaño y disminuir los costes de convertidores de potencia de CC-CC tanto aislados como no aislados. Por lo tanto, son altamente deseables nuevas topologías de convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, que reduzcan el régimen de voltaje o potencia máximo requerido de componentes activos y pasivos del convertidor resonante de CC-CC. De manera análoga, son altamente deseables nuevas topologías de convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, que reduzca el tamaño físico o el coste de componentes activos y pasivos, por ejemplo bobinas de inducción, condensadores, transistores y diodos.

Compendio de la invención

50 Un primer aspecto de la invención se refiere a un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución que comprende un circuito físico primario y un circuito físico secundario acoplados a través de una barrera de aislamiento galvánica; el circuito físico primario comprende un terminal de entrada positivo y un terminal de entrada negativo para recibir un voltaje de entrada. Un condensador de entrada está acoplado o conectado entre los terminales de entrada positivo y negativo en el circuito físico primario. El circuito físico secundario comprende un condensador de salida que se puede cargar a un voltaje de salida del convertidor entre un primer electrodo positivo y un segundo electrodo negativo del condensador de salida. El convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución comprende una red resonante configurada para ser alternativamente cargada por el voltaje de entrada y descargada al condensador de salida a través de la barrera de aislamiento galvánica por medio de una disposición de conmutador de semiconductor de acuerdo con una señal de control de conmutador para producir un voltaje de salida del convertidor, en el que una frecuencia de la señal de control de conmutador tiene una frecuencia de, o superior a,

20 MHz, más preferiblemente de, o superior a, 30 MHz. Una conexión eléctrica de corto-circuito a través de la barrera de aislamiento galvánica conecta, en un primer caso, el segundo electrodo negativo del condensador de salida al terminal de entrada positivo del circuito físico primario o, en un segundo caso, conecta el segundo electrodo positivo del condensador de salida al terminal de entrada negativo del circuito físico primario, estableciendo con ello, tanto en el primer como en el segundo casos, un acoplamiento en serie del condensador de salida y el condensador de entrada. Una conexión de carga del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución existe o se establece, en el primer caso, entre el primer electrodo positivo del condensador de salida y el terminal de entrada positivo o, en el segundo caso, entre el segundo electrodo negativo del condensador de salida y el terminal de entrada negativo.

En lo que sigue se describe con detalle la presente invención con referencia a las realizaciones concretas derivadas de convertidores resonantes aislados de potencia de CC-CC de topologías de clase E, clase DE y SEPIC. La persona experta comprenderá que la invención es igualmente aplicable a otros tipos de convertidores resonantes aislados de potencia de CC-CC, tales como inversores y rectificadores de clase φ_2 (EF₂) y convertidores resonantes de refuerzo, de reducción, de LCC, etc. En este contexto, el término CC puede referirse a voltaje de entrada que varía lentamente, en el que el término "CC" se aplica a variaciones del nivel de voltaje de entrada que son lentas en comparación con la frecuencia de conmutación, es decir, la frecuencia anteriormente mencionada de la señal de control de conmutador, del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución. El voltaje de entrada puede comprender por lo tanto un voltaje de entrada de CC esencialmente constante o un voltaje de CA rectificado que comprenda un componente de voltaje de CC y un componente de voltaje de CA a una frecuencia significativamente inferior, por ejemplo más de 100 veces menor, que la frecuencia de conmutación del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución. En el último caso, el voltaje de entrada puede ser suministrado por una salida de un rectificador de voltaje de la red de 50/60 Hz conectado a los terminales de entrada positivo y negativo del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución.

El circuito físico secundario del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución puede comprender un circuito de rectificación acoplado entre la red resonante y el condensador de salida para convertir una forma de onda de voltaje de CA resonante del circuito resonante en un voltaje de salida del convertidor de CC.

La disposición de conmutador de semiconductor comprende preferiblemente uno o más conmutadores de semiconductor individuales configurados para conmutación de voltaje cero y/o conmutación de corriente cero. Los presentes convertidores resonantes de potencia de CC-CC en disminución pueden ser hechos funcionar a frecuencias de conmutación muy elevadas, es decir, de 20 MHz o 30 MHz o superiores, debido a que la conmutación de voltaje cero y/o la conmutación de corriente cero del uno o más conmutadores de semiconductor controlables individuales, facilitados por la red resonante, reduce efectivamente las pérdidas de potencia de conmutación de la disposición de conmutador de semiconductor. Una frecuencia de conmutación de 30 MHz o superior es considerada normalmente como operación de VHF del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución.

La disposición de conmutador de semiconductor puede comprender varias topologías de conmutador ordinarias, tales como topologías de conmutador única, topologías de conmutador de medio puente o topologías de conmutador de puente completo. El uno o más conmutadores de semiconductor controlables individuales de la dispositivo de conmutador de semiconductor pueden comprender un MOSFET o un IGBT tal como un transistor de Nitruro de Galio (GaN) o de Carburo de Silicio (SiC). Un terminal de control, por ejemplo, una puerta o base, de cada uno de los conmutadores de semiconductor controlables, puede ser acoplado a, o activado por, la señal de control de conmutador para forzar alternativamente cada uno de los conmutadores de semiconductor controlables entre estados de activación (ON) y estados de desactivación (OFF). En el estado ON, un inductor de la red resonante puede ser cargado con energía procedente de la fuente de voltaje de entrada y, en el siguiente estado OFF, liberar la energía almacenada hacia el condensador de salida para cargar este último. La red resonante comprende preferiblemente al menos un inductor y al menos un condensador, donde cada uno o ambos de estos componentes pueden comprender inductancias o capacitancias parásitas de componentes activos o componentes pasivos del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución. El circuito físico secundario del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución puede comprender uno o más elementos de rectificación pasivos y/o activos, tales como un diodo o transistor insertados frente a la carga del convertidor.

La conexión eléctrica de una fuente de voltaje o potencia de entrada, por ejemplo un generador de voltaje de CC, para el presente convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, es hecha, en el primer caso, entre el terminal de entrada negativo del circuito físico primario y el electrodo positivo del condensador de salida, de tal manera que los condensadores de entrada y salida del convertidor sean conectados en serie entre los terminales positivo y negativo de la fuente de voltaje o potencia de entrada. Igualmente, en el segundo caso, la fuente de voltaje o potencia de entrada está conectada entre el electrodo negativo del condensador de salida y el terminal de entrada positivo del circuito físico primario, de tal manera que los condensadores de entrada y salida del convertidor estén una vez más conectados en serie entre los terminales positivo y negativo de la fuente de voltaje o potencia de entrada. La persona experta comprenderá que la conexión eléctrica en corto-circuito a través de la barrera de aislamiento galvánica elimina el aislamiento galvánico entre los circuitos físicos primario y secundario del convertidor resonante de CC-CC en disminución interconectando el segundo electrodo negativo del condensador de salida y el

terminal de entrada positivo, en el primer caso, o el primer electrodo positivo del condensador de salida y el terminal de entrada negativo, en el segundo caso. Sin embargo, la conexión eléctrica de corto-circuito proporciona numerosos nuevos beneficios al convertidor resonante de CC-CC en disminución como un todo y la falta de aislamiento galvánico es aceptable en numerosas áreas de aplicaciones en las que el circuito del convertidor permanece aislado de usuarios, tales como bulbos y tubos de LED de ajuste posterior. La conexión en serie de los condensadores de entrada y salida entre los terminales de fuente de voltaje/potencia de entrada, establecida por la conexión eléctrica de corto-circuito, tiene varios efectos ventajosos. La corriente de entrada que circula a través del condensador de entrada para cargar este al voltaje de entrada, es también obligada a circular a través del condensador de salida y carga el condensador de salida de tal manera que es transferida energía o potencia directamente desde la entrada/lado del primario a la salida/lado del secundario del convertidor resonante de CC-CC en disminución. Por lo tanto, precisa ser transferida menos potencia o energía a través de la red resonante y la barrera de aislamiento para una potencia de salida dada del convertidor, como se explica con más detalle en lo que sigue con referencia a realizaciones del convertidor resonante de CC-CC en disminución de las figuras 1A), 1B) y 1C). La cantidad de potencia reducida, transferida al circuito físico secundario a través de la red resonante y la barrera de aislamiento reduce las pérdidas de potencia del, o en el, convertidor resonante de CC-CC en disminución. Esta ventaja es obtenida debido a que la transferencia directa de energía o potencia entre los condensadores de entrada y salida del convertidor conduce a una pérdida de potencia menor que en la transferencia ordinaria de energía o potencia a través de la red resonante.

Además, la cantidad reducida de potencia que necesita ser transferida a través del convertidor resonante de CC-CC en disminución conduce a requisitos reducidos de manipulación de potencia tanto para componentes pasivos como activos, por ejemplo conmutadores de semiconductores, condensadores, diodos, etc., permitiendo que sean aplicados componentes menos costosos y físicamente menores. Todavía una ventaja significativa más del presente convertidor resonante de CC-CC en disminución es que el circuito físico primario está sometido solo al voltaje de entrada entre los terminales de entrada positivo y negativo del circuito físico primario en lugar de la totalidad del voltaje de entrada del convertidor, suministrado por la fuente de voltaje o potencia de entrada externa como en los convertidores ordinarios de potencia de CC-CC aislados. Como se ha descrito anteriormente, la fuente de voltaje o potencia de entrada está conectada ya sea entre el terminal de entrada negativo y el electrodo positivo del condensador de salida o, en el segundo caso, entre el electrodo negativo del condensador de salida y el terminal de entrada positivo del circuito físico primario del presente convertidor resonante de CC-CC en disminución. Los reducidos niveles de voltaje del circuito físico primario del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución reducen las especificaciones de voltaje máximo requeridas de componentes activo y pasivo en los mismos, tales como conmutador o conmutadores de semiconductores, inductor(es), condensadores, diodo(s), etc. La reducida especificación de voltaje máximo conduce a componentes activo y pasivo físicamente menores y/o menos costosos con amplitud de vida útil aumentada.

La barrera de aislamiento galvánica comprende un primer condensador acoplado en serie con el terminal de entrada positivo del circuito físico primario y el primer electrodo positivo del condensador de salida y un segundo condensador acoplado en serie con el terminal de entrada negativo del circuito físico primario y el segundo electrodo negativo del condensador de salida. Esta realización es particularmente ventajosa en relación con la elevada frecuencia de conmutación del presente convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, donde la pérdida de potencia en la anteriormente descrita estructura permeable magnética común del transformador será con frecuencia inaceptable debido a la disminución correspondiente de eficacia de conversión de potencia del convertidor resonante de potencia. La barrera de aislamiento galvánica basada en condensador resulta particularmente ventajosa, ya que la capacitancia de cada uno de los condensadores primero y segundo (aislamiento) puede ser pequeña, tal como menor que 100 nF, por ejemplo menor que 1 nF, tal como de aproximadamente 100 pF. Tales condensadores de aislamiento pueden estar formados por condensadores de cerámica montados de SMD con una huella muy pequeña, por ejemplo una huella menor que 2 cm², por ejemplo una huella por debajo o inferior a 5 mm², aproximadamente.

La elevada frecuencia de conmutación del presente convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, es decir, de 20 MHz o superior, hace también que la capacitancia de cada uno de los condensadores de entrada y salida sea pequeña en comparación con convertidores no resonantes de potencia de CC-CC convencionales que funcionan por debajo de 1 MHz. Por lo tanto, ni el condensador de entrada ni el condensador de salida necesitan ser un condensador electrolítico que está generalmente afectado de fiabilidad relativamente baja y corto periodo de vida útil, al contrario que los condensadores de aislamiento primero y segundo y/o los condensadores de entrada y salida del presente convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, que pueden ser fiables, físicamente pequeños y baratos. La persona experta comprenderá que los condensadores de entrada y salida pueden estar formados exclusivamente por capacitancias parásitas asociadas con el circuito físico primario y el circuito físico secundario, respectivamente.

Otra ventaja de la elevada frecuencia de conmutación del presente convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, como establecida por la señal de control del conmutador, es una marcada disminución de tamaño de un filtro de EMI que puede estar situado frente a los terminales de entrada positivo y negativo del presente convertidor. La disminución de tamaño del filtro de EMI es posible porque los componentes de voltaje de fluctuación en el voltaje de entrada inducido por la actividad de conmutación del presente convertidor de potencia resonante

están situados alrededor de la frecuencia de conmutación del convertidor, es decir, alrededor, o por encima, de 20MHz, donde los componentes de filtro necesarios del filtro de EMI pueden ser físicamente pequeños.

La persona experta apreciará que una realización práctica de la conexión eléctrica de corto-circuito tendrá una resistencia de CC finita. Un límite superior de esta resistencia de CC finita variará con dependencia de los requisitos de voltaje y/o corriente de entrada y/o salida del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución. La conexión eléctrica de corto-circuito puede tener una resistencia de CC menor que 1 kΩ, incluso más preferiblemente menor que 100 Ω, tal como menor que 10 Ω. En otras realizaciones, la conexión eléctrica de corto-circuito puede tener una resistencia unidireccional tal que la resistencia de CC caiga solo por debajo de los límites superiores anteriormente mencionados en un sentido y presente una resistencia de CC mucho mayor en el sentido opuesto, es decir, una característica de diodo proporcionada, por ejemplo, por un elemento de diodo un conmutador de semiconductor controlado, tal como un MOSFET.

Una realización del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución está basada en un convertidor de Clase E y la red resonante comprende primer y segundo inductores conectados en serie, que están conectados en serie con el terminal de entrada positivo. Un conmutador de semiconductor está dispuesto con un primer nodo de conmutador conectado entre un nodo del punto medio entre los inductores primero y segundo conectados en serie y un segundo nodo de conmutador conectado al terminal de entrada negativo del circuito físico primario. Un terminal de control del conmutador de semiconductor está conectado al terminal de control de conmutador. Un circuito rectificador o de rectificación del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución está conectado entre los condensadores primero y segundo de la barrera de aislamiento galvánica y el primer electrodo positivo y el segundo electrodo negativo del condensador de salida. El circuito de rectificación puede comprender un diodo semiconductor o un conmutador de semiconductor síncrono acoplado, es decir, conectado eléctricamente a un tercer inductor del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución

Otra realización del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución está basada en una topología de convertidor en la que los inductores primero y segundo del transformador de aislamiento están integrados en la red resonante. El primer inductor está dispuesto con un primer extremo de inductor conectado al terminal de voltaje de entrada positivo y un segundo extremo de inductor está conectado a un primer nodo del conmutador de semiconductor tal como un terminal de drenaje de un conmutador de MOSFET. Un segundo nodo del conmutador de semiconductor está conectado al terminal de entrada negativo del circuito físico primario. El segundo inductor comprende un primer extremo de inductor conectado al primer condensador de la barrera de aislamiento y un segundo extremo de inductor está conectado al segundo condensador de la barrera de aislamiento. Un circuito de rectificación está conectado a través del segundo inductor entre los condensadores primero y segundo de la barrera de aislamiento galvánica y el primer electrodo positivo y el segundo electrodo negativo del condensador de salida.

Una realización del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución comprende una característica de conmutación de modo que está acompañada de varias ventajas tales como aumento de un intervalo de funcionamiento de voltaje dinámico y/o la mejora de un factor de potencia (PF) del convertidor de potencia resonante como se describe en lo que sigue con detalle adicional haciendo referencia a los dibujos que se acompañan. Esta realización del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución comprende además:

un elemento de rectificación, tal como un diodo o un conmutador de semiconductor controlado, tal como un MOSFET, configurado para:

en el primer caso, conducir corriente desde el terminal de entrada positivo al segundo electrodo negativo del condensador de salida, en el segundo caso, conducir corriente desde el terminal de entrada negativo al primer electrodo positivo del condensador de salida; y un conmutador de semiconductor de selección de modo, configurado para interrumpir y cerrar selectivamente una conexión eléctrica entre el terminal de entrada negativo y el segundo electrodo negativo del condensador de salida, de tal manera que:

en un primer modo del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, establece la conexión en serie del condensador de salida y el condensador de entrada a través del elemento de rectificación y en un segundo modo del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, abrir o cortar el acoplamiento en serie del condensador de salida y el condensador de entrada.

La persona experta apreciará que cada uno de los convertidores resonantes de potencia de CC-CC en disminución puede ser construido por conversión de un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución aislado con una correspondiente topología como se describe en detalle adicional más adelante con referencia a las figuras 2A) – 2B), figuras 3A) – 3B) y figuras 4A) – 4B). En consecuencia, un segundo aspecto de la invención se refiere a un método de convertir un convertidor resonante de potencia de CC-CC en un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución no aislado/sin aislar, que posea más elevada eficacia de conversión de potencia o menor pérdida de potencia. El método comprende los pasos de:

a) proporcionar un circuito físico primario y un circuito físico secundario del convertidor de potencia de CC-CC aislado,

b) opcionalmente, acoplar un condensador de entrada entre un terminal de entrada positivo y uno negativo del circuito físico primario,

5 c) opcionalmente, acoplar un electrodo positivo de un condensador de salida a un terminal de salida positivo del circuito físico secundario y acoplar un electrodo negativo del condensador de salida a un terminal de salida negativo del circuito físico secundario,

d) proporcionar acoplamiento eléctrico, por ejemplo electromagnético, del circuito físico primario y el circuito físico secundario a través de una barrera de aislamiento galvánica,

10 e) proporcionar una red resonante configurada para que sea cargada alternativamente por un voltaje de entrada del convertidor y descargada al condensador de salida a través de la barrera de aislamiento galvánica de acuerdo con una señal de control de conmutador para producir un voltaje de salida del convertidor,

15 f) conectar, en un primer caso, un corto-circuito eléctrico a través de la barrera de aislamiento galvánica desde el terminal de salida negativo del circuito físico secundario al terminal de entrada positivo del circuito físico primario o conectar, en un segundo caso, el terminal de salida positivo del circuito físico secundario al terminal de entrada negativo del circuito físico primario, estableciendo con ello, tanto en el primer caso como en el segundo caso, un acoplamiento en serie del condensador de salida y el condensador de entrada,

20 g) acoplar, en un primer caso, una carga de convertidor de potencia entre el terminal positivo del circuito físico secundario y el terminal de entrada positivo o acoplar, en el segundo caso, la carga del convertidor de potencia entre el terminal negativo del circuito físico secundario y el terminal de entrada negativo del circuito físico primario.

Como se ha mencionado anteriormente, el acoplamiento del condensador de entrada en el paso b) y el acoplamiento del condensador de salida en el paso c) son ambos opcionales porque uno o ambos de los condensadores de entrada y salida pueden estar formados exclusivamente por capacitancias parásitas asociadas con el circuito físico primario y el circuito físico secundario, respectivamente.

25 La eficacia mejorada de conversión de potencia de los presentes convertidores resonantes de potencia de CC-CC en disminución se consigue debido a que una menor o mayor cantidad de la potencia de salida suministrada a la carga del convertidor puede ser transferida directamente desde la fuente de voltaje o potencia de entrada y el condensador de entrada del circuito físico de entrada al condensador de salida del circuito físico secundario debido a la conexión en serie de los condensadores de entrada y salida entre la fuente de voltaje o potencia de entrada, según se ha explicado anteriormente. Por lo tanto, una menor cantidad de la potencia de salida tiene que ser transferida a través de la red resonante y la barrera de aislamiento, lo que conduce a menores pérdidas de potencia en los componentes activo y/o pasivo de la misma.

El método puede comprender un paso adicional de:

35 h) en el primer caso, conectar eléctricamente una fuente de voltaje de entrada entre el terminal de entrada negativo del circuito físico primario y el terminal de salida positivo del circuito físico secundario, o

i) en el segundo caso, conectar eléctricamente una fuente de voltaje de entrada entre el terminal de entrada positivo del circuito físico primario y el terminal de salida negativo del circuito físico secundario.

40 La conversión del convertidor resonante de potencia de CC-CC en el convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, no aislado, puede comprender ciertos pasos más a añadir a la previamente explicada característica ventajosa de conmutación de modo del convertidor de potencia de CC-CC convertido, es decir, el convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, no aislado. De acuerdo con esta realización de la metodología de conversión, la última comprende los pasos adicionales de:

j) insertar un elemento de rectificación en la conexión eléctrica de corto-circuito,

45 k) insertar un conmutador de semiconductor de selección de modo, en el primer caso, entre el terminal de entrada positivo y el primer electrodo positivo del condensador de salida y, en el segundo caso, entre el terminal de entrada negativo y el segundo electrodo negativo del condensador de salida.

50 La persona experta apreciará que cada uno de los presentes convertidores resonantes de potencia de CC-CC en disminución puede ser construido por conversión de un convertidor de potencia de CC-CC aislado convencional o de la técnica anterior que posea una topología correspondiente. La persona experta apreciará que el convertidor de potencia de CC-CC aislado convencional o de la técnica anterior puede ser un convertidor de aumento o de refuerzo que suministre un voltaje de salida mayor que el voltaje de entrada a pesar de que el convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución convertido, de acuerdo con la presente invención, suministra un voltaje de salida inferior que el voltaje de entrada debido a la conexión en serie del condensador de entrada y el condensador de salida a través de la fuente de voltaje de entrada.

Un tercer aspecto de la invención se refiere a un conjunto de convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución que comprende:

un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución de acuerdo con cualquiera de las realizaciones anteriormente descritas del mismo,

5 una placa de circuito impreso que tiene al menos la red resonante integrada en la misma, en la que la barrera de aislamiento galvánica comprende un par de inductores acoplados magnéticamente que consisten en un primer inductor conectado eléctricamente al circuito físico primario y un segundo inductor conectado eléctricamente al circuito físico secundario;

10 en el que los inductores primero y segundo están formados por primer y segundo patrones de traza eléctrica, respectivamente, de la placa de circuito impreso. El par de inductores acoplados magnéticamente pueden estar acoplados entre sí sin ningún material de núcleo permeable magnético, ya que este último puede ser difícil de integrar en una placa de circuito impreso de una manera eficaz. El convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución de acuerdo con la última realización de la invención comprende preferiblemente un convertidor resonante tal como un convertidor de clase E, clase DE o SEPIC de acuerdo con la presente invención. El funcionamiento de alta frecuencia en o por encima de 20 MHz hace las inductancias de los inductores primero y segundo suficientemente pequeñas para permitir que estos sean formados integralmente en el patrón de conductor de la placa de circuito impreso. Además, la elevada frecuencia de conmutación del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución de VHF, como establecido por la frecuencia de la señal de control de conmutador, proporciona un elevado acoplamiento magnético entre los inductores primero y segundo a pesar de la falta del material de núcleo permeable magnético. La elevada frecuencia de conmutación del convertidor de potencia resonante proporciona un elevado acoplamiento magnético, como se ha explicado anteriormente, entre el par de inductores magnéticamente acoplados a pesar de la falta del material de núcleo permeable magnético. El elevado acoplamiento de las pérdidas, de otro modo significativas, de energía en que incurrirían el par de inductores acoplados magnéticamente de la barrera de aislamiento galvánica si el convertidor resonante de potencia de CC-CC estuviera funcionando a las frecuencias de conmutación ordinarias. Un cuarto aspecto de la invención se refiere a un conjunto de iluminación de LED, un conjunto de cargador o un conjunto de presentación de pantalla plana, que comprende:

30 un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución de acuerdo con cualquiera de las realizaciones anteriormente descritas del mismo, montado en una placa de circuito impreso del conjunto, una entrada de voltaje de la red de CA conectada a una entrada de un rectificador de red,

35 una salida del rectificador de red conectada, en el primer caso, entre en primer electrodo positivo del condensador de salida y el terminal de entrada negativo del circuito físico primario o conectada, en el segundo caso, entre el terminal de entrada negativo del circuito físico primario y el electrodo negativo del condensador de salida para suministrar directamente un voltaje de red rectificado al convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución en ambos casos.

40 El conjunto de iluminación de LED puede estar montado en el alojamiento de una lámpara o tubo de LED. La carga del convertidor puede estar formada por una pluralidad de LEDs acoplados al voltaje de salida del convertidor. El voltaje de red de CA puede situarse entre 110 V y 240 V, dependiendo del sistema de electricidad. La aplicación de lámparas de LED es útil para ilustrar las ventajas del presente convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución. En una realización ejemplar, la pluralidad de LEDs puede precisar un voltaje de CC de aproximadamente 60 V y consumir 10 W. Un convertidor de potencia de CC-CC en descenso convencional, aislado, en el conjunto de iluminación de LED conectado directamente a la red de Estados Unidos de 110 V requeriría manejar un voltaje máximo o de pico de entrada rectificado de aproximadamente 170 V en un circuito físico primario. Sin embargo, se requiere que el circuito físico primario del presente convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución maneje solo 170 V menos 60 V (es decir, el voltaje de entrada rectificado menos el voltaje de salida del convertidor), que es de aproximadamente 110 V. Esta reducción del voltaje de CC a través del circuito físico primario significa que se pueden usar componentes menores y más baratos, tales como conmutadores de semiconductor. Además, se requiere que el convertidor de potencia de CC-CC en disminución convencional, aislado, transmita los requeridos 10 W de potencia a los LEDs de la lámpara, mientras que el presente convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución solo necesita transmitir o suministrar $110/200 \cdot 10 \text{ W} = 5,5 \text{ W}$. Los restantes 4,5 W de potencia de salida a la carga de LED son suministrados directamente por la fuente de red de CA de 110 V a la salida del convertidor a través del rectificador de red y el condensador de salida.

55 La persona experta apreciará que la conexión eléctrica de corto-circuito a través de la barrera de aislamiento galvánica proporciona beneficios notables al presente convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, por ejemplo una reducción del voltaje de entrada a través del circuito físico primario. Estos beneficios son debidos a una marcada reducción del voltaje de pico de CA a través del conmutador o conmutadores de semiconductor de los convertidores de potencia resonantes. Este voltaje de pico de CA es con frecuencia aproximadamente 3 veces mayor que el voltaje de entrada del circuito físico primario debido a las formas de onda resonantes dentro de la red

resonante del convertidor de potencia resonante. Además, puesto que el convertidor de potencia resonante se basa en una corriente resonante, asegurando el funcionamiento de ZVS/ZCS del conmutador o conmutadores de semiconductor, que se iguala linealmente con el voltaje de entrada, las pérdidas de potencia resistiva en componentes de la red resonante en que se ha incurrido por esta corriente de resonancia se igualan cuadráticamente con la con la corriente resonante. Por lo tanto, la pérdida de potencia total en la red resonante se iguala cuadráticamente con el voltaje de entrada. Las ventajas, en particular el aumento de eficacia de conversión de potencia, derivadas de la reducción del voltaje de entrada al circuito físico primario, proporcionadas por los convertidores resonantes de potencia de CC-CC en disminución de acuerdo con la presente invención, son por lo tanto particularmente pronunciadas para topologías de convertidores resonantes.

10 **Breve descripción de los dibujos**

Realizaciones preferidas de la invención se describirán con más detalle en relación con los dibujos adjuntos, en los cuales:

Las figuras 1A) y 1B) son diagramas simplificados de circuitos eléctricos que ilustran un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución de acuerdo con una primera realización de la presente invención,

15 La figura 1C) es un diagrama simplificado de circuito eléctrico de un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución de acuerdo con una segunda realización de la presente invención,

La figura 1D) es un diagrama simplificado de circuito eléctrico de un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución de acuerdo con una tercera realización de la presente invención,

20 La figura 1E) es un diagrama simplificado de circuito eléctrico de un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención,

La figura 1F) es un diagrama simplificado de circuito eléctrico de un primer núcleo de convertidor que puede ser utilizado en el convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución de acuerdo con la presente invención,

La figura 1G) es un diagrama simplificado de circuito eléctrico de un segundo núcleo de convertidor que puede ser utilizado en un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución de acuerdo con la presente invención,

25 La figura 2A) es un diagrama de circuito eléctrico de un convertidor resonante de CC-CC aislado, de la clase E, de la técnica anterior, que comprende un circuito resonante en serie,

La figura 2B) es un diagrama de circuito eléctrico de un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, de una clase E, que comprende un circuito resonante en serie de acuerdo con una séptima realización de la invención,

30 La figura 3A) es un diagrama de circuito eléctrico de un convertidor resonante de CC-CC de la clase E, aislado, acoplado a transformador, de la técnica anterior, que comprende un circuito resonante en serie,

La figura 3B) es un diagrama de circuito eléctrico de un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, de la clase E, acoplado a transformador, que comprende un circuito resonante en serie de acuerdo con una octava realización de la invención,

35 La figura 4A) es un diagrama de circuito eléctrico de un convertidor de SEPIC aislado, de la técnica anterior; y

La figura 4B) es un diagrama de circuito eléctrico de un convertidor resonante de CC-CC en descenso, de SEPIC, de acuerdo con una novena realización de la invención.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

40 Las figuras 1A), 1B) y 1C) son diagramas simplificados de circuitos eléctricos 100a, 100b, 100c que ilustran características funcionales básicas de dos realizaciones diferentes de convertidores resonantes de potencia de CC-CC en disminución, de acuerdo con la presente invención. La primera realización está ilustrada en las figuras 1A) y 1B), mientras que la segunda realización está ilustrada en la figura 1C).

45 La figura 1A) muestra un convertidor resonante 100b de potencia de CC-CC en disminución que comprende un circuito físico primario y un circuito físico secundario conectados a través de una barrera de aislamiento galvánica 107b. El circuito físico primario comprende un terminal de entrada positivo 102b y un terminal de entrada negativo 101b para la recepción de un voltaje de entrada V_{in} de CC o CA desde una fuente de entrada (no mostrada) de voltaje o potencia. Un condensador de entrada C_{in} está conectado eléctricamente entre el terminal de entrada positivo 102b y un terminal de entrada negativo 101b para formar un depósito de energía para la fuente de potencia de entrada o voltaje de entrada. El circuito físico primario comprende adicionalmente un lado de entrada 106b de una red resonante dispuesta frente a una barrera de aislamiento galvánica 107. El circuito físico secundario comprende un condensador de salida C_{out} que tiene un primer electrodo conectado eléctricamente al voltaje de salida V_{out} del convertidor en un terminal de salida 104b. Un segundo electrodo del condensador de salida C_{out} ,

situado a un potencial de voltaje inferior que el del primer electrodo, está conectado al terminal de entrada positivo 102b del circuito físico de entrada a través de una conexión eléctrica o cable 109b de corto-circuito que se extiende a través de la barrera de aislamiento galvánica 107b. El condensador de salida C_{out} y el condensador de entrada C_{in} están conectados en serie o en cascada entre el voltaje de entrada V_{in} de CC o CA, es decir, entre los terminales positivo y negativo de la fuente de entrada de voltaje o potencia acoplada al terminal de salida 104b y al terminal de entrada negativo 101b, respectivamente. La persona experta comprenderá que la presencia de la conexión eléctrica de corto-circuito 109b proporciona la conversión de un convertidor resonante ordinario de CC-CC, aislado, en el presente convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución que carece de aislamiento galvánico entre el circuito físico de entrada y el circuito físico de salida. En este proceso de conversión, el puerto de voltaje de entrada del convertidor original resonante de potencia de CC-CC aislado, entre los terminales positivo y negativo 102b, 101b (es decir, a través de C_{in}) es alterado de tal manera que el puerto de voltaje de entrada, para la recepción del voltaje de entrada V_{in} de CC o AC, del presente, convertido, convertidor resonante 100b de potencia de CC-CC en disminución está dispuesto ya sea entre el terminal de salida 104b y el terminal de entrada negativo 101b en el primer caso, o, en el segundo caso, entre el terminal de entrada positivo 102c y el electrodo negativo 103c del condensador de salida C_{out} , como se ilustra en las figuras 1A) y 1C), respectivamente. Las realizaciones 100b, 100c de convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución pueden comprender conexiones eléctricas o cables 109b, 109c de corto-circuito, conectados de manera permanente, para proporcionar un modo único de funcionamiento del convertidor resonante de potencia de CC-CC en cuestión, con funcionalidad fija de descenso de voltaje. En realizaciones alternativas de los presentes convertidores de potencia de CC-CC, el acoplamiento o interconexión de los circuitos primario y secundario de los convertidores de potencia 100b, 100c a través de las conexiones eléctricas de corto-circuito 109b, 109c pueden ser seleccionables o programables de tal manera que cada uno de los convertidores de potencia 100b, 100c pueda poseer dos modos distintos y seleccionables de funcionamiento, como se explica más adelante con más detalle en referencia de las figuras 1D) y 1E). La persona experta comprenderá que los condensadores de entrada y salida C_{in} y C_{out} de las realizaciones 100b, 100c de convertidores resonantes de potencia de CC-CC en disminución pueden estar formadas exclusivamente por capacitancias parásitas asociadas con el circuito físico primario y el circuito físico secundario, respectivamente.

Una carga eléctrica R_L del convertidor 100b de CC-CC en disminución está acoplado entre el terminal de salida 104b y el terminal de entrada positivo 102b, que es a través del condensador de salida, de tal manera que estos terminales forman un puerto de salida del convertidor 100b de CC-CC. El circuito físico primario comprende el lado de entrada 106b anteriormente descrito de la red resonante del convertidor 100b de CC-CC en disminución y el circuito físico secundario comprende un lado de salida 108b de la red resonante. La persona experta apreciará que la red resonante puede incluir numerosas topologías de circuito que dependen del tipo particular de convertidor de CC-CC en cuestión. La red resonante comprende preferiblemente al menos un inductor para almacenar y liberar energía, pero puede comprender alternativamente, de manera exclusiva, condensadores para almacenar energía. En general, la red resonante está configurada para ser cargada alternativamente por el voltaje de entrada V_{in} y descargada al condensador de salida C_{out} a través de la barrera de aislamiento 107b de acuerdo con una señal de control de conmutador para producir el voltaje de salida V_{out} del convertidor. El circuito físico primario comprende preferiblemente al menos un conmutador de semiconductor, por ejemplo un MOSFET, que es conmutado entre estados ON y estados OFF por la señal de control de conmutador de tal manera que el voltaje de entrada es modulado de acuerdo con una señal de control de conmutador. La frecuencia de la señal de control de conmutador de la disposición de conmutador de semiconductor que excita la red resonante puede ser de 30 MHz o superior para formar un convertidor de potencia de CC-CC en descenso denominado de tipo VHF. La señal de control de conmutador puede comprender una señal de control modulada de PWM. El circuito físico primario puede comprender un inductor que sea cargado con energía durante un estado ON del al menos un conmutador de semiconductor desde el condensador de entrada C_{in} y/o el voltaje de entrada V_{in} de CC o CA. El inductor del circuito físico primario puede ser a continuación descargado a través del lado de salida 108b de la red resonante y el condensador de salida C_{out} en un estado OFF del al menos un conmutador de semiconductor. El circuito físico secundario puede comprender un rectificador basado en diodo o un rectificador síncrono frente al condensador de salida para producir el voltaje de salida V_{out} del convertidor como un voltaje de salida de CC.

Aunque la conexión eléctrica o cable 109b de corto-circuito elimina el aislamiento galvánico entre los circuitos físicos primario y secundario del convertidor resonante 100b de CC-CC en disminución interconectando el segundo electrodo del condensador de salida C_{out} y el terminal de entrada positivo 102b, la misma proporciona numerosos nuevos beneficios al convertidor de CC-CC como un todo, según se ilustra con referencia a la figura 1B). La conexión en serie de los condensadores de salida y entrada C_{out} , C_{in} significa que el circuito físico primario solo necesita soportar el voltaje de salida V_{out} del convertidor menos el voltaje de entrada a través de C_{in} , en lugar de la totalidad del voltaje de entrada V_{in} de CC o CA suministrado por la fuente de entrada de voltaje o potencia, que es la situación en la topología de convertidor de CC-CC aislado de la técnica anterior. El voltaje reducido a través del circuito físico primario reduce la especificación de voltaje máximo requerido de componentes activo y pasivo en el mismo, que conduce a componentes activo y pasivo físicamente menores y/o menos costosos, por ejemplo inductores, condensadores (incluyendo C_{in}), transistores y diodos, etc. Además, el periodo de vida útil de estos últimos componentes puede aumentar por la menor tensión de voltaje. En la sección de entrada 106b y la sección de salida 108b, la menor cantidad de potencia que se ha de transferir a través del convertidor 100b de CC-CC para suministrar una cantidad dada de potencia a la carga R_L del convertidor conduce a menores requisitos de potencia para conmutadores de semiconductor activos, permitiendo que sean aplicados semiconductores menos costosos y

físicamente menores.

Estas beneficiosas reducciones de la cantidad de potencia transferida a través de la red resonante 106b, 107b, 108b se consiguen debido a que la fracción residual de la potencia de salida suministrada a la carga R_L es transferida directamente desde la fuente de voltaje de entrada V_{in} de CC o CA al condensador de salida C_{out} durante la carga del condensador de entrada C_{in} . Este mecanismo de transferencia de potencia se ilustra en la figura 1B) mediante la primera trayectoria de corriente de salida $I_{convert}$, que muestra cómo la corriente del lado secundario carga el condensador de salida C_{out} y suministra potencia de salida a la carga R_L del convertidor. La corriente del lado secundario comprende una componente 113a de CA y una componente 113b de CC de tal manera que esta última es disipada en la carga R_L . Por lo tanto, la corriente del lado secundario suministra potencia de salida que pasa desde la fuente del voltaje de entrada V_{in} de CC o CA y a través de la red resonante al circuito físico de salida de una manera convencional. Sin embargo, el presente convertidor 100b de CC-CC comprende también una segunda trayectoria de corriente de salida que suministra corriente o potencia directamente desde la fuente de voltaje de entrada de CC o CA al condensador de salida C_{out} y a la carga R_L sin pasar a través del convertidor de potencia 100b. Esta corriente continua comprende una componente de CA suministrada al condensador de salida C_{out} , como se ilustra por la trayectoria 111a de corriente de entrada de CA, y una componente de CC suministrada a la carga R_L , como se ilustra por la trayectoria 111b de corriente de entrada de CC. La componente 111a de corriente de CA y la componente 111b de corriente de CC de la trayectoria de corriente de entrada pasa a través de la conexión 109b de corto-circuito y a través de las entradas positiva y negativa del circuito físico primario 106b de tal manera que la componente 111b de corriente de CC de la corriente continua permanece sin procesar por el convertidor. Por lo tanto, esta componente de corriente de CC es suministrada directamente a la carga R_L sin ninguna pérdida de potencia notable.

La persona experta apreciará que una conexión eléctrica práctica 109b de corto-circuito poseerá una cierta resistencia de CC y un límite superior para esta resistencia de CC variará con dependencia de los requisitos de voltaje y/o corriente de entrada/salida del convertidor 100b. La conexión eléctrica de corto-circuito puede poseer una resistencia de CC menor que 1 k Ω , incluso más preferiblemente menor que 100 Ω , tal como menor que 10 Ω . En otras realizaciones, la conexión 109b de corto-circuito puede tener una resistencia unidireccional tal que la resistencia de CC solo disminuya por debajo de los límites superiores anteriormente mencionados en un sentido y presente una resistencia de CC mucho mayor en sentido opuesto, es decir una característica de diodo.

En la realización alternativa de la topología de convertidor resonante de CC-CC en disminución, ilustrada en la figura 1), la conexión eléctrica o cable 109c de corto-circuito, que se extiende a través de la barrera de aislamiento 107c, está conectando el primer electrodo positivo del condensador de salida C_{out} al terminal de entrada negativo 101c del circuito físico primario. Por lo tanto, se establece un acoplamiento en serie del condensador de salida C_{out} y el condensador de entrada C_{in} desde el voltaje de entrada V_{in} en el terminal de entrada positivo 102c al electrodo negativo 103c del condensador de salida C_{out} . El electrodo negativo 101c del condensador de salida C_{out} está a un potencial eléctrico inferior que el del terminal de entrada negativo 101c. De esta manera, el voltaje de entrada V_{in} de CC o CA al convertidor de potencia 100c es aplicado una vez más a través de los condensadores de entrada y salida C_{in} y C_{out} conectados en serie. La carga R_L del convertidor está acoplada entre el terminal de salida 104c y el terminal 103c que está también a través de condensador de salida. Por lo demás, las funciones de circuito, las características eléctricas de los componentes y los valores de los componentes de esta segunda realización del convertidor resonante 100c de potencia pueden ser idénticos a los de la primera realización del convertidor resonante 100b de potencia.

La figura 1D) es un diagrama simplificado de circuito eléctrico de un convertidor resonante 100d de potencia de CC-CC en disminución de acuerdo con una tercera realización de la presente invención. Un núcleo 105d de convertidor del convertidor resonante 100d de potencia puede ser idéntico al núcleo 105b de convertidor resonante 100c de potencia descrito anteriormente en relación con las figuras 1A) y 1B). En consecuencia, las correspondientes características de estas diferentes realizaciones 100b, 100d de convertidor de potencia han sido provistas de correspondientes números/símbolos de referencia para ayudar a la comparación. La presente realización 100d de convertidor de potencia resonante comprende un conmutador de semiconductor controlable SW1 de selección de modo que opera juntamente con un elemento de rectificación 111e tal como un diodo o un diodo de semiconductor activo tal como un conmutador de semiconductor controlable. El funcionamiento del convertidor resonante 100d de potencia de CC-CC en disminución corresponde al funcionamiento del convertidor resonante 100e de potencia de CC-CC en disminución explicado con detalle en lo que sigue.

La figura 1E) muestra un diagrama simplificado de circuito eléctrico de un convertidor resonante 100e de potencia de CC-CC en disminución de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención. Un núcleo 105e de convertidor del convertidor resonante 100e de potencia puede ser idéntico al núcleo 105 del convertidor resonante 100c de potencia explicado anteriormente en relación con la figura 1C). Por lo tanto, correspondientes características de estas diferentes realizaciones de convertidores de potencia 100c, 100e han ido provistas de correspondientes números/símbolos de referencia para ayudar a la comparación. La presente realización 100e de convertidor resonante de potencia comprende un conmutador de semiconductor SW1 controlable de selección de modo que funciona junto con un elemento de rectificación 111e tal como un diodo o un diodo de semiconductor activo, tal como un conmutador de semiconductor controlable. El elemento de rectificación 111e está insertado en

una conexión o cable 109e de corto-circuito que conecta un terminal de entrada negativo 109e del convertidor de potencia a un primer electrodo positivo del condensador de salida C_{out} . La última conexión de corto-circuito corresponde a la conexión 109c de corto-circuito del convertidor resonante 100c de potencia explicado anteriormente. En consecuencia, cuando el elemento de rectificación 111e está polarizado en sentido directo, el cable 109e de corto-circuito pone efectivamente en serie el condensador de salida C_{out} y el condensador de entrada C_{in} , aunque posiblemente con una menor caída de voltaje de diodo, entre los terminales 104e, 103e de voltaje de entrada V_{in} del convertidor resonante 100e de potencia. Por el contrario, cuando el elemento de rectificación 111e está polarizado inversamente, se interrumpe o desconecta el acoplamiento en serie de C_{out} y C_{in} a través del cable 109e de corto-circuito, para interrumpir la conexión eléctrica entre el circuito físico primario y el circuito físico secundario del convertidor resonante 100e de potencia.

El conmutador de semiconductor SW1 controlable de selección de modo está acoplado entre el terminal de entrada negativo 101e y el segundo electrodo negativo del condensador de salida 103e y configurado para interrumpir y cerrar selectivamente la conexión eléctrica entre estos terminales 101e, 103e. El conmutador SW1 puede comprender uno o más BJT(s), FET(s), MOSFET(s) o IGBT(s), tal como un transistor de Nitruro de Galio (GaN) o Carburo de Silicio (SiC). SW1 puede ser conmutado entre un estado de conducción u ON y un estado de no conducción u OFF para conectar e interrumpir, respectivamente, la conexión eléctrica entre los terminales 101e, 103e mediante un voltaje de control apropiado aplicado a un terminal de puerta o base del conmutador SW1. Un circuito de control de modo (no mostrado), integrado con, o acoplado al, presente convertidor resonante 100e de potencia puede suministrar este voltaje de control a SW1.

Cuando el conmutador de semiconductor SW1 controlable de selección de modo está situado en el estado de no conducción u OFF (como se ilustra), los terminales negativos de los condensadores C_{out} y C_{in} son desconectados y es polarizado en sentido directo el elemento de rectificación 111e. Por lo tanto, los condensadores de salida y entrada C_{out} y C_{in} están conectados en serie a través del elemento de rectificación 111e. El elemento de rectificación 111e está polarizado en sentido directo porque el voltaje de entrada V_{in} de CC o CA es mayor que el voltaje de salida V_{out} , permitiendo que la corriente de entrada explicada anteriormente del convertidor de potencia fluya directamente a través de C_{in} y hacia C_{out} para cargar el condensador de salida. En consecuencia, el convertidor resonante 100e de potencia es puesto en un primer modo de funcionamiento en el que funciona ampliamente como el convertidor resonante 100c de potencia de la figura 1C), explicado anteriormente, es decir, como un convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, no aislado. Poniendo el conmutador de semiconductor controlable SW1 en el estado de conducción u ON, la presente realización 100e de convertidor resonante de potencia es conmutada al segundo modo de funcionamiento. En el segundo estado de funcionamiento, el elemento de rectificación 111e es polarizado en sentido inverso y por tanto en no conducción debido a la conexión eléctrica entre los terminales negativos 101e, 103e del condensador. En consecuencia, es interrumpida o abierta la conexión en serie (a través del elemento de rectificación 111e), anteriormente explicada, de los condensadores de salida y entrada C_{out} y C_{in} en el primer modo. En este segundo modo de funcionamiento del convertidor resonante 100e de potencia, el mismo funciona como un convertidor resonante ordinario de potencia CC-CC, aunque todavía sin aislamiento galvánico alguno entre los circuitos físicos primario y del secundario debido a la presencia del elemento de rectificación 111e.

La característica de conmutación de modo, es decir, desde el primer modo al segundo modo y viceversa, del presente convertidor resonante 100e de potencia, está acompañada de varias ventajas. La característica de conmutación de modo puede ser usada para conmutar dinámicamente el presente convertidor resonante 100e de potencia entre los modos primero y segundo durante el funcionamiento del convertidor 100e mediante el control apropiado del terminal de control de SW1. La característica dinámica de conmutación de modo aumenta el intervalo de voltaje de entrada del convertidor resonante 100e de potencia. Para ilustrar estas ventajas, considérese un convertidor resonante ordinario de potencia de CC-CA diseñado para un intervalo de voltaje de entrada de CC de 10 – 20 V y un intervalo de voltaje de salida de CC de 10 V. Si este convertidor ordinario de potencia de CC-CC es convertido o configurado como el presente convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, el intervalo de voltaje de entrada de CC puede ser incrementado a 10 – 30 V utilizando tanto el primer modo como el segundo modo del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución durante el funcionamiento del convertidor. Por lo tanto, el convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución es conmutado dinámicamente entre los modos de funcionamiento primero y segundo de acuerdo con la forma de onda del voltaje de entrada. El aumento del intervalo de voltaje de entrada de CC conseguido por la característica dinámica de conmutación de modo es particularmente ventajoso porque los convertidores resonantes de potencia adolecen generalmente de un intervalo de entrada de CC restringido o estrecho en comparación con los convertidores no resonantes de potencia de CC-CC. Otra ventaja de la característica dinámica de conmutación de modo es un factor de potencia (PF) mejorado del convertidor resonante 100e de potencia. El factor de potencia de un convertidor o suministro de potencia de modo conmutador es una métrica de rendimiento importante en numerosas aplicaciones tales como lámparas de LED en las que pueden existir requisitos reguladores para factor de potencia mínimo, tal como mayor que 0,9. El PF mejorado es conseguido por la característica dinámica de conmutación de modo porque esta característica permite al convertidor seguir variaciones de de CA del voltaje de entrada al convertidor tales como variaciones de CA en la forma de onda de un voltaje de red de 50/60 Hz rectificado.

El flujo de corriente de entrada en el convertidor resonante 100e de potencia de CC-CC en disminución en los

modos de funcionamiento primero y segundo está ilustrado por la primera trayectoria 111b1 de corriente de entrada de CC y una segunda trayectoria 111b2 de corriente de entrada de CC. Cuando se selecciona el primer modo de funcionamiento del convertidor 100e, es decir, la funcionalidad de disminución, la corriente de entrada fluye a través de la primera trayectoria 111b1 de corriente de entrada de CC, en la que la corriente de entrada de CC circula a través del diodo 111e y a través de la carga R_L del convertidor. Cuando se selecciona el segundo modo de funcionamiento del convertidor 100e, es decir, SW1 está conduciendo y en funcionalidad de conversión ordinaria, la corriente de entrada circula a través de la segunda trayectoria 111b2 de corriente de entrada de CC, en la que el diodo 111e está bloqueando y la corriente de entrada de CC circula a través de SW1 hacia la barra o terminal negativo 103d del convertidor sin pasar a través de la carga del convertidor.

La figura 1F) es un diagrama simplificado de circuito de un primer núcleo 105f de convertidor que puede ser utilizado como núcleo 105b, 105c, 105d, 105e de convertidor de cada una de las realizaciones 100b, 100c, 100d, 100e de convertidor de potencia de CC-CC en disminución, ilustrados en las figuras 1A), 1B), 1C), 1D) y 1E), respectivamente. El primer núcleo 105f de convertidor comprende una pluralidad de núcleos separados 110f de convertidor resonante de potencia de CC-CC. Cada uno de los núcleos separados 110f de convertidor resonante de potencia de CC-CC comprende un lado de entrada 111 de una red resonante acoplado a un lado de salida 113 de la red resonante a través de una barrera de aislamiento galvánica 107f. Los lados de entrada 111 de los núcleos 110e del convertidor resonante de potencia de CC-CC pueden estar conectados en paralelo o en serie. Los lados de salida 113 de los núcleos 110f del convertidor resonante de potencia de CC-CC pueden estar conectados igualmente en paralelo o en serie. La puesta en paralelo de la pluralidad de lados de entrada 111 y/o la puesta en paralelo del uno o más lados de salida 113 aumenta el régimen de potencia de un convertidor de potencia de CC-CC en aumento utilizando el primer núcleo 105f de convertidor. La persona experta comprenderá que cada uno de los núcleos separados 110f de convertidor resonante de potencia de CC-CC puede comprender uno de los núcleos de convertidor resonante de potencia de CC-CC de la técnica anterior que se explican más adelante con referencia a las figuras 2, 3 y 4.

La figura 1G) es un diagrama simplificado de circuito eléctrico de un segundo núcleo 105g de convertidor que puede ser utilizado como núcleo 105b, 105c, 105d, 105e de convertidor de cada una de las realizaciones 100b, 100c, 100d, 100e de convertidor de potencia de CC-CC en disminución, ilustradas en las figuras 1A), 1B), 1C), 1D) y 1E), respectivamente. El segundo núcleo 105g de convertidor comprende una pluralidad de inversores resonantes separados 114g de potencia. Cada uno de los núcleos separados 114g de inversor resonante de potencia comprende un lado de entrada 115 de una red resonante acoplada a uno o más rectificadores 117 del núcleo 105g del convertidor resonante de potencia de CC-CC a través de la barrera de aislamiento galvánica 107g. Los núcleos separados 114g de inversor resonante de potencia pueden estar conectados en paralelo o en serie. Análogamente, el respectivo lado de salida del uno o más rectificadores 117 puede estar conectado también en serie o en paralelo. Sin embargo, el aislamiento galvánico puede estar insertado entre el uno o más rectificadores 117 si estos están acoplados en serie.

La figura 2A) muestra un diagrama de circuito eléctrico de un convertidor resonante 200 de CC-CC, aislado, de clase E, de la técnica anterior, que comprende una red o circuito resonante en serie que incluye inductor L_2 y condensador C_1 . El convertidor resonante de clase E de la técnica anterior comprende un circuito físico primario y un circuito físico secundario conectados a través de una barrera de aislamiento galvánica 207. El circuito físico primario comprende un terminal de entrada positivo 202 y un terminal de entrada negativo 201 para recibir un voltaje de entrada V_{in} de CC o CA procedente de una fuente de voltaje o potencia (no mostrada). Un condensador de entrada C_{in} está conectado eléctricamente entre el terminal de entrada positivo 202b y un terminal de entrada negativo 201 para formar un depósito de energía para la fuente de voltaje. Un núcleo 205 de convertidor comprende una red resonante que incluye inductores primero y segundo L_1 y L_2 conectados en serie y una disposición de conmutador de semiconductor que comprende un conmutador S de MOSFET (u otro tipo apropiado de conmutador de semiconductor) con un terminal de drenaje conectado a un nodo del punto medio entre los L_1 y L_2 . El circuito físico primario está dispuesto frente a una barrera de aislamiento 207 formada por acoplamiento de condensadores C_1 y C_2 . El circuito físico secundario comprende un condensador de salida C_{out} que tiene un primer electrodo conectado eléctricamente al voltaje de salida V_{out} del convertidor en el terminal de salida 204. Un segundo electrodo negativo del condensador de salida C_{out} está acoplado al terminal negativo 203 del voltaje de salida del convertidor. Una carga del convertidor resonante aislado 200 de CC-CC, de clase E, está ilustrada esquemáticamente por la resistencia de carga R_L y acoplada entre los terminales de entrada positivo y negativo 204, 203.

La figura 2B) es un diagrama de circuito eléctrico de un convertidor resonante 200c de potencia de CC-CC en disminución, de clase E, que comprende un circuito resonante en serie de acuerdo con una séptima realización de la invención. El convertidor resonante 200b de potencia de CC-CC en disminución, de clase E, puede ser obtenido mediante conversión del anteriormente mencionado convertidor resonante 200 de CC-CC, de clase E, de la técnica anterior, insertando o añadiendo una conexión 209c de corto-circuito eléctrico que se extiende a través de una barrera de aislamiento galvánica 207c del convertidor 200c. La barrera de aislamiento galvánica 207c comprende condensadores en serie C_1 y C_2 . La conexión eléctrica 209c de corto-circuito conecta eléctricamente el terminal de entrada negativo 201c y el primer electrodo positivo 204c del condensador de salida C_{out} . El primer electrodo positivo 204c está también conectado al voltaje de salida V_{out} del convertidor. Como se ha explicado en relación con la figura 1C), la conexión eléctrica o cable 209c de corto-circuito pone efectivamente el condensador de

salida C_{out} y el condensador de entrada C_{in} en serie o cascada a través del voltaje de entrada V_{in} de CC o CA. Por lo tanto, la carga del convertidor, ilustrada esquemáticamente por la resistencia de carga R_L , está acoplada en paralelo a través del condensador de salida C_{out} . La persona experta comprenderá que el condensador en serie C_2 de la barrera de aislamiento galvánica 207c impide que fluya la corriente de CC desde el segundo electrodo negativo 203b del condensador de salida C_{out} y de vuelta al terminal de entrada negativo 201c. De esta manera, la corriente de CC es dirigida o forzada a través de la conexión eléctrica 209b de corto-circuito y de vuelta a través del condensador de entrada C_{in} . De este modo, a pesar de ser derivado eléctricamente por la conversión, la barrera de aislamiento 207c es importante para el funcionamiento del presente convertidor resonante 200c de potencia de CC-CC en disminución, de clase E, ya que de otro modo se conectarían eléctricamente nodos 201c y 203c y 204c de manera directa, causando un corto-circuito en la entrada del convertidor.

La red resonante en serie del núcleo 205c de convertidor del convertidor 200c puede comprender, además de los inductores primero y segundo L_1 y L_2 conectados en serie, explicados anteriormente, un condensador (C_S) dispuesto a través de los terminales de drenaje y fuente del conmutador S de MOSFET para aumentar una corriente resonante y/o ajustar/sintonizar de manera fina una frecuencia de resonancia del convertidor de potencia 200c. De igual modo, puede estar además dispuesto todavía un condensador C_D a través del diodo de rectificación D para ajustar un ciclo de servicio de la parte del secundario del convertidor de potencia 200c, es decir, el rectificador de clase E. Durante el funcionamiento del convertidor 200c, la red resonante en serie es excitada por el conmutador S de MOSFET de tal manera que la red resonante en serie es alternativamente cargada por el voltaje de entrada V_{in} de CC o CA y descargada hacia el condensador de salida C_{out} a través de la barrera de aislamiento galvánica 207c y a través de un circuito de rectificación que comprende la inductancia L_3 y el diodo D.

La figura 3A) es un diagrama de circuito eléctrico de un convertidor resonante 300 de CC-CC, aislado, de clase E, de transformador, de la técnica anterior, que comprende un circuito resonante en serie. Un núcleo 305 de convertidor, del convertidor 300, comprende un circuito resonante en serie con al menos inductores L_2 , L_3 y condensadores C_S y C_1 . El convertidor 300 de CC-CC de la técnica anterior comprende un circuito físico primario y un circuito físico secundario conectados a través de una barrera de aislamiento galvánica 307 proporcionada por el transformador 308. El circuito físico primario comprende un terminal de entrada positivo 302 y un terminal de entrada negativo 301 para la recepción de un voltaje de entrada V_{in} de CC o CA procedente de una fuente de voltaje o potencia (no mostrada). Un condensador de entrada C_{in} está conectado eléctricamente entre el terminal de entrada positivo 302 y el terminal de entrada negativo 301 para formar un depósito de energía para la fuente de voltaje de entrada. El circuito físico primario comprende además una parte de una red o circuito resonante en serie que comprende al menos inductores L_2 y condensadores C_S y C_1 . Un primer inductor L_1 tiene un primer extremo acoplado al terminal de entrada positivo 302 y un segundo extremo a un terminal de drenaje de un conmutador S de MOSFET que forma una disposición de conmutador del presente convertidor de potencia 300. Un circuito físico secundario del convertidor de potencia 300 comprende un condensador de salida C_{out} que tiene un primer electrodo conectado eléctricamente al voltaje de salida V_{out} del convertidor en el terminal de salida 304. Un segundo electrodo negativo del condensador de salida C_{out} está acoplado a un terminal negativo 303 del voltaje de salida del convertidor. Una carga eléctrica o de potencia del convertidor está ilustrada esquemáticamente por la resistencia de carga R_L y acoplada entre los terminales de salida positivo y negativo 304, 303 del convertidor de CC-CC 300 de la técnica anterior. El circuito físico secundario comprende además un tercer inductor L_3 conectado a través de un arrollamiento secundario de transformador del transformador 308 anteriormente mencionado. El arrollamiento secundario del transformador tiene un primer extremo acoplado a un cátodo del diodo de rectificación D y un segundo extremo acoplado al electrodo positivo del condensador de salida C_{out} . El diodo de rectificación D rectifica la corriente de CA generada por el arrollamiento secundario del transformador y genera un voltaje de CC como el voltaje de salida del convertidor entre los terminales de salida positivo y negativo 304, 303. Una carga eléctrica o de potencia del convertidor está ilustrada esquemáticamente por la resistencia de carga R_L acoplada entre los terminales de salida positivo y negativo 304, 303.

La figura 4A) es un diagrama de circuito eléctrico de un convertidor de inductor primario de extremo único (SEPIC) 400, aislado, de la técnica anterior. El SEPIC 400 de la técnica anterior comprende un circuito físico primario y un circuito físico secundario conectados a través de una barrera de aislamiento galvánica 407. El circuito físico primario comprende un terminal de entrada positivo 402 y un terminal de entrada negativo 401 para la recepción de un voltaje de entrada V_{in} de CC o CA procedente de una fuente (no mostrada) de voltaje o potencia. Un condensador de entrada C_{in} está conectado eléctricamente entre el terminal de entrada positivo 402 y el terminal de entrada negativo 401 para formar un depósito de energía para la fuente de voltaje de entrada. Un núcleo 405 de convertidor del convertidor 400 comprende un circuito resonante en serie que incluye un primer inductor L_1 que tiene un primer nodo acoplado al voltaje de entrada V_{in} de CC o CA y un segundo nodo acoplado a un terminal de drenaje de un conmutador S de MOSFET. Un terminal de fuente de un conmutador S de MOSFET de una disposición de conmutador está acoplado al terminal de entrada negativo 401. El SEPIC 400 de la técnica anterior es un tipo resonante de convertidor de potencia en el que una frecuencia de resonancia del convertidor está determinada por la red resonante del núcleo 405 del convertidor que comprende los inductores primero y segundo L_1 , L_2 y los condensadores C_S y C_D . El circuito físico primario está dispuesto frente a una barrera de aislamiento galvánica 407 dentro del núcleo 405 del convertidor y formado acoplando condensadores C_1 y C_2 . El circuito físico secundario comprende un condensador de salida C_{out} que tiene un primer electrodo conectado eléctricamente al voltaje de salida V_{out} del convertidor en un terminal de salida positivo 404. Un segundo electrodo negativo del condensador de

salida C_{out} está acoplado a un terminal negativo 403 del voltaje de salida del convertidor. Un diodo de rectificación D rectifica la corriente de CA generada por un segundo inductor L_2 y carga el condensador de salida C_{out} de tal manera que el voltaje de salida V_{out} del convertidor entre los terminales de salida positivo y negativo 404, 403 es un voltaje de CC. Una carga de convertidor del SEPIC 400, ilustrada por la resistencia de carga R_L , está acoplada entre los

5

La figura 4B) es un diagrama de circuito eléctrico de un SEPIC 400c de acuerdo con una novena realización de la invención. El SEPIC 400c puede ser obtenido por conversión del SEPIC 400 anteriormente mencionado de la técnica anterior, insertando o añadiendo una conexión eléctrica 409c de corto-circuito que se extiende a través de la barrera de aislamiento galvánica 407c del SEPIC 400c. La barrera de aislamiento galvánica 407c comprende condensadores en serie C_1 y C_2 que impiden que fluya la corriente de CC entre el circuito físico secundario y el circuito físico primario en el anteriormente explicado SEPIC 400 aislado. En el presente SEPIC 400c, la conexión eléctrica 409c de corto-circuito conecta eléctricamente el terminal de entrada negativo 401c y el electrodo positivo 404c del condensador de salida C_{out} . Como se ha descrito en relación con las figuras 1A) y 1B), la conexión eléctrica o cable 409c de corto-circuito pone efectivamente el condensador de salida C_{out} y el condensador de entrada C_{in} en serie o cascada a través de las conexiones positiva y negativa al voltaje de entrada V_{in} de CC o CA de tal manera que el aislamiento galvánico entre los circuitos físicos primario y secundario es derivado o eliminado. La carga eléctrica o de potencia del convertidor, ilustrada esquemáticamente por la resistencia de carga R_L , está acoplada entre el voltaje de salida V_{out} del convertidor en el terminal de salida 404c del electrodo negativo 403c del condensador de salida. La persona experta comprenderá que el condensador en serie C_2 de la barrera de aislamiento galvánica 407b impide que la corriente de CC circule desde el segundo electrodo negativo 403b del condensador de salida C_{out} y directamente en retorno al terminal de entrada negativo 401b del circuito físico primario. El SEPIC 400c comprende un núcleo 405c de convertidor que incluye una red resonante como se ha descrito anteriormente, que comprende primer y segundo inductores L_1 , L_2 y condensadores C_S y C_D . Durante el funcionamiento del convertidor 400c, la red resonante en serie es excitada por el conmutador S de MOSFET de manera que la red resonante en serie es cargada alternativamente por el voltaje de entrada V_{in} de CC o CA y descargada hacia el condensador de salida C_{out} a través de la barrera de aislamiento galvánica 407c y a través de un circuito de rectificación que comprende un diodo de rectificación D. El condensador C_S , conectado o dispuesto a través de terminales de drenaje y fuente del conmutador S de MOSFET, es opcional, pero puede ser útil para aumentar una corriente resonante y/o de sintonización fina de una frecuencia de resonancia del SEPIC 400c de red resonante. En algunas realizaciones del SEPIC 400c, el condensador C_S puede estar formado exclusivamente por una capacitancia parásita del S de MOSFET. El condensador opcional C_D puede estar dispuesto a través del diodo de rectificación D para ajustar el ciclo de servicio del convertidor de potencia 400c.

10

15

20

25

30

REIVINDICACIONES

1. Un convertidor resonante (100b, 100c) de potencia en disminución que comprende:

un circuito físico primario (106b, 106c) y un circuito físico secundario (108b, 108c) acoplados a través de una barrera de aislamiento galvánica (107b, 107c) basada en condensador, comprendiendo el circuito físico primario (106b, 106c) un terminal de entrada positivo (102b, 102c) y un terminal de entrada negativo (101b, 101c) para la recepción de un voltaje de entrada (V_{in}) y un condensador de entrada (C_{in}) acoplado entre los terminales de entrada positivo y negativo,

comprendiendo el circuito físico secundario (108b, 108c) un condensador de salida (C_{out}) cargable a un voltaje de salida (V_{out}) del convertidor entre un primer electrodo positivo y un segundo electrodo negativo (103b, 103c) del condensador de salida (C_{out}),

una red resonante configurada para ser cargada alternativamente por un voltaje de entrada (V_{in}) y descargada hacia el condensador de salida (C_{out}) a través de la barrera de aislamiento galvánica (107b, 107c) por medio de una disposición de conmutador de semiconductor de acuerdo con una señal de control de conmutador para producir el voltaje de salida del convertidor, teniendo la señal de control de conmutador una frecuencia de 20 MHz o superior,

una conexión eléctrica (109b, 109c) de corto-circuito a través de la barrera de aislamiento galvánica (107b, 107c) que conecta, en un primer caso, el segundo electrodo negativo (103b, 103c) del condensador de salida (C_{out}) al terminal de entrada positivo (102b, 102c) del circuito físico primario o, en un segundo caso, que conecta el primer electrodo positivo del condensador de salida (C_{out}) al terminal de entrada negativo (101b, 101c) del circuito físico primario (106b), estableciendo con ello, tanto en el primer como en el segundo casos, un acoplamiento en serie del condensador de salida (C_{out}) y el condensador de entrada (C_{in}),

una conexión de carga, en el primer caso, entre el primer electrodo positivo (104b, 104c) del condensador de salida (C_{out}) y el terminal de entrada positivo (101b, 101c) o, en el segundo caso, entre el segundo electrodo negativo (103b, 103c) del condensador de salida y el terminal de entrada negativo (101b, 101c).

2. Un convertidor resonante (100b, 100c) de potencia en disminución de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la barrera de aislamiento galvánica basada en condensador comprende:

un primer condensador (C_1) acoplado en serie con el terminal de entrada positivo (102b, 102c) del circuito físico primario (106b, 106c) y el primer electrodo positivo (104b, 104c) del condensador de salida (C_{out}); y

un segundo condensador (C_2) acoplado en serie con el terminal de entrada negativo (101b, 101c) del circuito físico primario (106b, 106c) y el segundo electrodo negativo (103b, 103c) del condensador de salida (C_{out}).

3. Un convertidor resonante (100b, 100c) de potencia en disminución de acuerdo con la reivindicación 2, en el que una capacidad de cada uno de los condensadores primero y segundo (C_1 , C_2) es menor que 100 nF.

4. Un convertidor resonante (100b, 100c) de potencia en disminución de acuerdo con la reivindicación 3, en el que cada uno de los condensadores primero y segundo (C_1 , C_2) consiste en un condensador de cerámica montable de SMD.

5. Un convertidor resonante (100b, 100c) de potencia en disminución de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que una resistencia de CD de la conexión eléctrica (109b, 109c) de corto-circuito es menor que 1 k Ω .

6. Un convertidor resonante (100b, 100c) de potencia en disminución de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la red resonante comprende:

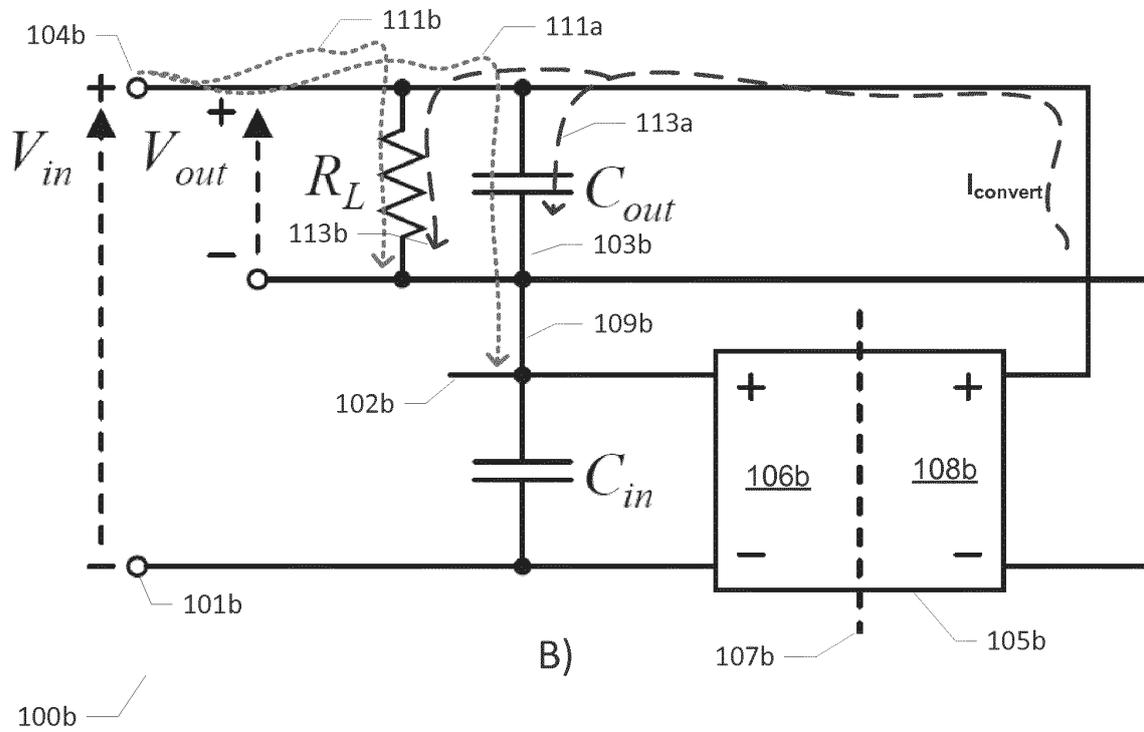
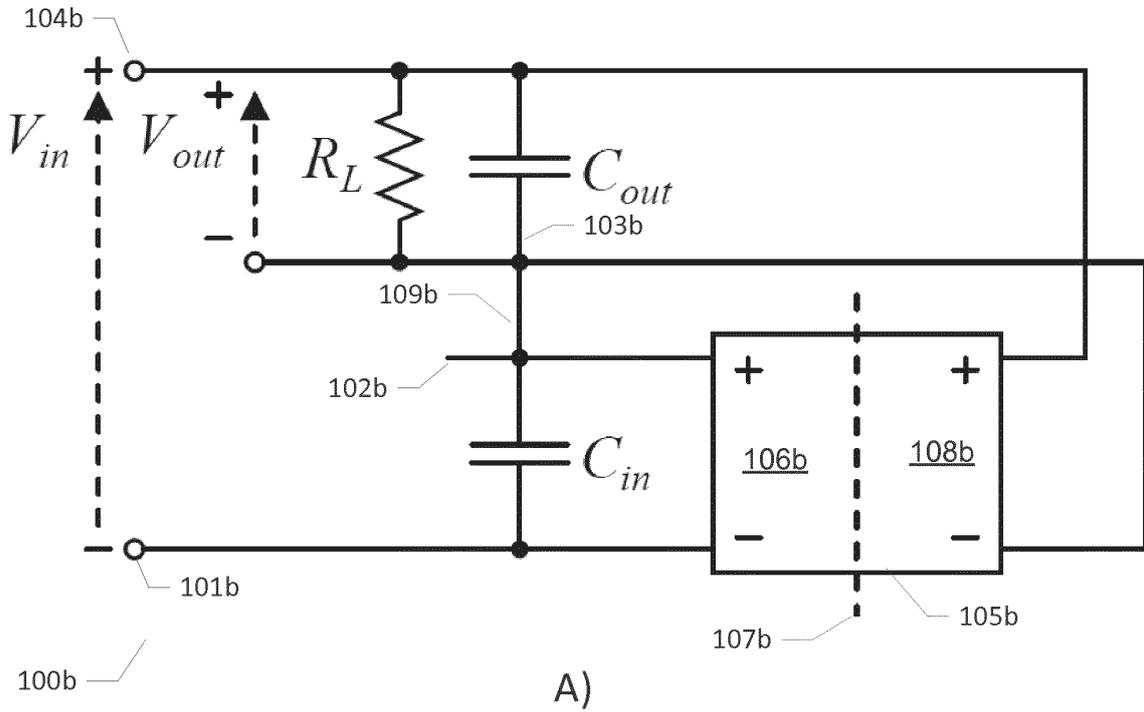
primer y segundo inductores conectados en serie, conectados en serie con el terminal de voltaje de entrada positivo (102b, 102c),

un conmutador de semiconductor (S) que tiene un primer nodo de conmutador conectado entre un nodo del punto medio entre los inductores primero y segundo (L_1 , L_2) conectados en serie, un segundo nodo de conmutador conectado al terminal de entrada negativo (101b, 101c) del circuito físico primario (106b, 106c) y un terminal de control conectado al terminal de control de conmutador; y

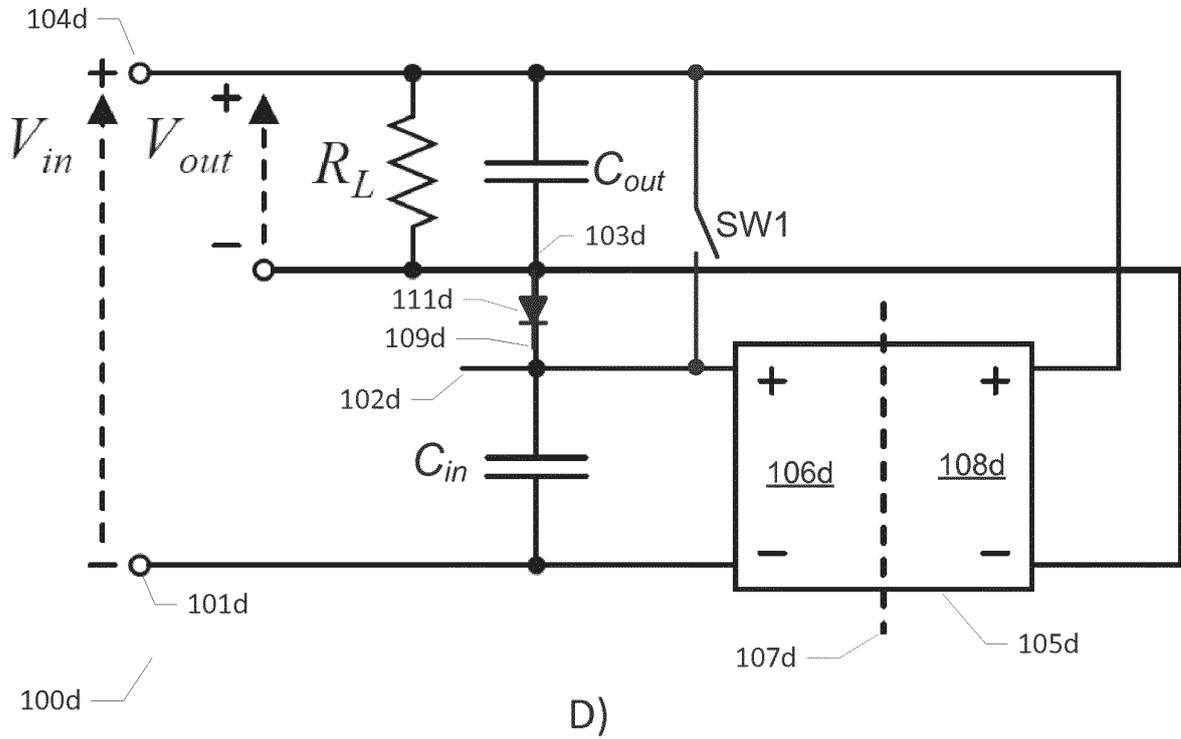
un circuito de rectificación conectado entre los condensadores primero y segundo de la barrera de aislamiento galvánica y el primer electrodo positivo (104b, 104c) y el segundo electrodo negativo (103b, 103c) del condensador de salida (C_{out}).

7. Un convertidor resonante (100b, 100c) de potencia en disminución de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la disposición de conmutador de semiconductor comprende uno o más conmutadores (S) de semiconductor controlables.
- 5 8. Un convertidor resonante (100b, 100c) de potencia en disminución de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el uno o más conmutadores (S) de semiconductor controlables están configurados para conmutación de voltaje cero y/o conmutación de corriente cero.
9. Un convertidor resonante (100b, 100c) de potencia en disminución de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además:
- un elemento de rectificación (111d, 111e), tal como un diodo, configurado para:
- 10 en un primer caso, conducir corriente desde el terminal de entrada positivo (102b, 102c) al segundo electrodo negativo (103b, 103c) del condensador de salida (C_{out}),
- en el segundo caso, conducir corriente desde el terminal de entrada negativo (101e) al primer electrodo positivo (104d) del condensador de salida; y
- 15 un conmutador (SW1) de semiconductor de selección de modo, configurado para, en el primer caso, interrumpir y cerrar selectivamente una conexión eléctrica entre el terminal de entrada positivo (102b, 102c) y el primer electrodo positivo (104b, 104c) del condensador de salida (C_{out}) y, en el segundo caso, interrumpir y cerrar selectivamente una conexión eléctrica entre el terminal de entrada negativo (101b, 101c) y el segundo electrodo negativo (103b, 103c) del condensador de salida, de tal manera que:
- 20 en un primer modo del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, se establece la conexión en serie del condensador de salida (C_{out}) y el condensador de entrada (C_{in}) a través del elemento de rectificación (111d, 111e); y
- en un segundo modo del convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, se abre o interrumpe el acoplamiento en serie del condensador de salida (C_{out}) y el condensador de entrada (C_{in}).
- 25 10. Un método de conversión de un convertidor resonante de potencia de CC-CC aislado, que tiene una frecuencia de conmutación de 20 MHz o superior, en un convertidor resonante (100b, 100c) de potencia en disminución, no aislado, que posea mayor eficacia de conversión de potencia, comprendiendo dicho método los pasos de:
- a) proporcionar un circuito físico primario (106b, 106c) y un circuito físico secundario (108b, 108c) del convertidor de potencia de CC-CC aislado,
- 30 b) opcionalmente, acoplar un condensador de entrada (C_{in}) entre un terminal de entrada positivo y uno negativo del circuito físico primario (106b, 106c),
- c) opcionalmente, acoplar un electrodo positivo de un condensador de salida (C_{out}) a un terminal de salida positivo del circuito físico secundario (108b, 108c) y acoplar un electrodo negativo del condensador de salida (C_{out}) al terminal de salida negativo (103b, 103c) del circuito físico secundario,
- 35 d) proporcionar acoplamiento eléctrico del circuito físico primario y el circuito físico secundario (108b, 108c) a través de una barrera de aislamiento galvánica (107b, 107c) basada en condensador,
- e) proporcionar una red resonante configurada para ser cargada alternativamente por un voltaje de entrada (V_{in}) del convertidor y descargada hacia el condensador de salida (C_{out}) a través de la barrera de aislamiento galvánica (107b, 107c) de acuerdo con una señal de control de conmutador para producir un voltaje de salida de convertidor,
- 40 f) conectar, en un primer caso, un corto-circuito eléctrico (109b, 109c) a través de la barrera de aislamiento galvánica (107b, 107c) basada en condensador desde el terminal de salida negativo (103b, 103c) del circuito físico secundario al terminal de entrada positivo (102b, 102c) del circuito físico primario, o conectar, en un segundo caso, el terminal de salida positivo (104b, 104c) del circuito físico secundario (108b, 108c) al terminal de entrada negativo del circuito físico primario (106b, 106c), estableciendo con ello, tanto en el
- 45 primer caso como en el segundo caso, un acoplamiento en serie del condensador de salida (C_{out}) y el condensador de entrada (C_{in}),
- g) acoplar, en un primer caso, una carga (R_L) del convertidor de potencia entre el terminal positivo (104b, 104c) del circuito físico secundario (108b, 108c) y el terminal de entrada positivo (102b, 102c), o acoplar, en un segundo caso, la carga (R_L) del convertidor de potencia entre el terminal de salida negativo (103b, 103c) del circuito físico secundario (108b, 108c) y el terminal de entrada negativo (101b, 101c) del circuito físico primario.
- 50

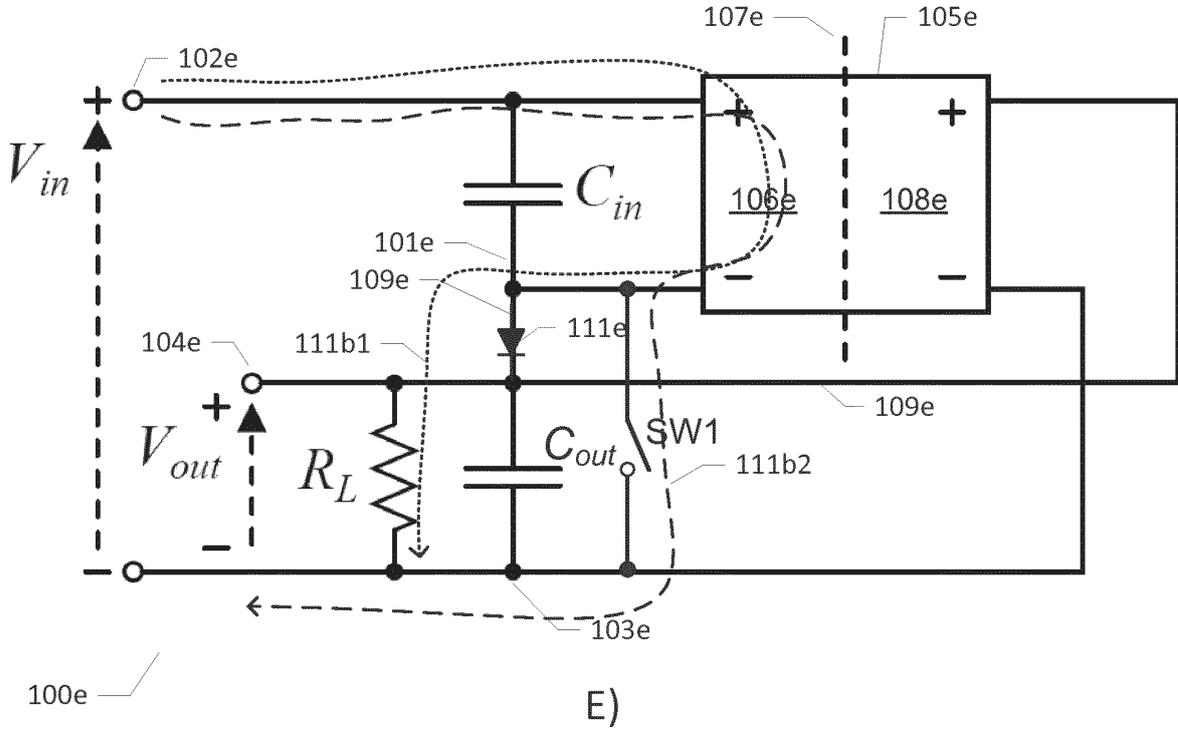
11. Un método de convertir un convertidor de potencia de CC-CC aislado de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende un paso más de:
- 5 h) en el primer caso, conectar eléctricamente una fuente de voltaje de entrada entre el terminal de entrada negativo (101b, 101c) del circuito físico primario (106b, 106c) y el terminal de salida positivo (104b, 104c) del circuito físico secundario (108b, 108c), o
- i) en el segundo caso, conectar eléctricamente una fuente de voltaje de entrada entre el terminal de entrada positivo (102b, 102c) del circuito físico primario (106b, 106c) y el terminal de salida negativo (103b, 103c) del circuito físico secundario (108b, 108c).
12. Un método de convertir un convertidor de potencia de CC-CC aislado de acuerdo con la reivindicación 10 o la 11, que comprende los pasos adicionales de:
- 10 j) insertar un elemento de rectificación (111d, 111e) en la conexión eléctrica de corto-circuito,
- k) insertar un conmutador de semiconductor (SW1) de selección de modo, en el primer caso, entre el terminal de entrada positivo (102b, 102c) y el primer electrodo positivo (104b, 104c) del condensador de salida y, en el segundo caso, entre el terminal de entrada negativo (101b, 101c) y el segundo electrodo negativo (103b, 103c) del condensador de salida.
- 15
13. Un conjunto de iluminación de LED que comprende:
- un convertidor resonante (100b, 100c) de potencia en disminución de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9, montado en una placa de circuito impreso del conjunto,
- una entrada de voltaje de la red de CA conectada a una entrada de un rectificador de la red,
- 20 una salida del rectificador de la red conectada, en el primer caso, entre el primer electrodo positivo (104b, 104c) del condensador de salida (C_{out}) y el terminal de entrada negativo (101b, 101c), o conectada, en el segundo caso, entre el terminal de entrada negativo (101b, 101c) y el electrodo negativo (103b, 103c) del condensador de salida (C_{out}) para suministrar un voltaje de red rectificado al convertidor resonante de potencia de CC-CC en disminución, en ambos casos.
- 25
14. Una lámpara de LED que comprende un conjunto de iluminación de LED de acuerdo con la reivindicación 13.



FIGS. 1A), 1B)

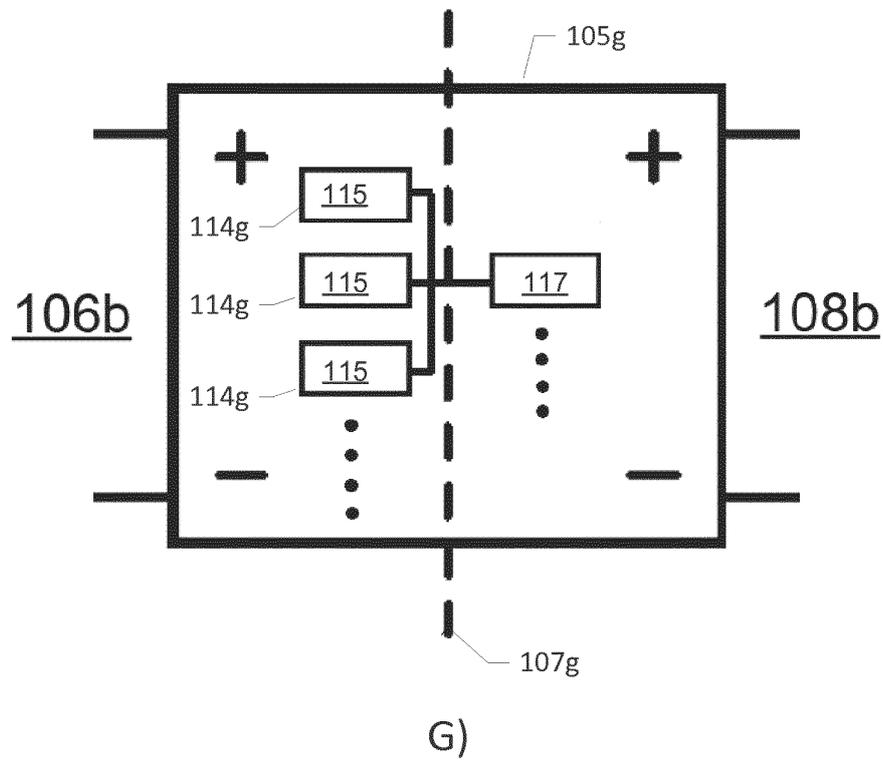
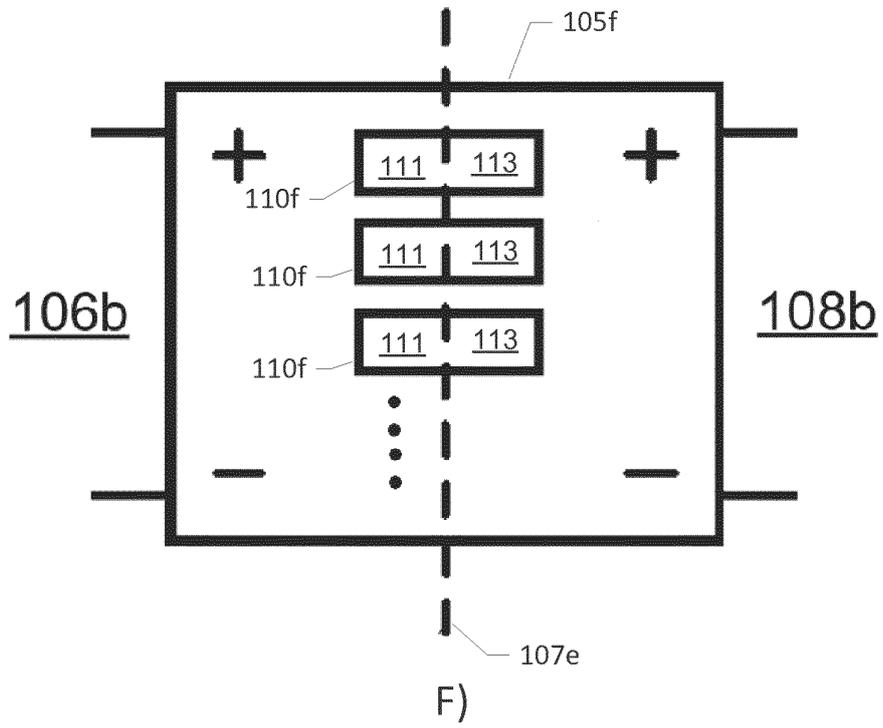


D)

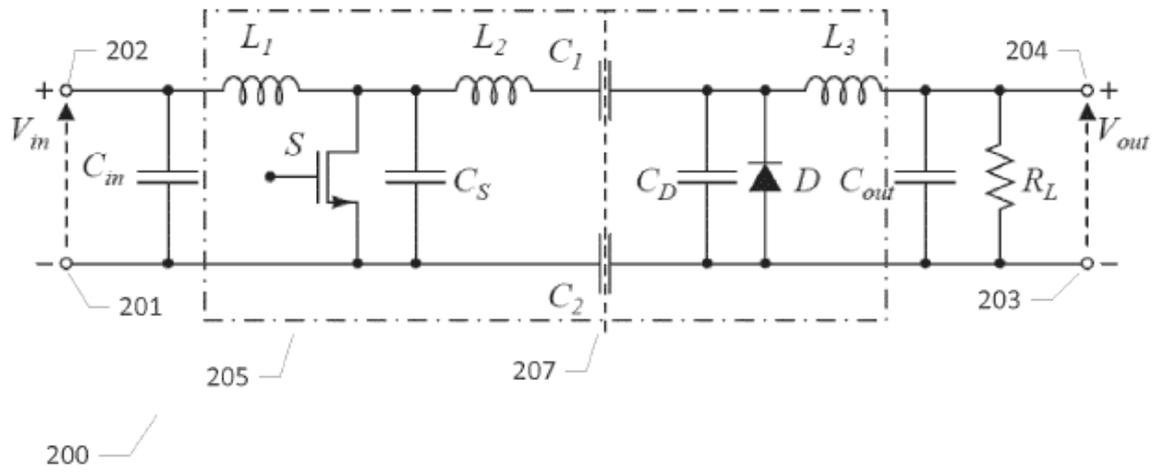


E)

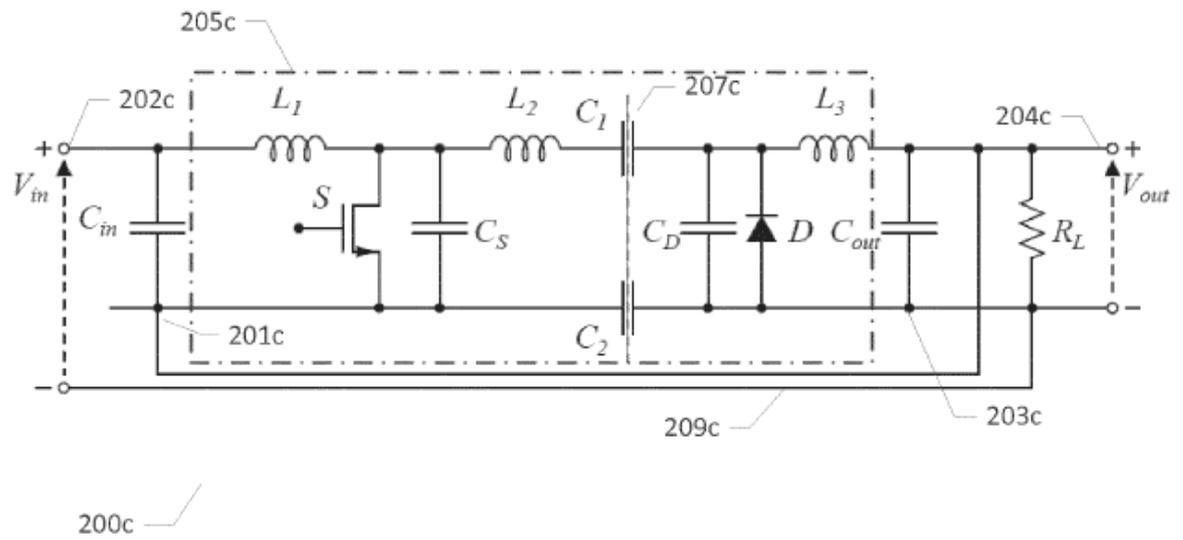
FIGS. 1D)-1E)



FIGS. 1F)-1G)

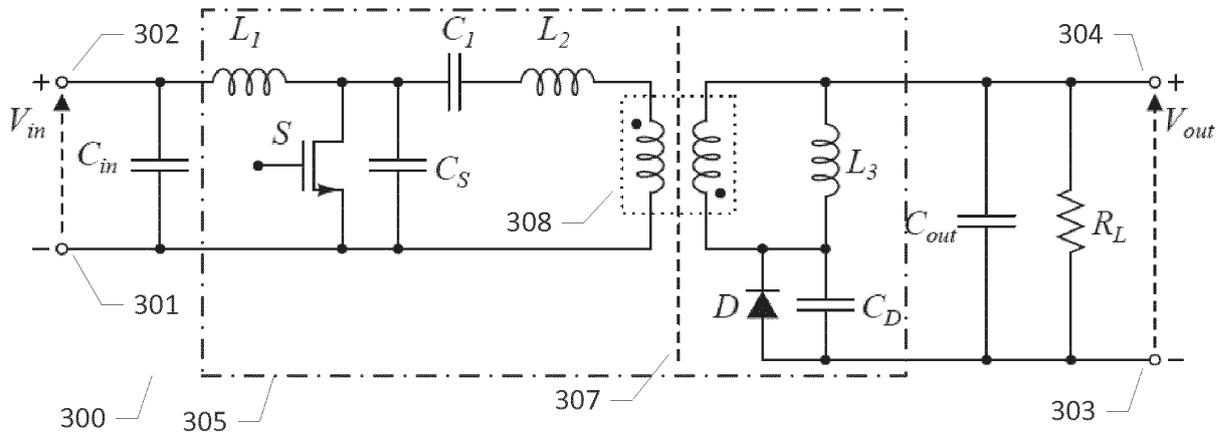


A)

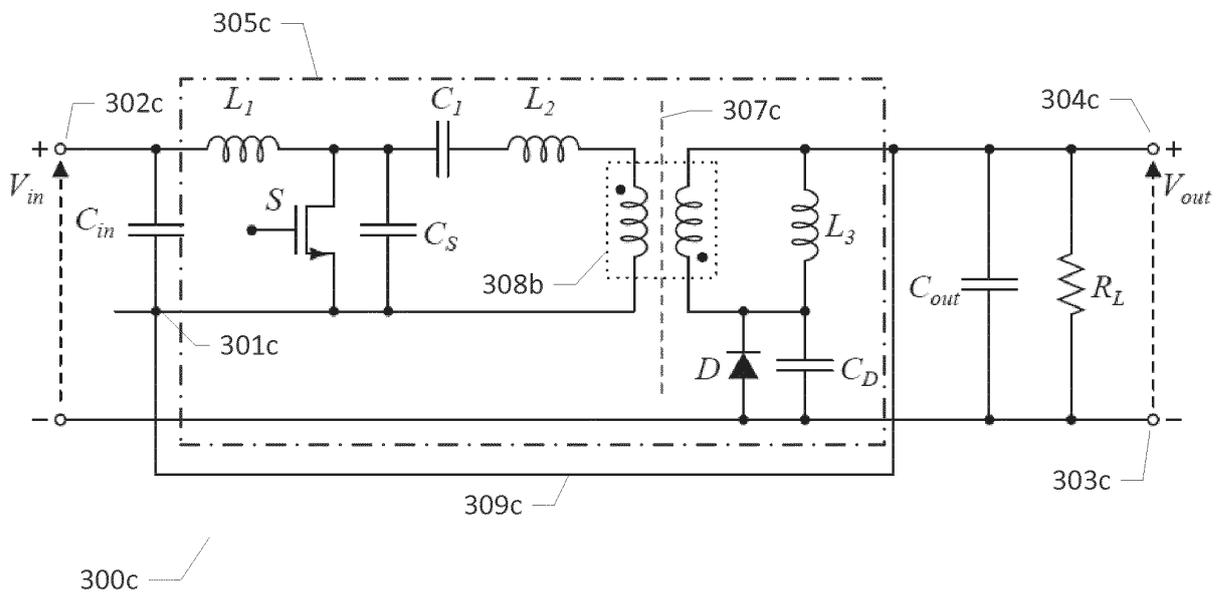


B)

FIGS. 2A), 2B)

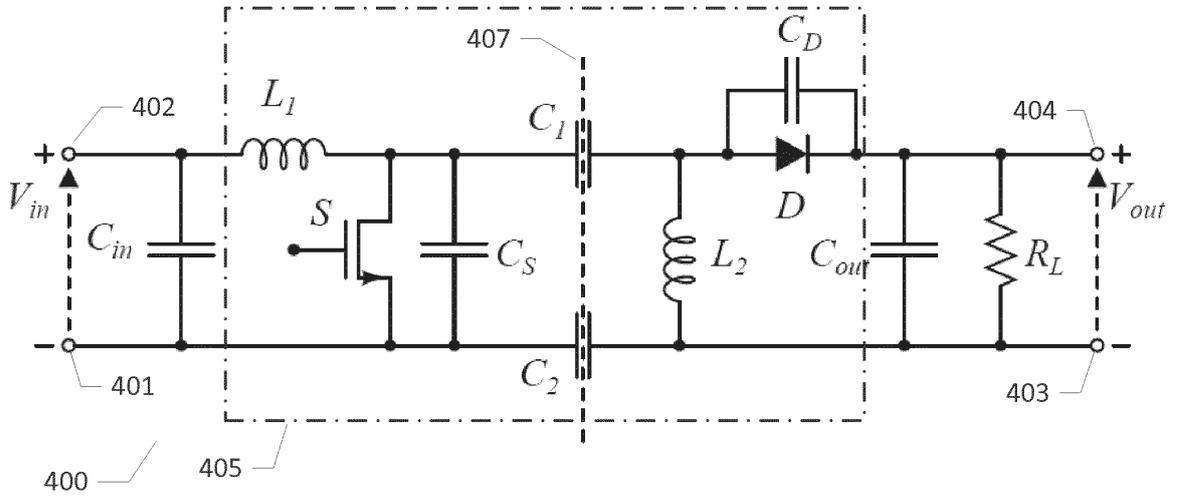


A)

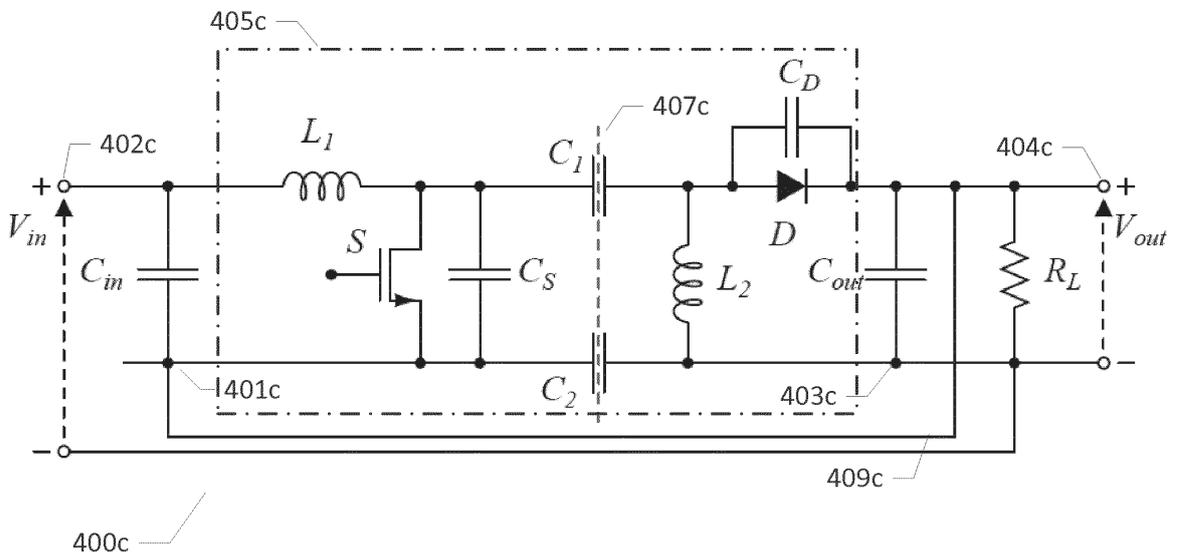


B)

FIGS. 3A), 3B)



A)



B)

FIGS. 4A), 4B)