

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 411**

51 Int. Cl.:

H01F 27/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2014 PCT/EP2014/053930**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2014 WO14135449**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2014 E 14707172 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2017 EP 2965329**

54 Título: **Conjunto transformador magnético integrado**

30 Prioridad:

05.03.2013 EP 13157764

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

20.10.2017

73 Titular/es:

**DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET (100.0%)
Anker Engelundsvej 1 Bygning 101A, 2. sal
2800 Kgs. Lyngby, DK**

72 Inventor/es:

**OUYANG, ZIWEI y
ANDERSEN, MICHAEL A.E.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 638 411 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

Conjunto transformador magnético integrado

La presente invención se refiere a un conjunto transformador magnético integrado que comprende un primer núcleo magnéticamente permeable que forma una primera trayectoria de flujo magnético sustancialmente cerrada y un segundo núcleo magnéticamente permeable que forma una segunda trayectoria de flujo magnético sustancialmente cerrada. Un primer devanado de inducción de entrada está enrollado alrededor de un primer segmento predeterminado del primer núcleo magnéticamente permeable y un segundo devanado de inducción de entrada está enrollado alrededor de un primer segmento predeterminado del segundo núcleo magnéticamente permeable. El conjunto transformador magnético integrado comprende además un primer devanado de inducción de salida que comprende unos semi-devanados primero y segundo acoplados en serie, en los que el primer semi-devanado está enrollado alrededor de un segundo segmento predeterminado del primer núcleo magnéticamente permeable y el segundo semi-devanado está enrollado alrededor de un segundo segmento predeterminado del segundo núcleo magnéticamente permeable. Un segundo inductor de salida comprende unos semi-devanados primero y un segundo acoplados en serie, en los que el primer semi-devanado está enrollado alrededor de un tercer segmento predeterminado del primer núcleo magnéticamente permeable y el segundo semi-devanado está enrollado alrededor de un tercer segmento predeterminado del segundo núcleo magnéticamente permeable. El segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están configurados para producir flujos magnéticos dirigidos en dirección opuesta a través de la segunda trayectoria de flujo magnético sustancialmente cerrada y el primer semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están configurados para producir flujos magnéticos alineados, es decir, en la misma dirección, a través de la primera trayectoria de flujo magnético sustancialmente cerrada. El conjunto transformador magnético integrado es adecuado para su uso en una amplia gama de topologías de convertidor de potencia aislado, de entrada única, de entradas múltiples o de salidas múltiples.

Antecedentes de la invención

Con el fin de combinar la energía generada a partir de dos o más fuentes de tensión de entrada o de energía independientes para generar una tensión de salida de CC regulada, en los últimos años se han propuesto numerosas topologías de convertidores de potencia de entradas múltiples. Las fuentes de tensión de entrada o de energía independientes pueden comprender, por ejemplo, fuentes de energía limpia tales como paneles solares, aerogeneradores, pilas de combustible, baterías y líneas eléctricas de corriente alterna comerciales. Una limitación común de algunos convertidores de potencia de entradas múltiples conocidos es que sólo se permite una única fuente de tensión de entrada o de energía para transferir potencia o energía a la salida del convertidor en cada momento para prevenir efectos de acoplamiento de potencia. Estos efectos de acoplamiento de potencia pueden introducir corrientes circulantes en un lado primario de un transformador convertidor de potencia y su circuitería de excitación de entrada asociada. Por lo tanto, estos efectos de acoplamiento de potencia inducen una pérdida de potencia considerable en el lado primario del transformador convertidor de potencia y su circuitería de excitación de entrada asociada y pueden dañar seriamente la circuitería de excitación. La presente invención propone nuevas topologías de circuito para convertidores de potencia de entrada única y entradas múltiples, aislados, que usan transformadores de devanados múltiples separados con una novedosa conexión de devanado de los semi-devanados del lado secundario. La idea detrás de la presente invención tiene su origen en las topologías de convertidor de potencia aisladas descritas en la solicitud de patente PCT publicada WO2013/037696 "An integrated magnetics component" que se refiere a un novedoso transformador integrado de cuatro cuadrantes (Four Quadrant Integrated Transformer, FQIT) para convertidores de entrada única o múltiples entradas. Las topologías de convertidor de potencia basadas en FQIT permiten un desacoplamiento completo entre los múltiples devanados de inducción del lado primario o de entrada del conjunto transformador de manera que se permite que dos fuentes de alimentación de entrada separadas transfieran energía a una salida de convertidor simultáneamente o según cualquier esquema de multiplexación sin efectos de acoplamiento de potencia no deseados.

Otro ejemplo de un conjunto transformador magnético integrado se muestra en el documento US 2009/0185398.

La presente invención proporciona, en un aspecto, un novedoso conjunto transformador magnético integrado que es eléctricamente equivalente al FQIT a pesar de poseer una geometría de núcleo magnético marcadamente diferente. A pesar del considerable número de ventajas ofrecidas por los convertidores de potencia basados en la geometría de núcleo FQIT, sigue siendo en la actualidad una estructura personalizada que puede requerir herramientas de fabricación especializadas. Por el contrario, el presente conjunto transformador magnético integrado puede estar basado en dos núcleos magnéticamente permeables de geometría de núcleo convencional, tales como la forma de E. Estas geometrías de núcleo tradicionales están disponibles fácilmente a partir de numerosas fuentes y a bajo costo. Además, la estructura de circuito equivalente del presente conjunto transformador magnético integrado permite una conveniencia en el análisis eléctrico y la simulación eléctrica junto

con una comprensión sencilla de los principios operativos de los convertidores de potencia basados en el presente conjunto transformador magnético integrado.

Sumario de la invención

5 Un primer aspecto de la invención se refiere a un conjunto transformador magnético integrado, o conjunto transformador discreto, que comprende un primer núcleo magnéticamente permeable que forma una primera trayectoria de flujo magnético sustancialmente cerrada y un segundo núcleo magnéticamente permeable que forma una segunda trayectoria de flujo magnético sustancialmente cerrada. Un primer devanado de inducción de entrada está enrollado alrededor de un primer segmento predeterminado del primer núcleo magnéticamente permeable y un segundo devanado de inducción de entrada está enrollado alrededor de un primer segmento predeterminado del segundo núcleo magnéticamente permeable. El conjunto transformador magnético integrado comprende además un primer devanado de inducción de salida que comprende devanados primero y segundo acoplados en serie en los que el primer semi-devanado está enrollado alrededor de un segundo segmento predeterminado del primer núcleo magnéticamente permeable y el segundo semi-devanado está enrollado alrededor de un segundo segmento predeterminado del segundo núcleo magnéticamente permeable. Un segundo inductor de salida comprende semi-devanados primero y segundo acoplados en serie, en los que el primer semi-devanado está enrollado alrededor de un tercer segmento predeterminado del primer núcleo magnéticamente permeable y el segundo semi-devanado está enrollado alrededor de un tercer segmento predeterminado del segundo núcleo magnéticamente permeable. El segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están configurados para producir flujos magnéticos dirigidos en dirección opuesta a través de la segunda trayectoria de flujo magnético sustancialmente cerrada y el primer semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están configurados para producir flujos magnéticos alineados, es decir, en la misma dirección, a través de la primera trayectoria de flujo magnético sustancialmente cerrada.

25 La distribución de los devanados primero y segundo respectivos de los devanados de inducción de salida primero y segundo entre los núcleos magnéticamente permeables primero y segundo junto con los flujos magnéticos dirigidos en dirección opuesta proporcionados por la configuración de los segundos semi-devanados respectivos de los devanados de inducción de salida primero y segundo conduce a numerosos beneficios. Los flujos magnéticos dirigidos en dirección opuesta pueden conducir a una cancelación completa, o al menos parcial, del flujo magnético en los segmentos primero, segundo y tercero predeterminados del segundo núcleo magnéticamente permeable debido al flujo de corriente a través del segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida. Esta cancelación del flujo magnético conduce a una supresión o eliminación ventajosa de voltaje reflejado desde el segundo devanado de inducción de salida al segundo devanado de inducción de entrada. Este último puede estar dispuesto en un lado primario de los segundos núcleos magnéticamente permeables. Por lo tanto, se ha conseguido un desacoplamiento magnético completo o al menos parcial de los devanados de inducción de entrada primero y segundo en el presente conjunto transformador magnético integrado, tal como se explica más detalladamente más adelante con relación a la descripción siguiente de los dibujos adjuntos.

40 Cada uno de los núcleos magnéticamente permeables primero y segundo comprende preferiblemente un material que posee una alta permeabilidad magnética tal como un material magnético suave como ferrita o una aleación ferromagnética como chapa de acero, acero al silicio, acero fundido, acero de tungsteno, acero magnético, hierro fundido, níquel etc.

45 Los núcleos magnéticos magnéticamente permeables primero y segundo del presente conjunto transformador magnético integrado son preferiblemente estructuras mecánicas completamente separadas mantenidas en una relación espacial fija o predeterminada por un miembro de sujeción o portador adecuado, preferiblemente realizado en un material no permeable, tal como plástico o compuesto elastomérico. La relación espacial predeterminada puede incluir una determinada distancia mínima, tal como una distancia entre 2 mm y 50 mm, preferiblemente una distancia de al menos 6 mm, entre los núcleos magnéticamente permeables primero y segundo. De esta manera, el primer núcleo magnéticamente permeable junto con el primer devanado de inducción de entrada, el primer semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida forman un primer transformador. De manera similar, un segundo transformador está formado por el segundo núcleo magnéticamente permeable junto con el segundo devanado de inducción de entrada, el segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida. Según una realización, el miembro de sujeción comprende una placa de circuito impreso. La parte de placa de circuito impreso (PCB) del miembro de sujeción puede comprender varios terminales o patillas de entrada y salida, accesibles externamente, conectadas eléctricamente a terminales o patillas respectivos de los devanados de inducción de entrada primero y segundo y los devanados de inducción de salida primero y segundo, por ejemplo, a través de terminaciones de cable respectivas de estos devanados de inducción.

Por lo tanto, el miembro de sujeción puede proporcionar una integridad estructural y una conectividad eléctrica deseables al conjunto transformador magnético integrado. Otros componentes del convertidor de potencia pueden estar integrados también en la PCB, de manera que se permita una modularización efectiva del convertidor de potencia.

5 Una realización preferida de la placa de circuito impreso del miembro de sujeción comprende una placa de circuito impreso multicapa que proporciona flexibilidad adicional al conjunto transformador, preferiblemente mediante la provisión de varios de los devanados de inducción de entrada y salida como patrones de cableado respectivos en una capa del PCB multicapa. Una realización de la placa de circuito impreso multicapa comprende una primera
 10 abertura pasante y una segunda abertura pasante. La pata recta común del primer núcleo magnéticamente permeable sobresale a través de la primera abertura pasante y la pata recta común del segundo núcleo magnéticamente permeable sobresale a través de la segunda abertura pasante. Un primer patrón de cableado de placa está dispuesto alrededor de la primera abertura pasante y comprende al menos uno de entre el primer devanado de inducción de entrada, el primer semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida. Un segundo patrón de cableado de placa
 15 está dispuesto alrededor de la segunda abertura pasante y comprende al menos uno de entre el segundo devanado de inducción de entrada, el segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida. La persona con conocimientos en la materia entenderá que la placa de circuito impreso multicapa puede comprender una o más aberturas pasantes adicionales para acomodar patas adicionales de los núcleos magnéticamente permeables primero y segundo, por ejemplo,
 20 cuatro patas adicionales para un par de núcleos magnéticamente permeables con forma de E.

Otras realizaciones del conjunto transformador magnético integrado comprenden material de alambre o de tipo alambre convencional, tal como alambre de cobre sólido o alambre de litz, para cada uno de los devanados de inducción de entrada primero y segundo y para cada uno de los devanados de inducción de salida primero y segundo. Otras realizaciones del conjunto transformador magnético integrado pueden usar una combinación del
 25 cableado basado en PCB indicado anteriormente y los tipos de alambre convencionales.

Una ventaja significativa del presente conjunto transformador magnético integrado es que cada uno de los núcleos magnéticamente permeables primero y segundo puede poseer la geometría de núcleo de transformador convencional, tal como una forma de E, forma toroidal, rectangular, etc. Por lo tanto, el primer núcleo puede comprender una primera parte de núcleo sustancialmente rectangular formada mediante el acoplamiento mecánico
 30 de tres patas sustancialmente rectas y la pata recta común y el segundo núcleo comprende una segunda parte de núcleo sustancialmente rectangular formada mediante el acoplamiento mecánico de tres patas sustancialmente rectas y la pata común recta. En otra realización de núcleo con forma de E, el conjunto transformador magnético integrado comprende núcleos magnéticamente permeables primero y segundo, con forma de E, en los que cada uno de los núcleos con forma de E comprende la pata común dispuesta entre un par de patas exteriores
 35 adyacentes. Estas geometrías de núcleo tradicionales están disponibles fácilmente en numerosos fabricantes o proveedores a bajo coste, de manera que el presente conjunto transformador magnético integrado puede ser construido a partir de dos de estos núcleos tradicionales en combinación con devanados de transformador de entrada y de salida dispuestos de manera apropiada.

La configuración ventajosa del segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y del segundo
 40 semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida en los que estos semi-devanados producen flujos magnéticos dirigidos en dirección opuesta puede conseguirse mediante diferentes disposiciones de semi-devanados en el segundo núcleo dependiendo de la geometría de núcleo elegida. En una realización preferida, el primer semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están enrollados alrededor de una pata recta común del primer núcleo; y el
 45 segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están enrollados alrededor de una pata común recta del segundo núcleo. El primer semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están conectados en la misma dirección y el segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están
 50 conectados en dirección contraria. En esta disposición de devanados, el primer semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida producen flujos magnéticos en la misma dirección a través de la pata común del primer núcleo mientras que el segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida producen flujos magnéticos en la dirección opuesta a través de la pata común del
 55 segundo núcleo. La persona con conocimientos en la materia comprenderá que los flujos magnéticos en el segundo núcleo generados por los segundos semi-devanados están dirigidos preferiblemente en dirección opuesta, no sólo a través de la pata común del segundo núcleo, sino en todos los puntos a lo largo de la segunda trayectoria de flujo magnético sustancialmente cerrada. De manera similar, los flujos magnéticos en el primer núcleo, generados por los primeros semi-devanados fluyen preferiblemente en la misma dirección en todos los

puntos a lo largo de la segunda trayectoria de flujo magnético sustancialmente cerrada.

El primer devanado de inducción de entrada está configurado u orientado preferiblemente de manera que produzca un flujo magnético en la misma dirección que los primeros semi-devanados. El segundo devanado de inducción de entrada está configurado u orientado preferiblemente de manera que produzca un flujo magnético en la misma dirección que el segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y, por lo tanto, en dirección opuesta al flujo magnético producido por el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida. El primer devanado de inducción de entrada está enrollado preferiblemente alrededor de la pata recta común del primer núcleo magnéticamente permeable y el segundo devanado de inducción de entrada está enrollado preferiblemente alrededor de la pata recta común del segundo núcleo magnéticamente permeable. En esta última realización, se mantiene un buen acoplamiento magnético con una fuga de flujo mínima entre cada devanado de inducción de entrada y los devanados primero y segundo de cada uno de los devanados de inducción de salida en cada uno de los núcleos primero y segundo. Según una variante de esta última realización, el primer devanado de inducción de entrada, el primer semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están dispuestos adyacentes en la pata recta común del primer núcleo. De manera similar, el segundo devanado de inducción de entrada, el segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están dispuestos adyacentes en la pata recta común del segundo núcleo magnéticamente permeable. La persona con conocimientos en la materia apreciará que los devanados de inducción de entrada y salida dispuestos en una pata común del primer núcleo pueden solaparse parcial o totalmente, es decir, pueden estar entrelazados parcial o totalmente de manera que los segmentos primero y segundo del primer núcleo se solapen parcial o totalmente. Lo mismo se aplica a los devanados de inducción de entrada y salida en el segundo núcleo.

Según una realización preferida del presente conjunto transformador magnético integrado, los semi-devanados primero y segundo del primer devanado de inducción de salida comprenden el mismo número de vueltas y los devanados primero y segundo del segundo devanado de inducción de salida comprenden el mismo número de vueltas. La persona con conocimientos en la materia comprenderá que el número de devanados de los devanados primero y segundo del primer devanado de inducción de salida puede diferir en realizaciones alternativas y el número de devanados de los devanados primero y segundo del segundo devanado de inducción de salida puede ser también diferente. Sin embargo, el número de vueltas de los segundos semi-devanados de los devanados de inducción de salida primero y segundo es preferiblemente idéntico para facilitar una buena cancelación de flujo magnético en el segundo núcleo.

Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un convertidor de potencia aislado de múltiples entradas que comprende un conjunto transformador magnético integrado según cualquiera de las realizaciones del mismo descritas anteriormente. El convertidor de potencia aislado de múltiples entradas comprende un primer terminal de entrada conectable a una primera fuente de tensión de entrada de CC o CA. Un primer circuito de excitación de entrada está acoplado operativamente a la primera tensión de entrada de CC o CA y al primer devanado de inducción de entrada para suministrar una primera señal de excitación al mismo. El convertidor de potencia aislado de múltiples entradas comprende además un segundo terminal de entrada conectable a la primera tensión de entrada de CC o CA o una segunda fuente de tensión de entrada de CC o CA. Un segundo circuito de excitación de entrada está acoplado operativamente a la tensión de entrada de CC o CA, primera o segunda, y al segundo devanado de inducción de entrada para suministrar una segunda señal de excitación al mismo. Un primer rectificador o un primer elemento inversor está acoplado operativamente entre una primera salida de convertidor y un par de terminaciones de devanado de los semi-devanados primero y segundo acoplados en serie del primer devanado de inducción de salida y un segundo rectificador o un segundo elemento inversor está acoplado operativamente entre una segunda salida de convertidor y un par de terminaciones de devanado de los semi-devanados conectados en serie, primero y segundo, del segundo devanado de inducción de salida.

El presente convertidor de potencia aislado de múltiples entradas puede llevarse a la práctica en una amplia gama de topologías de convertidor de potencia de CC-CC o CC-CA útiles. Las topologías de convertidor de potencia aislado CC-CC incluyen los rectificadores primero y segundo para rectificar las tensiones de CA primera y segunda suministradas a través de los pares de terminaciones de devanado respectivos de los semi-devanados primero y segundo acoplados en serie de los devanados de inducción de salida primero y segundo. Cada uno de los rectificadores primero y segundo puede incluir un diodo semiconductor o un puente de diodos semiconductores o un rectificador síncrono basado en conmutación con transistores. Las topologías de convertidor de potencia de CC-CC aislado comprenden convertidores elevadores ("boost") de CC-CC aislados, convertidores reductores ("Buck") de CC-CC aislados, convertidores de puente activo dual (Dual Active Bridge, DAB) de CC-CC, convertidores de potencia de CC-CC resonantes, aislados, de dos inductores y un condensador (LLC), etc., tal como se explica más detalladamente a continuación en conexión con las figuras adjuntas. Las salidas primera y segunda de convertidor pueden ser nodos de tensión separados que proporcionan dos tensiones de salida de CC rectificadas independientes o separadas del convertidor de potencia de CC-CC aislado, de múltiples entradas. En otras realizaciones útiles, las salidas primera y segunda del convertidor están acopladas a un nodo de salida común

5 para proporcionar una única tensión de salida de CC rectificada del convertidor de potencia. Las topologías de convertidor de potencia aislado de CC-CA, denominadas frecuentemente inversores de potencia, comprenden los elementos inversores primero y segundo para transportar, y posiblemente filtrar, las tensiones de CA primera y segunda, generadas a través de los pares respectivos de terminaciones de devanado de los semi-devanados primero y segundo acoplados en serie, antes de la aplicación a las salidas primera y segunda del convertidor como tensiones de salida de CA respectivas del convertidor de potencia aislado CC-CA. Por lo tanto, los elementos inversores primero y segundo pueden comprender, por ejemplo, inductores de suavizado respectivos.

10 La persona con conocimientos en la materia apreciará que las denominaciones “entrada” de los devanados de inducción de entrada primero y segundo y las denominaciones “salida” de los devanados de inducción de salida primero y segundo son todas arbitrarias y pueden ser intercambiadas dependiendo de la manera en la que está interconectado o acoplado el conjunto transformador magnético integrado en un diseño de convertidor de potencia aislado específico. Esta característica es una consecuencia inherente de la naturaleza recíproca de todas las funciones de un transformador.

15 Por lo tanto, según un conjunto alternativo de realizaciones de los convertidores de potencia aislados de múltiples entradas actuales, los devanados de inducción de salida primero y segundo están conectados operativamente a entradas respectivas de un lado primario del convertidor de potencia mientras que los devanados de inducción de entrada primero y segundo están acoplados operativamente a una salida común o separada de un lado secundario del convertidor de potencia. Según estas realizaciones denominadas de devanado desplazado lateralmente, el convertidor de potencia aislado de múltiples entradas comprende un conjunto transformador magnético integrado según cualquiera de las realizaciones del mismo descritas anteriormente. El primer terminal de entrada del convertidor de potencia aislado de múltiples entradas es conectable a una primera tensión de entrada de CC o CA y el primer circuito de excitación de entrada está acoplado operativamente a la primera tensión de entrada de CC o CA y al par de terminaciones de devanado de los semi-devanados acoplados en serie primero y segundo del primer devanado de inducción de salida para suministrar una primera señal de excitación al mismo. El segundo terminal de entrada es conectable a la tensión de entrada de CC o CA primera o segunda y el segundo circuito de excitación de entrada está acoplado operativamente a la tensión de entrada de CC o CA primera o segunda y el par de terminaciones de devanado de los semi-devanados acoplados en serie primero y segundo del segundo devanado de inducción de salida para suministrar una segunda señal de excitación al mismo. El primer rectificador, o el primer elemento inversor, está acoplado operativamente entre la primera salida del convertidor y el primer devanado de inducción de entrada y el segundo rectificador, o el segundo elemento inversor, está acoplado operativamente entre la segunda salida del convertidor y el segundo devanado de inducción de entrada.

35 Las topologías de elevación (“boost”) del convertidor de potencia aislado de múltiples entradas pueden comprender un primer inductor elevador acoplado entre la primera tensión de entrada de CC o CA y el primer circuito de excitación de entrada y un segundo inductor elevador acoplado entre la segunda tensión de entrada de CC o CA y el segundo circuito de excitación de entrada. Las topologías de reducción (“Buck”) del convertidor de potencia aislado de múltiples entradas pueden comprender inductores de reducción primero y segundo, separados, acoplados entre las salidas de los rectificadores primero y segundo, respectivamente, y una salida de convertidor común o compartida. Una implementación de reducción ventajosa particular del presente convertidor de potencia aislado de múltiples entradas comprende un inductor de reducción único o primero acoplado entre la salida común del convertidor y un nodo común de las salidas de los rectificadores primero y segundo. La capacidad de ciertas topologías de reducción del presente convertidor de potencia aislado de múltiples entradas para compartir un inductor de reducción común es una ventaja única.

45 Cada uno de los circuitos de excitación de entrada primero y segundo puede comprender topologías de circuito de excitación bien conocidas, tales como un circuito de excitación de medio puente o un circuito de excitación de puente en H configurado para aplicar la señal de excitación a través del devanado de inducción de entrada primero o segundo. Según una de dichas realizaciones, el primer circuito de excitación de entrada comprende un primer puente en H que tiene un par de salidas complementarias conectadas a terminaciones de devanado respectivas del primer devanado de inducción de entrada. Además, el segundo circuito de excitación de entrada comprende un segundo puente en H que tiene un par de salidas complementarias conectadas a las terminaciones de devanado respectivas del segundo devanado de inducción de entrada. Las señales de excitación primera y segunda, aplicadas a los devanados de inducción de entrada primero y segundo, respectivamente, comprenden preferiblemente señales de excitación moduladas PWM respectivas. Los ciclos de trabajo de las señales de excitación moduladas PWM primera y segunda pueden ser ajustados para proporcionar un control o una regulación de la tensión de salida del convertidor mediante un bucle de control de realimentación adecuado del convertidor de potencia aislado de múltiples entradas. Cada circuito de excitación de entrada puede comprender un único o una pluralidad de interruptores semiconductores dispuestos de manera apropiada, tales como interruptores IGBT o interruptores MOSFET para formar las topologías de circuito de excitación bien conocidas.

La persona con conocimientos en la materia entenderá que cada uno de los rectificadores primero y puede

comprender una pluralidad de elementos rectificadores, tales como diodos semiconductores, por ejemplo, dos diodos semiconductores configurados como un rectificador de media onda o cuatro diodos semiconductores configurados como un rectificador de onda completa. En realizaciones alternativas, cada uno de entre los rectificadores primero y puede comprender una pluralidad de interruptores de tipo transistor, por ejemplo, MOS-FET, configurados como diodos activos respectivos para permitir una rectificación síncrona y para soportar transferencia de potencia inversa.

Las salidas primera y segunda del convertidor pueden configurarse de diferentes maneras. En una serie de realizaciones útiles, las salidas primera y segunda del convertidor son combinadas para formar un nodo de salida común que produce una única tensión de salida de CC del convertidor de potencia aislado de múltiples entradas. Un condensador o varios condensadores de salida pueden estar acoplados al nodo de salida común para suprimir las tensiones de rizado en la tensión de salida de CC producida por las formas de onda de tensión rectificadas respectivas en las salidas de los rectificadores primero y segundo. Según estas realizaciones, la tensión de salida de CC es producida por una combinación de contribuciones de tensión o de potencia desde los rectificadores primero y segundo. Una realización alternativa del convertidor de potencia aislado de múltiples entradas está configurada para producir tensiones de salida de CC primera y segunda, separadas, o tensiones de salida de CA primera y segunda separadas, en terminales de tensión de salida separados. El uso de tensiones de salida de CC separados era imposible en los convertidores de potencia de múltiples entradas de la técnica anterior basados en geometrías de núcleo de transformador tradicionales debido a los problemas de regulación cruzada causados por el acoplamiento entre la entrada y la salida de los devanados del transformador. Sin embargo, el desacoplamiento de los devanados de transformador de entrada primero y segundo, así como los devanados de transformador de salida primero y segundo permitido por el conjunto del transformador magnético integrado, hacen que las tensiones de salida de CC primera y segunda sean completamente independientes.

Por consiguiente, el mismo convertidor de potencia aislado puede ser adaptado fácilmente para ajustarse a una diversidad de diferentes aplicaciones de convertidor de potencia o inversor y, por lo tanto, para reducir el número de variantes requeridas de una topología de convertidor de potencia particular. Por lo tanto, el presente convertidor de potencia aislado es capaz de reducir los costes de montaje, los costes de componentes, los costos de almacenamiento, etc. La flexibilidad ofrecida por el presente convertidor de potencia de múltiples entradas es particularmente adecuada para la conversión de potencia en conexión con fuentes de energía limpia, tales como células fotovoltaicas, que frecuentemente generan una amplia gama de tensiones de entrada diferentes para los convertidores de potencia.

Finalmente, la persona con conocimientos en la materia comprenderá que el presente conjunto transformador magnético integrado puede ser integrado también en un gran número de otras topologías de convertidor de potencia aislado de CC-CC bien conocidas, tales como topologías "flyback", topologías directas ("forward"), topologías "push-pull", topologías SEPIC, topologías de rectificador doblador de corriente, etc.

35 Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones preferidas de la invención se describirán más detalladamente en conexión con los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1A es un dibujo esquemático de un convertidor de potencia de CC-CC elevador, aislado, de entrada doble, de la técnica anterior, que comprende dos convertidores completamente paralelos y una salida de convertidor común;

La Fig. 1B es un dibujo esquemático de un convertidor de potencia de CC-CC elevador, aislado, de entrada doble, de la técnica anterior, que comprende devanados secundarios conectados en serie acoplados a una única salida de convertidor,

La Fig. 2 es un dibujo esquemático de un conjunto transformador magnético integrado según una realización preferida de la invención,

La Fig. 3 es un dibujo esquemático de un convertidor de potencia de CC-CC elevador, aislado, de entrada doble, que comprende un conjunto transformador magnético integrado según la realización preferida indicada anteriormente del mismo,

La Fig. 4 muestra una pluralidad de gráficos que representan las formas de onda de entrada, de devanado y de salida respectivas del convertidor de CC-CC elevador, aislado, de entrada doble, para un desplazamiento de ángulo de fase de 90 grados entre las formas de onda de tensión de entrada primera y segunda;

La Fig. 5A es un dibujo esquemático de un primer tipo de convertidor de potencia de CC-CC reductor, aislado, de entrada doble, que comprende el conjunto transformador magnético integrado según la realización preferida

indicada anteriormente del mismo;

La Fig. 5B es un dibujo esquemático de un segundo tipo de convertidor de potencia de CC-CC reductor, aislado, de entrada doble, que comprende el conjunto transformador magnético integrado según la realización preferida indicada anteriormente del mismo,

5 La Fig. 6 es un dibujo esquemático de un convertidor de potencia de CC-CC, de topología DAB, de entrada doble, que comprende el conjunto transformador magnético integrado según las realizaciones preferidas indicadas anteriormente,

10 La Fig. 7 es un dibujo esquemático de un convertidor de potencia de CC-CC de topología LLC, aislado de entrada doble, que comprende el conjunto transformador magnético integrado según la realización preferida indicada anteriormente del mismo,

La Fig. 8 es un dibujo esquemático de un convertidor de potencia de CC-CC, de entrada doble, con una disposición de devanado desplazada lateralmente que comprende el conjunto transformador magnético integrado según la realización preferida indicada anteriormente del mismo;

15 La Fig. 9 es un dibujo esquemático de un convertidor de potencia de CC-CC, de entrada doble y de salida doble, que comprende un conjunto transformador magnético integrado según las realizaciones preferidas indicadas anteriormente del mismo,

La Fig. 10A muestra un intervalo de tensión de entrada para las fuentes de tensión de entrada de CC de un convertidor de potencia CC-CC elevador, de múltiples entradas, de la técnica anterior; y

20 La Fig. 10B muestra intervalos de tensión de entrada para las fuentes de tensión de entrada de CC primera y segunda del convertidor de alimentación CC-CC elevador, aislado, de múltiples entradas, representado en la Fig. 3 según una realización preferida de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

25 La Fig. 1A muestra un dibujo esquemático de un convertidor de potencia de CC-CC de entrada doble de la técnica anterior que comprende dos convertidores completamente paralelos y una salida de convertidor común. El convertidor de potencia comprende dos etapas de convertidor, construidas alrededor del transformador T1 y del transformador T2, respectivamente, y que operan completamente en paralelo con un condensador C de salida común. Los dos transformadores T1 y T2 están completamente separados. El devanado de inducción de entrada o devanado primario de T1 es accionado por un primer circuito de excitación de puente en H que comprende interruptores M1-M4 MOSFET mientras que el devanado de inducción de entrada de T2 es accionado por un segundo circuito de excitación de puente en H separado que comprende interruptores M5- M8 MOSFET.

30 Este convertidor de potencia de la técnica anterior posee una estructura o topología de tipo elevador con una salida de CC de salida común a través del condensador C de salida de manera que sólo se permite que una etapa de convertidor transfiera en cada momento energía desde cualquiera de las fuentes V₁ y V₂ de tensión de entrada de CC a la carga R_L. De lo contrario, la otra etapa del convertidor deja de funcionar debido a que el rectificador del puente en H de la otra etapa del convertidor es bloqueado si hay alguna diferencia de ciclo de trabajo, falta de sincronización de fase o diferencia de tensión de entrada entre las entradas de las dos etapas de convertidor. Aunque este problema puede ser solucionado con el control de la corriente de entrada, surgen problemas similares e incluso más difíciles en los convertidores de potencia de múltiples entradas, de topología de tipo reductor. Puede demostrarse que las funciones de transferencia de tensión entre la tensión V₀ de salida de CC a través del condensador C de salida y la primera tensión V₁ de entrada de CC y la segunda tensión V₂ de entrada de CC son respectivamente:

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{n_1}{2(1-D_1)} \quad \text{y} \quad \frac{V_0}{V_2} = \frac{n_1}{2(1-D_2)}$$

45 donde n1 es la relación de vueltas o espiras de cada uno de los transformadores T1 y T2, D₁ es un ciclo D de trabajo de una primera señal de excitación PWM aplicada por el primer circuito de excitación de puente en H al primer devanado de inducción de entrada o devanado primario P1; D₂ es un ciclo D de trabajo de una segunda señal de excitación PWM aplicada al segundo devanado de inducción de entrada o devanado primario P2 de T2.

Las dos funciones de transferencia de tensión CC son independientes y son tal que la tensión V₀ de salida CC del convertidor de potencia sólo está determinada por una única fuente de tensión de entrada y su correspondiente ciclo de trabajo.

La Fig. 1B es un dibujo esquemático de otro convertidor de potencia de CC-CC elevador, aislado, de entrada doble, de la técnica anterior que comprende dos etapas de convertidor completamente paralelas construidas alrededor del transformador T1 y del transformador T2, respectivamente, y una salida de convertidor común. Sin embargo, los devanados S1 y S2 secundarios del transformador T1 y T2 están dispuestos en serie y conectados a un único rectificador de onda completa compartido que comprende los diodos D1-D4. La salida del rectificador está acoplada a un único condensador C de salida. Esta topología de convertidor de potencia permite que las dos etapas del convertidor transfieran energía desde las fuentes V_1 y V_2 de entrada a la carga R_L dentro de un cierto intervalo de desplazamiento de fase entre las señales de excitación moduladas PWM a expensas de una corriente circulante no deseada y relativamente grande en el segundo circuito de excitación de entrada del puente en H (MOSFETs M5-M7) y el lado primario del transformador T2 cuando el transformador T1 está activo. La corriente circulante conduce a pérdidas de potencia sustanciales en este convertidor de potencia de CC-CC de la técnica anterior. La gama de convertidores de potencia aislados, de múltiples entradas, descritos a continuación según diversas realizaciones ejemplares de la presente invención está basada en un novedoso conjunto 200 transformador magnético integrado representado en la Fig. 2. La presente gama de convertidores de potencia aislados, de múltiples entradas, elimina las limitaciones operativas y las desventajas de los convertidores de potencia CC-CC elevadores, de entrada doble, de la técnica anterior, indicados anteriormente.

La Fig. 2 es un dibujo esquemático de un conjunto 200 transformador magnético integrado, o conjunto transformador discreto, según una realización preferida de la invención. El conjunto transformador magnético integrado comprende un primer núcleo 202 magnéticamente permeable y un segundo núcleo 210 magnéticamente permeable separado. El primer núcleo 202 magnéticamente permeable es un núcleo con forma de E que comprende una pata 203 central sustancialmente recta dispuesta entre un par de patas 207, 205 exteriores adyacentes. Las trayectorias Φ_1 de flujo magnético, paralelas y sustancialmente cerradas, primera y segunda, se extienden a través de la pata 203 central y las patas 207, 205 exteriores primera y segunda, respectivamente, cuando la corriente de entrada fluye a través de un primer devanado P1 de inducción de entrada. El segundo núcleo 210 magnéticamente permeable tiene también forma de E y puede tener sustancialmente las mismas dimensiones y propiedades magnéticas que el primer núcleo 202 magnéticamente permeable. El segundo núcleo 210 magnéticamente permeable comprende una pata 211 central sustancialmente recta dispuesta entre un par de patas 215, 213 exteriores adyacentes. Las trayectorias Φ_2 de flujo magnético, paralelas y sustancialmente cerradas, primera y segunda, se extienden a través de la pata 211 central y las patas 215, 213 externas primera y segunda, respectivamente, cuando la corriente de entrada fluye a través de un segundo devanado P2 de inducción de entrada. La persona con conocimientos en la materia apreciará que cada uno de los núcleos magnéticamente permeables primero y segundo puede poseer diversas formas distintas de la forma con forma de E de la presente realización (por ejemplo, una forma toroidal, una forma rectangular, etc.). Cada uno de los núcleos 202, 210 primero y segundo, respectivamente, comprende preferiblemente un material que posee alta permeabilidad magnética, tal como un material magnético blando, tal como ferrita o una aleación ferromagnética, tal como chapa de acero, acero al silicio, acero fundido, acero de tungsteno, acero magnético, hierro fundido, níquel, etc.

El primer devanado P1 de inducción de entrada está enrollado alrededor de un primer segmento predeterminado de la pata 203 central recta del primer núcleo magnéticamente permeable o primer núcleo 202 y un segundo devanado P2 de inducción de entrada está enrollado alrededor de un primer segmento predeterminado de la pata 211 centro común recta del segundo núcleo magnéticamente permeable o segundo núcleo 210. El conjunto 200 transformador magnético integrado comprende además un primer devanado de inducción de salida que comprende semi-devanados S1, S3 acoplados en serie primero y segundo, respectivamente. El primer semi-devanado S1 está enrollado alrededor de la pata 203 central del primer núcleo 202 y está dispuesto adyacente al primer devanado P1 de inducción de entrada. El segundo semi-devanado S3 está enrollado alrededor de la pata 211 central común del segundo núcleo 210 y está dispuesto adyacente al segundo devanado P2 de inducción de entrada. Un segundo devanado de inducción de salida del conjunto 200 transformador magnético integrado comprende semi-devanados S2, S4, primero y segundo, en serie o en cascada, respectivamente. El primer semi-devanado S2 está enrollado alrededor de la pata 203 central común del primer núcleo 202 y está dispuesto adyacente al primer devanado P1 de inducción de entrada. El segundo semi-devanado S4 está enrollado alrededor de la pata 211 central común del segundo núcleo 210 y está dispuesto de manera adyacente al segundo semi-devanado S3 del primer devanado de inducción de salida. De esta manera, se mantiene un buen acoplamiento magnético con una mínima fuga de flujo entre el primer devanado P1 de inducción de entrada, el primer semi-devanado S1 del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado S2 del segundo devanado de inducción de salida. De manera similar, se mantiene un buen acoplamiento magnético con una mínima fuga de flujo entre el segundo devanado P2 de inducción de entrada, el segundo semi-devanado S3 del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado S4 del segundo devanado de inducción de salida. Los cuatro semi-devanados S1, S2, S3 y S4 separados de los devanados de inducción de salida o secundarios primero y segundo tienen una conexión especial que conduce al desacoplamiento beneficioso descrito anteriormente de los dos devanados de inducción primario o de entrada P1, P2, tal como se explica detalladamente más adelante. El primer núcleo 202, junto con el primer devanado P1 de inducción de entrada, el primer semi-devanado S1 del

primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado S2 del segundo devanado de inducción de salida forman un primer transformador T1. De manera similar, el segundo núcleo 210 junto con el segundo devanado P2 de inducción de entrada, el segundo semi-devanado S3 del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado S4 del segundo devanado de inducción de salida forman un segundo transformador T2.

5 Las direcciones del flujo magnético que pasa por la pata 203 central y las patas 205, 207 exteriores del primer núcleo 202 están indicadas por las flechas de flujo respectivas en la línea discontinua que indica trayectorias $\Phi 1$ de flujo magnético cerradas. La dirección representada del flujo magnético a través de la pata 203 central se desprende de la bien conocida regla de la mano derecha para la corriente que fluye hacia la terminación A de devanado del primer devanado P1 de inducción de entrada y fuera de la terminación B de devanado. Cada uno de
10 entre el primer semi-devanado S1 de inducción de entrada del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado S2 del segundo devanado de inducción de salida está enrollado en la misma dirección que P1 alrededor de la pata 203 central común. Por consiguiente, el flujo de flujo magnético a través de la pata 203 central común a lo largo de las trayectorias $\Phi 1$ de flujo cerradas conduce a la generación de una corriente positiva en el semi-devanado S1 que se extiende desde la terminación E de devanado representada a la terminación F de devanado al final del semi-devanado S3 acoplado en serie. Esta dirección del flujo de corriente a través de los
15 semi-devanados S1 y S3 se indica mediante una flecha de corriente en el devanado. Aplicando una vez más la regla de la mano derecha a la dirección representada del flujo de corriente a través del semi-devanado S3 conduce a un flujo magnético resultante a través de la pata 211 central común del segundo núcleo 201 en la dirección indicada por las flechas de flujo sobre la línea grasa discontinua que indica las trayectorias $\Phi 2$ de flujo magnético cerradas. Esta es la misma dirección de flujo magnético que la que sería inducida por una corriente positiva que fluye a la terminación C de devanado y fuera de la terminación D de devanado del segundo devanado P2 de inducción de entrada.

Sin embargo, el segundo semi-devanado S4 del segundo devanado de inducción de salida tiene una orientación de conexión o de devanado inversa con relación al primer semi-devanado S2 conectado en serie, tal como se ilustra
25 en el dibujo, de manera que la corriente que fluye hacia la terminación G del devanado, a través de los semi-devanados S2 y S4 conectados en serie y fuera de la terminación H del devanado en S4 conduce a una dirección de corriente opuesta en S4 con relación a la dirección de corriente en S2. Esto se ilustra mediante la flecha I_{S2} de corriente dirigida en sentido contrario que indica la dirección del flujo de corriente en S2 e I_{S4} que indica la dirección del flujo de corriente en S4. Aplicando una vez más la regla de la mano derecha a la dirección indicada del flujo de corriente en S4, se obtiene la dirección representada del flujo magnético inducido a través de las trayectorias $\Phi 4$ de flujo cerradas discontinuas. Por consiguiente, el flujo magnético inducido por el flujo de corriente en el semi-devanado S4 a través de la pata 211 central común fluye en dirección opuesta al flujo magnético inducido por el
30 flujo de corriente en el semi-devanado S3 y el segundo devanado P2 de inducción de entrada a través de la pata 211 central común. Los mismos flujos $\Phi 4$ magnéticos dirigidos en dirección opuesta generados por el semi-devanado S4 se extienden a través de todas las trayectorias $\Phi 2$ de flujo cerradas. Esto conduce a una cancelación beneficiosa del flujo magnético en la pata 211 central común del segundo núcleo 210 y en la cancelación del flujo en las patas residuales del núcleo 210 también. La persona con conocimientos en la materia apreciará que la cancelación del flujo magnético en la pata 211 central común puede ser parcial o sustancialmente completa si los semi-devanados S3 y S4 son sustancialmente idénticos, es decir, si poseen el mismo número de devanados.

40 Para resumir la función de la disposición de devanado de inducción del conjunto 200 transformador magnético integrado, el segundo semi-devanado S3 del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado S4 del segundo devanado de inducción de salida están configurados u orientados para producir flujos magnéticos dirigidos en dirección contraria a través de las trayectorias $\Phi 4$ y $\Phi 2$ de flujo magnético cerradas del segundo núcleo 210. El primer semi-devanado S1 del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado S2 del segundo devanado de inducción de salida están configurados para producir flujos magnéticos alineados, es decir, en la misma dirección, a través de las primeras trayectorias $\Phi 1$ de flujo magnético sustancialmente
45 cerradas. En la presente realización, la cancelación del flujo magnético en la pata 211 central común del segundo núcleo 210 ha sido conseguida mediante la disposición de devanado inverso del segundo semi-devanado S4 que conduce a una inversión de la dirección del flujo magnético. Sin embargo, la persona con conocimientos en la materia entenderá que el segundo devanado de inducción de entrada puede estar dispuesto en la pata 211 central mientras que uno o ambos de los semi-devanados primero y segundo del devanado de inducción de salida pueden estar dispuestos en una de las patas externas en otras realizaciones de la invención. En una realización ejemplar, el segundo semi-devanado S4 es movido a la segunda pata 213 exterior mientras que los devanados de inducción residuales se mantienen tal como se ilustra en la Fig. 2. Sin embargo, el segundo semi-devanado S4 está ahora
50 dispuesto con la misma orientación de devanado que el primer semi-devanado S2, lo que conduce a la generación de flujo magnético dirigido de manera opuesta a través de las trayectorias $\Phi 4$ de flujo magnético cerradas por el segundo semi-devanado S4 con relación al flujo magnético generado por el segundo semi-devanado S3 a través de las trayectorias $\Phi 2$ de flujo magnético cerradas. Por lo tanto, la cancelación del flujo magnético es conseguida también mediante esta colocación y orientación alternativas del segundo semi-devanado S4 en el segundo núcleo

210.

La cancelación o supresión del flujo magnético a través de la pata 211 central común del segundo núcleo 210 conduce a una eliminación o al menos una supresión correspondiente de la tensión inducida en el segundo devanado P2 de inducción de entrada. Por consiguiente, la inducción de tensión en el segundo devanado P2 de inducción de entrada por el flujo de corriente de entrada a través del primer devanado P1 de inducción de entrada es eliminada parcial o totalmente, conduciendo al desacoplamiento altamente ventajoso indicado anteriormente de los devanados P1 y P2 de inducción de entrada del conjunto 200 transformador magnético integrado. Naturalmente, debido a la naturaleza recíproca de la acción y el conjunto de transformador, la inducción de tensión en el primer devanado P1 de inducción de entrada por el flujo de corriente de entrada a través del segundo devanado P2 de inducción de entrada es eliminada parcial o totalmente de una manera similar.

La Fig. 3 es un dibujo esquemático de un convertidor 300 de potencia elevador, de CC-CC, aislado, de entrada única y entrada doble, que comprende un conjunto 200 transformador magnético integrado según las realizaciones preferidas anteriormente descritas del mismo. El conjunto 200 transformador magnético integrado ha sido representado por su equivalente eléctrico de la estructura de transformador mecánica representada en la Fig. 2 anterior. Obsérvese que la convención de nomenclatura anterior de los diversos devanados de inducción de entrada y salida de los núcleos 202, 210 primero y segundo, respectivamente, se ha mantenido para facilitar la referencia cruzada. La relación de vueltas es 1:n tal como se indica en la figura, donde n puede tener un valor entre 0,1 a 100, tal como entre 2 y 16. La relación de vueltas se define como el número de devanados de inducción de entrada de cada uno de entre los devanados P1 y P2, primero y segundo, de inducción de entrada o del lado primario con relación al número total de devanados en los semi-devanados S1 y S3, o S2 y S4, primero y segundo acoplados en serie de los devanados de inducción de salida respectivos.

El convertidor 300 de potencia de CC-CC de potencia, aislado, de salida única y de entrada doble o convertidor 300 de potencia de CC-CC, comprende secciones o etapas primera y segunda de convertidor que funcionan independientemente. La primera sección de convertidor comprende un primer circuito de excitación de entrada, que comprende un puente en H M1-M4 basado en MOS-FET, acoplado eléctricamente al primer devanado P1 de inducción de entrada a través del par de terminaciones de devanado o terminales A, B. El lado de entrada del primer circuito de excitación de entrada está acoplado a un inductor L_1 elevador dispuesto en serie con una fuente de tensión de entrada o fuente V_1 de potencia representada esquemáticamente como una fuente de tensión ideal. El primer circuito de excitación de puente en H está configurado para suministrar una primera señal de excitación al primer devanado P1 de inducción de entrada, que comprende, por ejemplo, una primera señal de excitación modulada PWM. El convertidor 300 de potencia de CC-CC comprende además un segundo circuito de excitación de entrada, que comprende asimismo un segundo puente en H basado en MOS-FET que comprende M5-M8, acoplado eléctricamente al segundo devanado P2 de inducción de entrada a través del par de terminaciones de devanado o terminales C, D. La entrada del segundo circuito de excitación de entrada está acoplada a un segundo inductor L_2 elevador dispuesto en serie con la segunda fuente de tensión o fuente V_2 de potencia de entrada representada esquemáticamente como una fuente de tensión ideal. El segundo puente en H está configurado para suministrar una segunda señal de excitación al segundo devanado P2 de inducción de entrada, que comprende, por ejemplo, una segunda señal de excitación modulada PWM. El ciclo D de trabajo de cada una de entre las señales primera y segunda de excitación moduladas con PWM puede ser ajustado de manera selectiva para controlar una tensión V_0 de salida de CC rectificadas de maneras convencionales, tal como a través de un bucle de control de realimentación.

La tensión de CC de la fuente V_1 de tensión de entrada puede variar considerablemente dependiendo de su tipo y SUS características específicas. La tensión de CC puede tener, por ejemplo, un valor comprendido entre 5 V y 100 V y lo mismo se aplica para la tensión de CC de la segunda fuente V_2 de tensión de entrada.

Las terminaciones E, F del primer devanado de inducción de salida, que comprende los semi-devanados S1, S3 primero y segundo, acoplados en serie, respectivamente, están acopladas eléctricamente a un primer rectificador de salida de puente completo construido alrededor de los diodos D1-D4 semiconductores. Por lo tanto, la tensión y la potencia de entrada suministradas por la primera etapa de convertidor alrededor del núcleo 202 es transferida a la tensión V_0 de salida de CC rectificadas aplicada por una salida del primer rectificador de salida de puente completo a través del condensador C de salida y la resistencia R_L de carga paralela. Además, las terminaciones G, H del segundo devanado de inducción de salida, que comprenden semi-devanados S2, S4 primero y segundo, acoplados en serie, respectivamente, están acopladas eléctricamente a un segundo rectificador de salida de puente completo construido alrededor de los diodos D5-D8 semiconductores. La salida del segundo rectificador de salida de puente completo es acoplada a la salida del primer rectificador de puente completo en paralelo. Por lo tanto, la tensión y la potencia de entrada suministradas por la segunda etapa del convertidor alrededor del núcleo 210 es transferida a una tensión V_0 de salida de CC rectificadas a través del condensador C de salida y la resistencia R_L de carga paralela. Sin embargo, el desacoplamiento indicado anteriormente de los dos devanados P1, P2 de inducción primario o de entrada proporcionados por el presente conjunto 200 transformador magnético

integrado elimina los efectos de acoplamiento de potencia y las corrientes circulantes descritas anteriormente en conexión con los convertidores CC-CC de la técnica anterior representados en las Figs. 1A y 1B. El mecanismo de desacoplamiento se ilustra esquemáticamente mediante la dirección contraria indicada del flujo de corriente en el segundo semi-devanado S4 del segundo devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado S3 del primer devanado de inducción de salida. Al realizar un seguimiento de la dirección del flujo de corriente a través de los semi-devanados S1 y S3 acoplados en serie, tal como se indica mediante la flecha i_{TS1} de corriente, y el flujo de corriente a través de los semi-devanados S2 y S4 acoplados en serie, tal como se indica mediante la flecha i_{TS2} de corriente, es evidente que la corriente fluye en dirección opuestas a través de los semi-devanados S3 y S4. Estos semi-devanados están dispuestos alrededor de la pata 211 central común del mismo núcleo 210, tal como se representa en la Fig. 2. Por lo tanto, los flujos magnéticos inducidos por estas corrientes de devanado están dirigidos de manera opuesta y se cancelan a través de la pata central común, tal como se ha explicado anteriormente. Por consiguiente, se elimina el voltaje reflejado al devanado P2 de inducción de entrada del segundo núcleo 210 por el flujo magnético resultante generado por las corrientes que fluyen en los semi-devanados S3 y S4 en el lado secundario o de salida del segundo núcleo 210, de manera que se elimina la generación descrita anteriormente de corrientes circulantes alrededor del devanado P2 de inducción de entrada y su circuito de excitación de entrada asociado.

La función de transferencia de tensión entre la tensión V_0 de salida de CC a través del condensador C de salida y la primera tensión V_1 de entrada de CC y la segunda tensión V_2 de entrada de CC tiene una función de transferencia común que puede demostrarse que es:

$$\frac{V_0}{n_1 V_1 + n_2 V_2} = \frac{1}{2(1-D)}$$

donde n_1 es la relación de vueltas del primer núcleo 202 y n_2 es la relación de vueltas del segundo núcleo 210; D es un ciclo D de trabajo de señales de excitación de entrada PWM idénticas aplicadas por cada uno de los circuitos de excitación de entrada de puente en H al devanado P1 o P2 de inducción de entrada correspondiente; Por lo tanto, existe una función de transferencia de tensión común tal que la tensión V_0 de salida de CC viene determinada por una combinación ponderada de las dos tensiones V_1 y V_2 de entrada de CC. Si las dos tensiones de entrada de CC son iguales, el presente convertidor 300 de potencia tiene la misma función de transferencia de tensión que el convertidor de potencia de tipo elevador de la técnica anterior representado en la Fig. 1 A y descrito anteriormente.

Cuando las relaciones de vueltas de los núcleos 202, 210 primero y segundo son idénticas, esta función de transferencia de tensión se reduce a:

$$\frac{V_0}{V_1 + V_2} = \frac{n_2}{2(1-D)}$$

Esta función de transferencia de tensión es válida para una diferencia o desplazamiento de fase cero nula entre las señales de excitación PWM aplicadas a los devanados P1 y P2 de inducción de entrada primero y segundo. La función de transferencia de tensión del presente convertidor 300 de potencia de CC-CC conduce a un intervalo de tensiones de entrada muy amplio y un amplio intervalo de tensiones de salida, de manera que puedan satisfacerse restricciones variables específicas de aplicación relacionadas con la tensión de entrada de CC y las tensiones de salida de CC mínimas y máximas. Además, hay disponibles varios parámetros de diseño del transformador, especialmente las relaciones de vueltas n_1 y n_2 , para el diseñador del convertidor de potencia. Por lo tanto, el diseñador del convertidor de potencia dispone de una flexibilidad considerable para personalizar las métricas de rendimiento del convertidor de potencia, incluyendo los intervalos de tensión de entrada y salida, permitiendo que un diseño de convertidor de potencia específico funcione eficientemente en una amplia gama de aplicaciones.

Otra ventaja distintiva del presente convertidor 300 de potencia de CC-CC es que la tensión V_0 de salida de CC puede ser ajustada mediante el control de la diferencia de fase (entrelazado) entre las señales de excitación de PWM aplicadas a los devanados P1 y P2 primero y segundo de inducción de entrada. Esto proporciona una ventaja de flexibilidad distintiva en conexión con el diseño del esquema de control y los dispositivos para el control de la tensión de salida CC. Si el ciclo de trabajo se mantiene constante y el control del desplazamiento de fase se aprovecha para regular la tensión V_0 de salida de CC, la tensión de salida de CC máxima se consigue cuando el desplazamiento de fase es de 0° o 180° . La tensión V_0 de salida de CC mínima se consigue cuando el desfase es de 90° .

Para ilustrar las propiedades ventajosas del presente convertidor 300 de potencia de CC-CC puede considerarse la siguiente comparación con el convertidor de potencia de la técnica anterior de la Fig. 1A, descrito anteriormente. Las dos fuentes de tensión de entrada de CC son ambas fuentes PV (fotovoltaicas). Con el fin de extraer la

máxima potencia o energía de los paneles PV, típicamente, se requiere un control de seguimiento de punto de potencia máxima (Maximum Power Point Tracking, MPPT) individual para cada panel fotovoltaico. La salida del convertidor de potencia está conectada a un bus de CC constante a una tensión de CC deseada, por ejemplo 150 V. Para el convertidor de potencia de CC-CC elevador de la técnica anterior de la Fig. 1A, el intervalo de tensiones de entrada para cada una de las fuentes V_1 y V_2 de tensión de entrada de CC se muestra en el gráfico 1000 de la Fig. 10A. Ninguna de las tensiones de entrada de CC primera y segunda puede caer por debajo del límite inferior indicado en 11,3 V, tal como se indica en el eje x del gráfico 1000. Por debajo de este límite de tensión inferior, este convertidor de potencia de CC-CC elevador de la técnica anterior funcionará a un ciclo D de trabajo excesivamente alto, lo que conduce al deterioro del rendimiento del convertidor en términos de eficiencia de conversión, rendimiento del circuito de excitación de puerta, etc. En el presente ejemplo, el ciclo D de trabajo máximo permitido es ajustado a un valor ejemplar del 85%. Aplicando la misma limitación o restricción de ciclo de trabajo al presente convertidor 300 de potencia de CC-CC teniendo en cuenta la función de transferencia de tensión de CC indicada anteriormente, es evidente que se ha relajado la restricción de tensiones de entrada de CC más baja (11.3 V). De esta manera, permitiendo una flexibilidad considerablemente añadida en cuanto a los intervalos de tensiones aceptables de las fuentes de tensión de entrada de CC primera y segunda. El plano 1011 horizontal de puntos ilustra las tensiones límites inferiores de las fuentes de tensión de entrada de CC primera y segunda bajo la restricción de ciclo D de trabajo descrita anteriormente del 85% o de 0,85. Para esta restricción, las tensiones límite inferiores pueden ser, por ejemplo, $V_1 = 5$ V y $V_2 = 17,5$ V o $V_1 = V_2 = 11,3$ V. La superficie 1013 del gráfico 1010 de la Fig. 10B representa la relación 3D entre el ciclo de trabajo D común de las señales de excitación PWM (eje vertical) y las tensiones V_1 y V_2 de CC (eje x y eje y) proporcionadas por las fuentes de tensión de entrada de CC primera y segunda, respectivamente, para una tensión de salida de CC fija de 150 V. Por lo tanto, es obvio que el presente convertidor 300 de potencia de CC-CC es adecuado para una diversidad de fuentes de alimentación, por ejemplo, un par de paneles solares que pueden estar expuestos a diferentes condiciones ambientales al mismo tiempo (por ejemplo: un panel solar está oculto por la sombra de un árbol o un edificio mientras que el otro panel solar está expuesto a la luz solar directa, o un panel solar está orientado al este mientras que el otro panel solar está orientado al oeste. Estas características de fuente de energía con tensiones de entrada diferentes entre varias fuentes de tensión/energía de entrada y nivel de tensión variable con el tiempo se encuentran frecuentemente en aplicaciones de energía renovable. Por lo tanto, el presente convertidor 300 de potencia de CC-CC está particularmente bien adaptado para constituir una interfaz eficaz para estos tipos de fuentes de energía de entrada debido al amplio intervalo de tensiones de entrada y al amplio intervalo de tensiones de salida del convertidor 300.

La Fig. 4 muestra una pluralidad de gráficos 405-450 que representan las formas de onda de tensión de entrada, de devanado y de salida respectivas del convertidor 300 de CC-CC elevador, aislado, de entrada doble, de la Fig. 3. Las fases 1-4 de las formas de onda de corriente y de tensión están indicadas en la parte más inferior del gráfico por medio de las líneas de puntos verticales y los símbolos t_0 , t_1 , t_2 , t_3 , t_4 de tiempo correspondientes. Las formas de onda de tensión y de corriente representadas representan un desplazamiento de ángulo de fase de 90 grados entre las señales de excitación PWM primera y segunda a los devanados P1 y P2 de inducción de entrada primero y segundo, respectivamente. Por lo tanto, las etapas de convertidor primera y segunda, alrededor de los transformadores T1 y T2, respectivamente, del convertidor 300 de CC-CC elevador, de entrada doble, funcionan con un desplazamiento de fase de 90 grados.

Los gráficos 405, 410 superiores muestran las formas de onda PWM respectivas de las señales $S_{1,2}$ y $S_{3,4}$ de excitación de conmutador MOSFET de los interruptores M1-M4 MOSFET del primer circuito de excitación de entrada en puente en H. Los gráficos 415 y 420 siguientes muestran las formas de onda PWM respectivas de las señales $S_{5,6}$ y $S_{7,8}$ de excitación de conmutador MOSFET de los interruptores M5-M8 MOSFET del segundo circuito de excitación de entrada en puente en H.

El gráfico 425 muestra la forma de onda de la primera señal $V_{A,B}$ de excitación PWM que se aplica al primer devanado P1 de inducción de entrada o del lado primario. Esta forma de onda tiene un periodo T de tiempo y un ciclo de trabajo de conmutación del 75%. Tal como se indica, el gráfico 430 muestra la forma de onda con un desplazamiento de fase de 90 grados de la segunda señal $V_{C,D}$ de excitación PWM aplicada al segundo devanado P2 de inducción de entrada o de lado primario. Esta señal tiene el mismo periodo T de tiempo y el mismo ciclo de trabajo de conmutación de aproximadamente el 75% que la primera señal de excitación.

Los gráficos 435, 440 muestran la forma de onda de corriente correspondiente respectiva de las corrientes de devanado en P1 y P2. Es evidente que cada uno de los inductores L_1 y L_1 elevadores, primero y segundo, se cargan en las fases 2 y 4 y se descargan a sus devanados P1, P2 de inducción laterales respectivos en las fases 1 y 3, aunque con polaridad invertida.

El gráfico 445 representa la forma V_{EF} de onda de tensión inducida a través de las terminaciones E, F del primer devanado de inducción de salida, que comprenden semi-devanados S1, S3 primero y segundo acoplados en serie, respectivamente. El gráfico 450 representa la forma V_{GH} de onda de tensión inducida a través de las terminaciones

G, H del segundo devanado de inducción de salida, que comprende los semi-devanados S2, S4 primero y segundo, acoplados en serie, respectivamente. El desplazamiento de fase de 90 grados entre las señales de excitación de entrada PWM primera y segunda se refleja claramente en las formas V_{EF} y V_{GH} de onda de tensión de los devanados de transformador secundario o de salida.

5 La Fig. 5A es un dibujo esquemático de un convertidor 500 de potencia de CC, reductor, de entrada única y de entrada doble, que comprende un conjunto 200 transformador magnético integrado según las realizaciones preferidas descritas anteriormente del mismo. La aplicación del conjunto 200 transformador magnético integrado en el presente convertidor de potencia de CC-CC reductor proporciona una posibilidad única para compartir el inductor L_1 de salida o reductor y el condensador C de salida. Por lo tanto, el convertidor de potencia de CC-CC reductor consigue una importante reducción del número de componentes externos en comparación con los convertidores de potencia de CC-CC de tipo reductor de entrada doble de la técnica anterior.

10 La Fig. 5B es un dibujo esquemático de otra realización de un convertidor 550 de potencia de CC-CC, aislado, de salida única y de entrada doble, que comprende un conjunto 200 transformador magnético integrado según las realizaciones preferidas descritas anteriormente del mismo. En contraste con el primer convertidor 500 reductor descrito anteriormente, la presente realización comprende inductores L1 y L2 de salida/reductores, separados, primero y segundo, acoplados entre los respectivos de entre las salidas de rectificador primera y segunda y la salida de CC común del convertidor 550 de potencia de CC-CC.

15 La Fig. 6 es un dibujo esquemático de un convertidor 600 de potencia de CC-CC con topología de puente activo dual (Dual Active Bridge, DAB), de entrada doble, que comprende un conjunto 200 transformador magnético integrado según las realizaciones preferidas descritas anteriormente del mismo. Un primer rectificador de onda completa activo está formado alrededor de los MOS-FETs S1-S4 y un segundo rectificador de onda completa activo está formado alrededor de los MOS-FETs S5-S8.

20 La Fig. 7 es un dibujo esquemático de un convertidor 700 de potencia de CC-CC con topología de dos inductores aislados de entrada doble (L_{11} y L_{12}) y condensadores (C_1 y C_2) (LLC) que comprende el conjunto 200 transformador magnético integrado según las realizaciones preferidas indicadas anteriormente del mismo.

25 La Fig. 8 es un dibujo esquemático de un convertidor 800 de potencia de CC-CC, elevador, de entrada doble, con devanados desplazados lateralmente que comprenden el conjunto 200 transformador magnético integrado según la realización preferida indicada anteriormente del mismo. En esta realización de la invención, las terminaciones de los semi-devanados S1 y S3 acoplados en serie, primero y segundo, del primer devanado de inducción de salida están acopladas al lado de entrada del convertidor de potencia de CC-CC, más específicamente a las salidas complementarias del primer circuito de excitación de puente en H de entrada. De manera similar, las terminaciones de los semi-devanados S2 y S4 acoplados en serie, primero y segundo, del segundo devanado de inducción de salida están acopladas también al lado de entrada del convertidor de potencia de CC-CC (más específicamente, a las salidas complementarias del segundo circuito de excitación de puente en H). Por lo tanto, las referencias alfanuméricas de estos semi-devanados se han cambiado de "S" a "P". Los devanados P1 y P2 de inducción del lado de entrada o primarios primer y segundo están ahora dispuestos en el lado de salida del convertidor 800 de potencia de CC-CC (más específicamente, acoplados a los rectificadores de puente completo primero y segundo, respectivos. Por lo tanto, las referencias alfanuméricas de estos devanados de inducción de entrada se han cambiado de 'P' a 'S'. La persona con conocimientos en la materia entenderá que el presente convertidor 800 de potencia de CC-CC, elevador, de entrada doble, puede poseer sustancialmente las mismas características de convertidor de potencia que la realización 300 anterior de convertidor de potencia de CC-CC, elevador, de entrada doble, de la Fig. 3, simplemente invirtiendo la relación n de espiras de cada uno de los transformadores T1 y T2 del conjunto 200 transformador magnético integrado. Por lo tanto, la persona con conocimientos en la materia apreciará que las designaciones "entrada" de los devanados P1 y P2 de inducción de entrada primero y segundo y el término "salida" de los devanados de inducción de salida primero y segundo son todas arbitrarias y pueden intercambiarse dependiendo de cómo está acoplado el conjunto 200 transformador magnético en un diseño de convertidor de potencia de CC-CC específico.

30 La Fig. 9 es un dibujo esquemático de un convertidor 900 de potencia de CC-CC elevador aislado de entrada doble y doble salida que comprende un conjunto 200 transformador magnético integrado según las realizaciones preferidas indicadas anteriormente del mismo. El presente convertidor 900 de potencia de CC-CC comprende dos tensiones V_{01} y V_{02} de salida de convertidor CC separadas proporcionadas a través de dos condensadores C_1 y C_2 de salida separados. El convertidor 300 de potencia de CC-CC elevador aislado descrito anteriormente está configurado para producir una única salida de convertidor que tiene una tensión de salida de CC común. Sin embargo, el conjunto 200 transformador magnético integrado de la invención puede ser usado también en topologías de convertidor de potencia de múltiples entradas y de salida doble. La primera tensión V_{01} de salida de CC es generada por un primer rectificador de onda completa que comprende diodos D1-D4 que tienen entradas respectivas acopladas a las terminaciones E, F de devanado del primer semi-devanado S1 y del segundo semi-

devanado S3 del primer devanado de inducción de salida. La segunda tensión V_{02} de salida de CC es generada por un segundo rectificador de onda completa que comprende diodos D5-D8 que tienen las entradas respectivas acopladas a las terminaciones G, H de devanado del primer semi-devanado S2 y el segundo semi-devanado S4 del segundo devanado de inducción de salida. En los convertidores de potencia de CC-CC de salidas múltiples tradicionales o de la técnica anterior, el problema de regulación cruzada asociado con las salidas del convertidor dificulta el control o la regulación de la tensión de salida. Si una de las salidas del convertidor está muy cargada o ligeramente cargada, el convertidor de potencia de CC-CC puede dejar de funcionar. Sin embargo, el presente convertidor 900 de potencia de CC-CC elevador de entrada doble y doble salida hace que las dos tensiones V_{01} y V_{02} de salida de CC de convertidor separadas sean completamente independientes. Las tensiones V_{01} y V_{02} de salida de CC están desacopladas incluso cuando se usan múltiples devanados de transformador en los transformadores T1 y T2 primero y segundo. Otra ventaja es que las cargas de convertidor respectivas, ilustradas esquemáticamente por las resistencias R_{L1} y R_{L2} de carga primera y segunda son capaces de compartir la energía total suministrada por las fuentes V_1 y V_2 de tensión o energía de entrada. La distribución de la potencia de salida entre las resistencias R_{L1} y R_{L2} de carga primera y segunda en las salidas de convertidor primera y segunda puede ser controlada desplazando la fase (entrelazamiento) de las señales de excitación PWM descritas anteriormente aplicadas a los devanados P1 y P2 de inducción de entrada primero y segundo, respectivamente, de los transformadores T1 y T2 primero y segundo. Por ejemplo, cuando el desplazamiento de fase entre las señales de excitación de entrada PWM es cero, la potencia de salida completa es suministrada a la primera resistencia R_{L1} de carga, mientras que se suministra una potencia de salida nula a la segunda resistencia R_{L2} de carga. Si el desfase entre las señales de excitación PWM es ajustado a 90 grados, la potencia de salida es dividida por igual entre la primera resistencia R_{L1} de carga y la segunda resistencia R_{L2} de carga. Si el desfase entre las señales de excitación de entrada PWM se ajusta a 180 grados, la potencia de salida completa es suministrada a la segunda resistencia R_{L2} de carga mientras que se suministra una potencia de salida nula a la primera resistencia R_{L1} de carga. Cualquier otra distribución de potencia deseada entre las cargas primera y segunda del convertidor puede ser obtenida mediante un ajuste apropiado del desplazamiento de fase entre las señales de excitación de entrada PWM.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto (200) transformador magnético integrado que comprende:

- un primer núcleo (202) magnéticamente permeable que forma una primera trayectoria ($\Phi 1$) de flujo magnético sustancialmente cerrada,
- 5 – un segundo núcleo (210) magnéticamente permeable que forma una segunda trayectoria ($\Phi 2$) de flujo magnético sustancialmente cerrada,
- un primer devanado (P1) de inducción de entrada enrollado alrededor de un primer segmento (203) predeterminado del primer núcleo (202) magnéticamente permeable y un segundo devanado (P2) de inducción de entrada enrollado alrededor de un primer segmento (211) predeterminado del segundo núcleo (210) magnéticamente permeable,
- 10 – un primer devanado de inducción de salida que comprende semi-devanados (S1, S3) primero y segundo acoplados en serie, en el que el primer semi-devanado (S1) está enrollado alrededor de un segundo segmento predeterminado del primer núcleo (202) magnéticamente permeable y el segundo semi-devanado (S3) está enrollado alrededor de un segundo segmento predeterminado del segundo núcleo (210) magnéticamente permeable,
- 15 – un segundo devanado de inducción de salida que comprende semi-devanados (S2, S4) primero y segundo acoplados en serie, en los que el primer semi-devanado (S2) está enrollado alrededor de un tercer segmento predeterminado del primer núcleo (202) magnéticamente permeable y el segundo semi-devanado (S4) está enrollado alrededor de un tercer segmento predeterminado del segundo núcleo (210) magnéticamente permeable;
- 20

en el que el primer núcleo (202) junto con el primer devanado (P1) de inducción de entrada, el primer semi-devanado (S1) del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado (S2) del segundo devanado de inducción de salida forman el primer transformador (T1), y el segundo núcleo (210) junto con el segundo devanado (P2) de inducción de entrada, el segundo semi-devanado (S3) del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado (S4) del segundo devanado de inducción de salida forman el segundo transformador (T2);

en el que el segundo semi-devanado (S3) del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado (S4) del segundo devanado de inducción de salida están configurados para producir flujos magnéticos dirigidos en dirección opuesta a través de la segunda trayectoria ($\Phi 2$) de flujo magnético sustancialmente cerrada; y

el primer semi-devanado (S1) del primer devanado de inducción de salida y el primer devanado (S2) del segundo devanado de inducción de salida están configurados para producir flujos magnéticos alineados a través de la primera trayectoria ($\Phi 1$) de flujo magnético sustancialmente cerrada.

2. Conjunto (200) de transformador magnético integrado según la reivindicación 1, en el que el primer semi-devanado (S1) del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado (S2) del segundo devanado de inducción de salida están enrollados alrededor de una pata (203) recta común del primer núcleo (202) magnéticamente permeable; y el segundo semi-devanado (S3) del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están enrollados alrededor de una pata (211) recta común del segundo núcleo (210) magnéticamente permeable; en el que el primer semi-devanado (S1) del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado (S2) del segundo devanado de inducción de salida están conectados en la misma dirección y el segundo semi-devanado (S3) del primer devanado (S4) de inducción de salida del segundo devanado de inducción de salida están conectados en dirección contraria.

3. Conjunto (200) transformador magnético integrado según la reivindicación 2, en el que el primer devanado (P1) de inducción de entrada está enrollado alrededor de la pata (203) recta común del primer núcleo (202) magnéticamente permeable; y

el segundo devanado de inducción de entrada está enrollado alrededor de la pata (211) recta común del segundo núcleo (210) magnéticamente permeable.

4. Conjunto (200) transformador magnético integrado según la reivindicación 3, en el que:

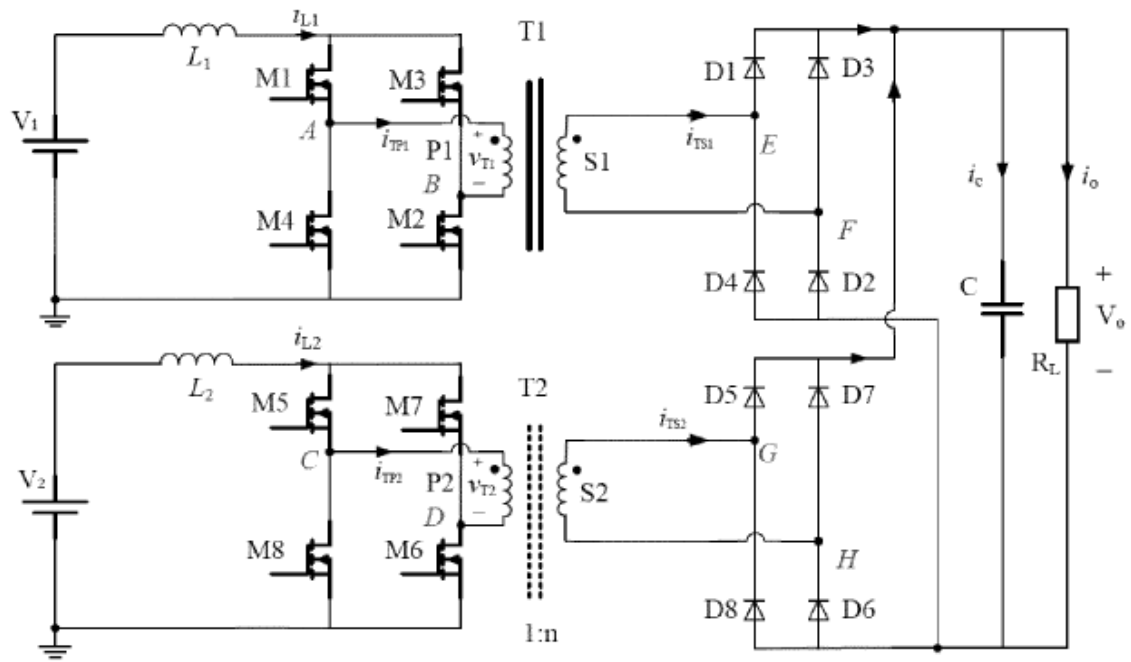
- el primer devanado (P1) de inducción de entrada, el primer semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están dispuestos adyacentes en la pata (203) recta común del primer núcleo (202) magnéticamente permeable;

y

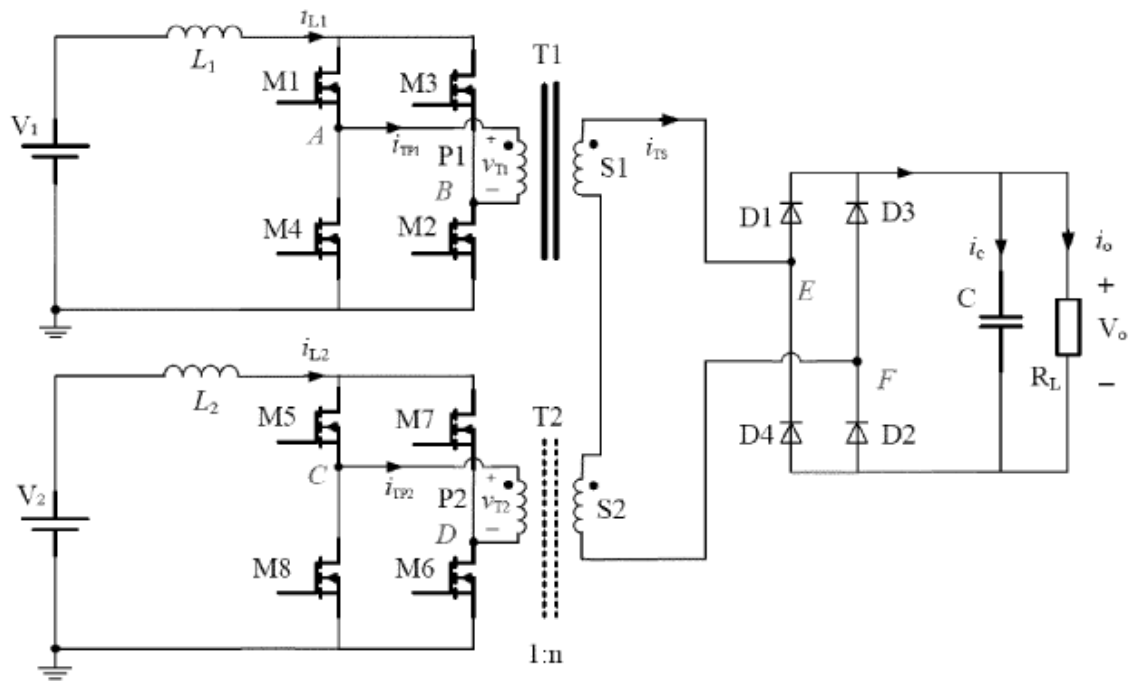
- 5 – el segundo devanado (P2) de inducción de entrada, el segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida están dispuestos adyacentes en la pata (211) recta común del segundo núcleo (210) magnéticamente permeable.
5. Conjunto (200) transformador magnético integrado según cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en el que:
- 10 – el primer núcleo (202) magnéticamente permeable comprende una primera parte de núcleo sustancialmente rectangular formada mediante el acoplamiento mecánico de tres patas (203, 205, 207) sustancialmente rectas y la pata recta común; y
 - el segundo núcleo (210) magnéticamente permeable comprende una segunda parte de núcleo sustancialmente rectangular formada mediante el acoplamiento mecánico de tres patas (211, 213, 215) sustancialmente rectas y la pata recta común.
6. Conjunto (200) transformador magnético integrado según la reivindicación 5, que comprende núcleos (202, 210) magnéticamente permeables, primero y segundo, con forma de E, en el que cada uno comprende la pata (203, 211) común dispuesta entre un par de patas (205, 207, 213, 215) exteriores adyacentes.
7. Conjunto (200) de transformador magnético integrado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un miembro de sujeción fijado a los núcleos (202, 210) magnéticamente permeables primero y segundo para fijar éstos en una relación espacial predeterminada.
- 20 8. Conjunto (200) transformador magnético integrado según la reivindicación 7, en el que el miembro de sujeción comprende una placa de circuito impreso.
9. Conjunto (200) transformador magnético integrado según las reivindicaciones 4 y 8, que comprende una placa de circuito impreso multicapa que tiene una primera abertura pasante y una segunda abertura pasante;
- 25 la pata (203) recta común del primer núcleo (202) magnéticamente permeable sobresale a través de la primera abertura pasante y la pata (211) recta común del segundo núcleo (210) magnéticamente permeable sobresale a través de la segunda abertura pasante; y
- un primer patrón de cableado de placa dispuesto alrededor de la primera abertura pasante y que comprende al menos uno de entre el primer devanado (P1) de inducción de entrada, el primer semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el primer semi-devanado (S2) del segundo devanado de inducción de salida; y
- 30 un segundo patrón de cableado de placa dispuesto alrededor de la segunda abertura pasante y que comprende al menos uno de entre el segundo devanado (P2) de inducción de entrada, el segundo semi-devanado del primer devanado de inducción de salida y el segundo semi-devanado del segundo devanado de inducción de salida.
10. Conjunto (200) transformador magnético integrado según cualquiera de las reivindicaciones 7-9, en el que los núcleos (202, 210) magnéticamente permeables primero y segundo están separados por una distancia de al menos 6 mm por el miembro de sujeción.
- 35 11. Conjunto (200) transformador magnético integrado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el semi-devanados primero y segundo del primer devanado (P1) de inducción de salida comprenden el mismo número de vueltas y los semi-devanados primero y segundo del segundo devanado (P2) de inducción de salida comprende el mismo número de vueltas.
- 40 12. Convertidor (300, 500, 600, 700, 800, 900) de potencia aislado de múltiples entradas que comprende un conjunto (200) de transformador magnético integrado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores; y:
- un primer terminal de entrada conectable a una primera tensión (V_1) de entrada de CC o de CA,
 - un primer circuito de excitación de entrada acoplado operativamente a la primera tensión de entrada de CC o de CA y al primer devanado (P1) de inducción de entrada para suministrar una primera señal de excitación al mismo,
 - 45 – un segundo terminal de entrada conectable a la primera tensión (V_1) de entrada de CC o de CA o una segunda tensión (V_2) de entrada de CC o de CA,
 - un segundo circuito de excitación de entrada acoplado operativamente a la tensión de entrada de CC o de CA primera o segunda y al segundo devanado (P2) de inducción de entrada para suministrar una segunda

señal de excitación al mismo,

- un primer rectificador o un primer elemento inversor acoplados operativamente entre una primera salida de convertidor y un par de terminaciones de devanado de los semi-devanados (S1, S3) primero y segundo acoplados en serie del primer devanado de inducción de salida;
- 5
- un segundo rectificador o un segundo elemento inversor acoplados operativamente entre una segunda salida de convertidor y un par de terminaciones de devanado de los semi-devanados (S2, S4) primero y segundo conectados en serie del segundo devanado de inducción de salida.
13. Convertidor (300, 500, 600, 700, 800, 900) de potencia aislado de múltiples entradas que comprende un conjunto transformador magnético integrado según cualquiera de las reivindicaciones 1-11 y:
- 10
- un primer terminal de entrada conectable a una primera tensión (V₁) de entrada de CC o de CA,
 - un primer circuito de excitación de entrada acoplado operativamente a la primera tensión de CC o de CA y un par de terminaciones de devanado de los semi-devanados (S1, S3) primero y segundo acoplados en serie del primer devanado de inducción de salida para suministrar una primera señal de excitación al mismo,
- 15
- un segundo terminal de entrada conectable a la primera tensión de entrada de CC o de CA o una segunda tensión (V₂) de entrada de CC o de CA,
 - un segundo circuito de excitación de entrada acoplado operativamente a la tensión de entrada de CC o de CA primera o segunda y un par de terminaciones de devanado de los semi-devanados (S2, S4) primero y segundo conectados en serie del segundo devanado de inducción de salida para suministrar una segunda señal de excitación al mismo,
- 20
- un primer rectificador o un primer elemento inversor acoplados operativamente entre una primera salida de convertidor y un par de terminaciones de devanado del primer devanado (P1) de inducción de entrada,
 - un segundo rectificador o un segundo elemento inversor acoplados operativamente entre una segunda salida de convertidor y un par de terminaciones de devanado del segundo devanado (P2) de inducción de entrada.
- 25
14. Convertidor (300, 500, 600, 700, 800, 900) de potencia aislado de múltiples entradas según la reivindicación 12 o 13, en el que la primera salida de convertidor y la segunda salida de convertidor están acopladas a terminales de tensión de salida separados del convertidor para suministrar tensiones de salida de CA primera y segunda separadas o tensiones de salida de CC primera y segunda separadas.
- 30
15. Convertidor de (300, 500, 600, 700, 800, 900) potencia aislado de múltiples entradas según cualquiera de las reivindicaciones 12-14, que comprende un convertidor elevador, en el que dicho convertidor elevador comprende:
- un primer inductor (L₁) elevador acoplado entre la primera tensión de entrada de CC o de CA y el primer circuito de excitación de entrada,
 - un segundo inductor (L₂) elevador acoplado entre la segunda tensión de entrada de CC o de CA y el segundo circuito de excitación de entrada.
- 35



A)



B)

FIG. 1

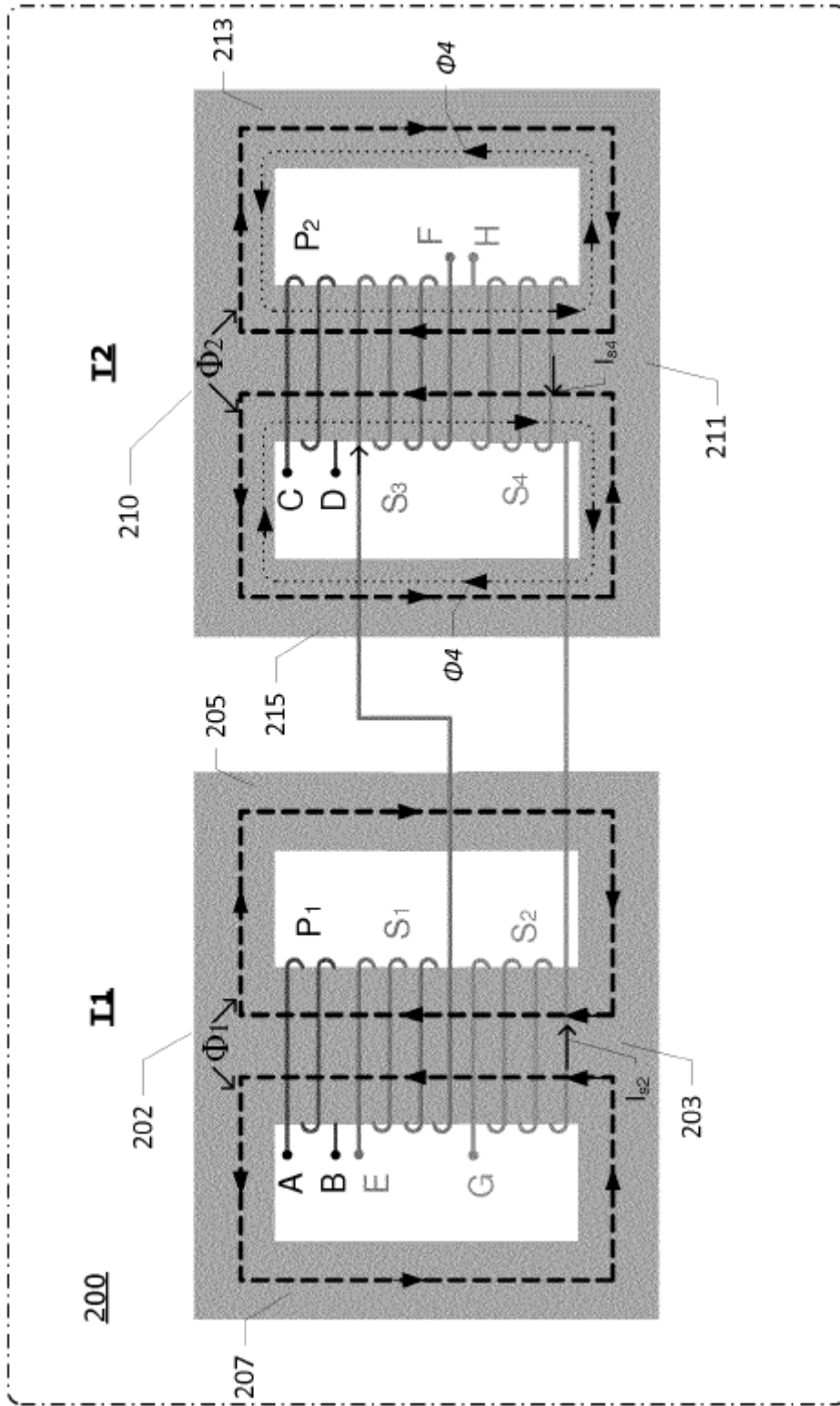


FIG. 2

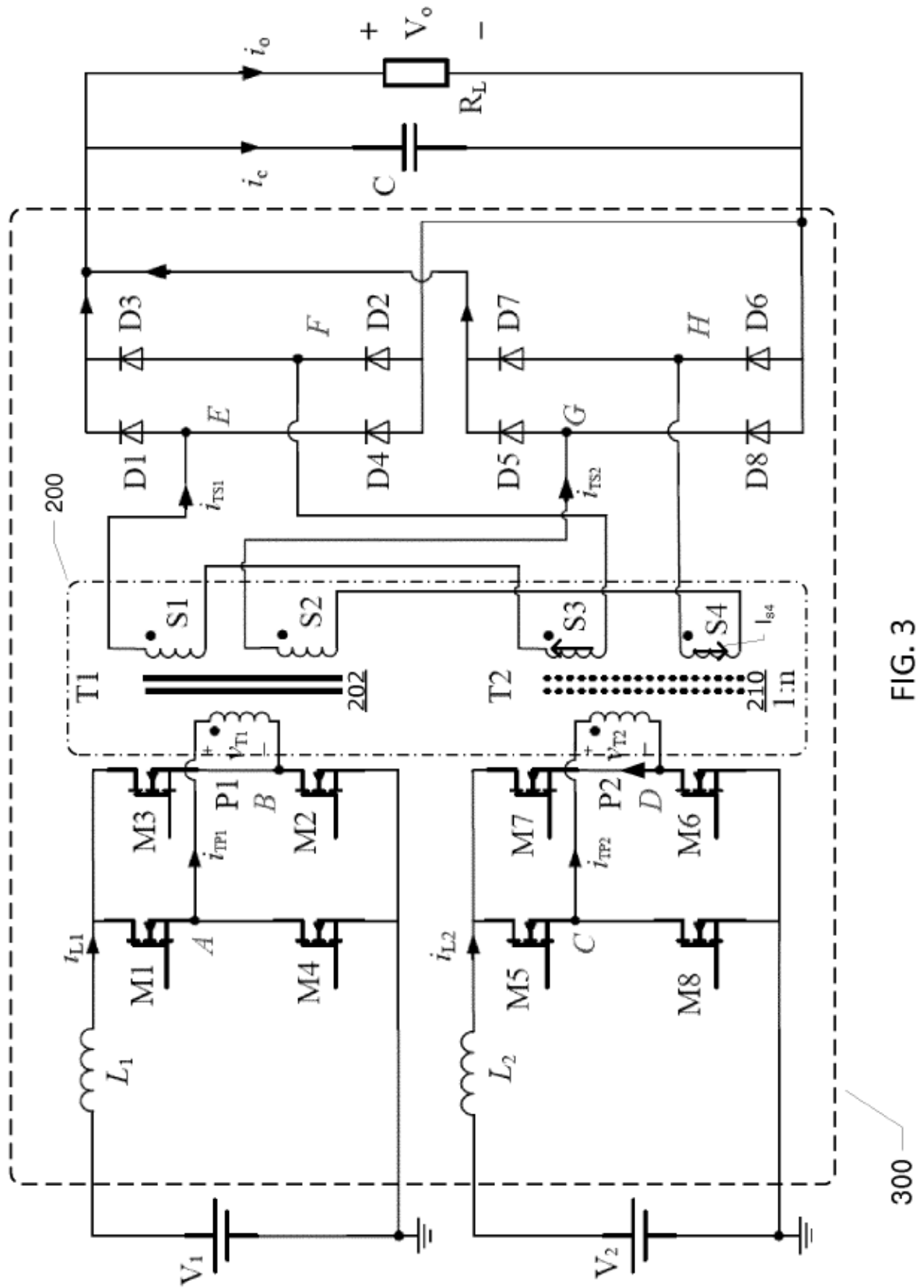


FIG. 3

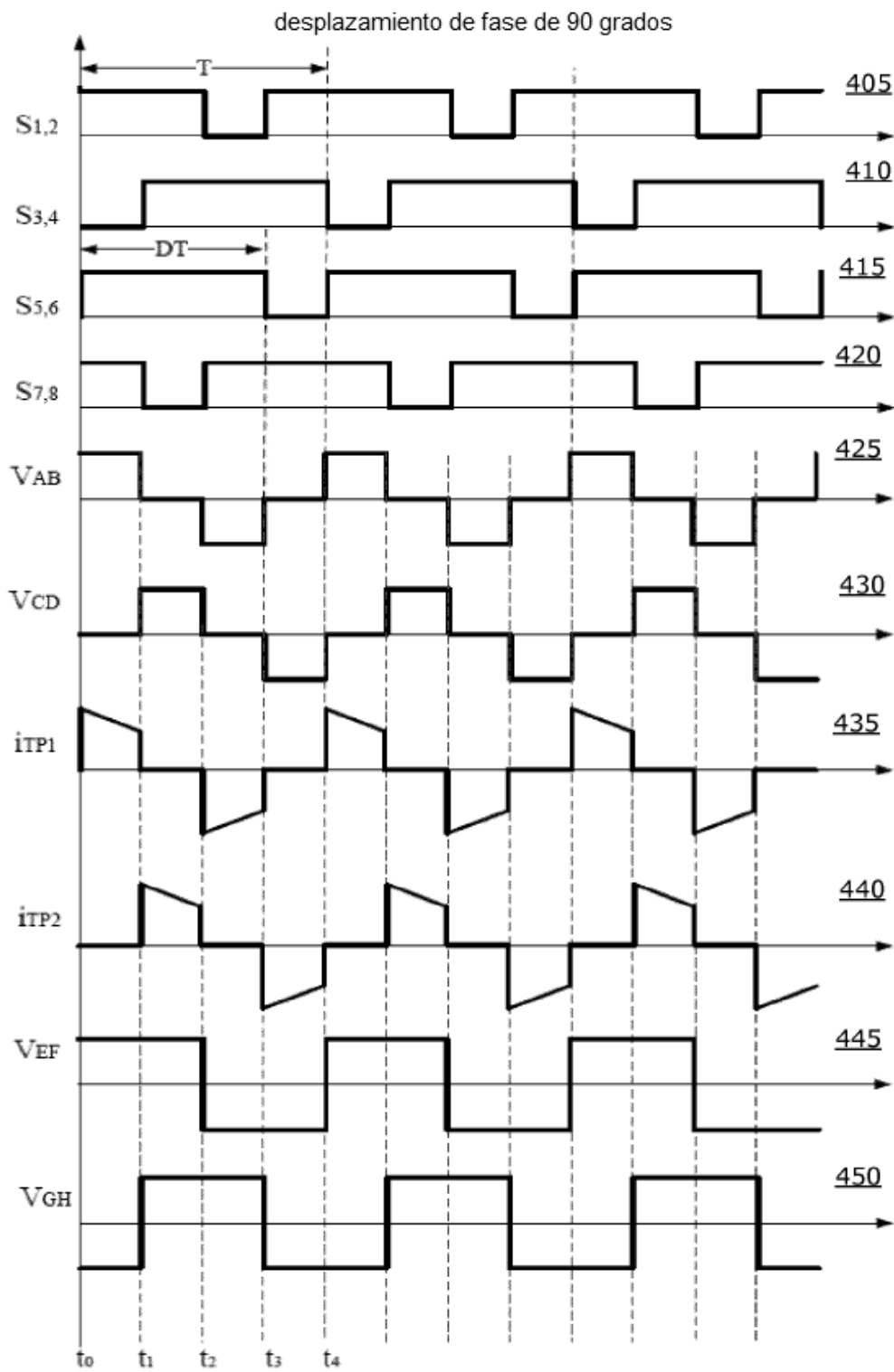


FIG. 4

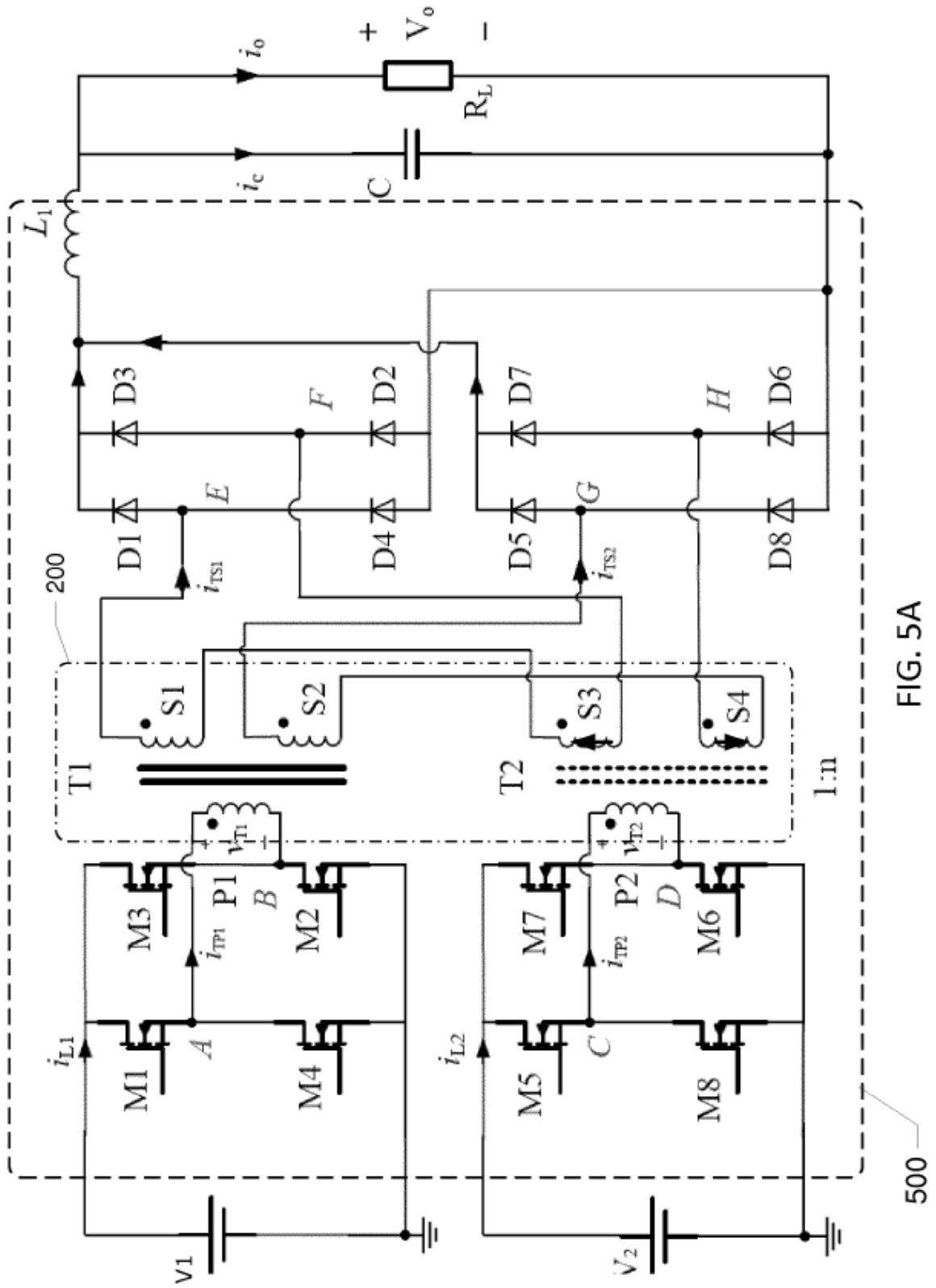


FIG. 5A

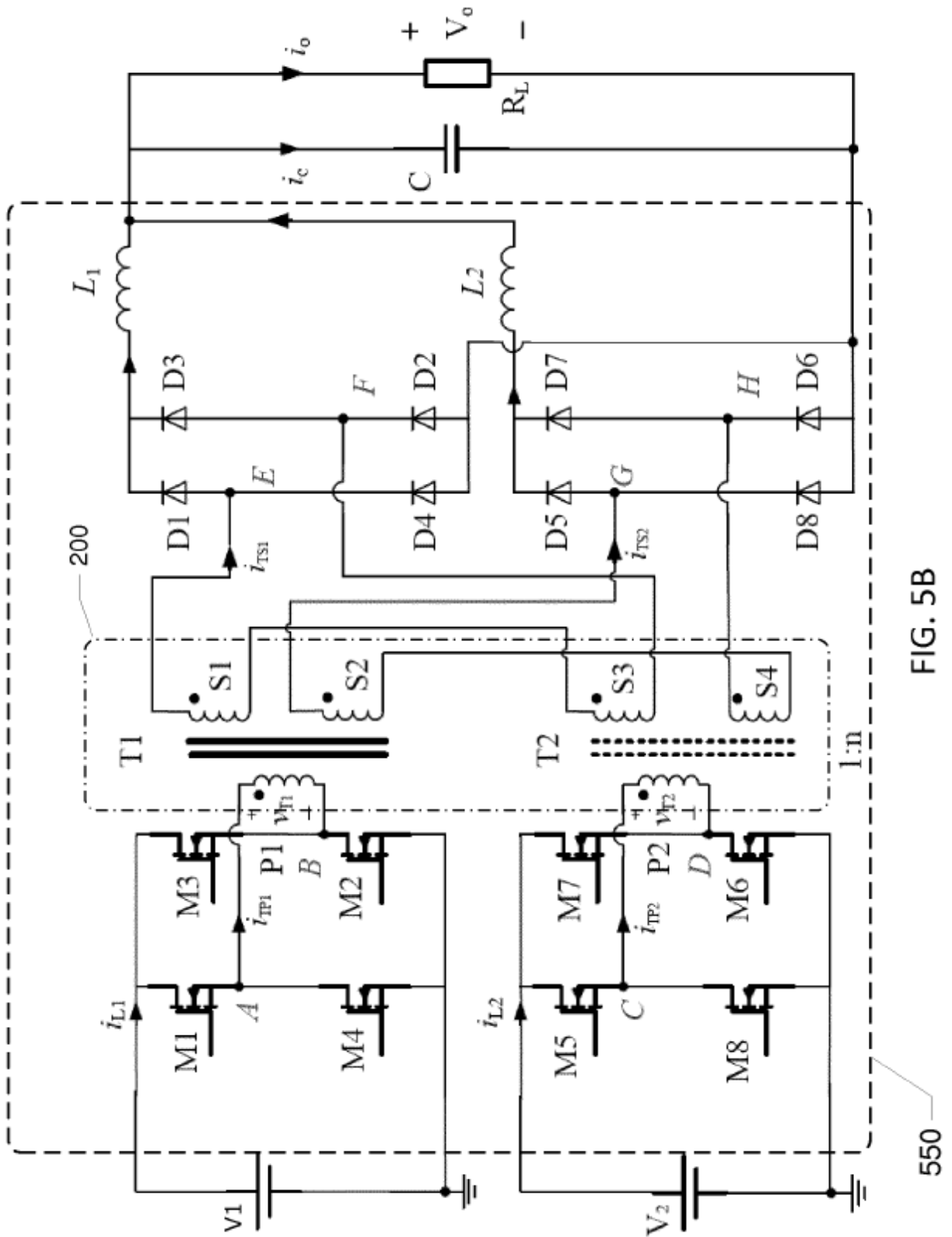


FIG. 5B

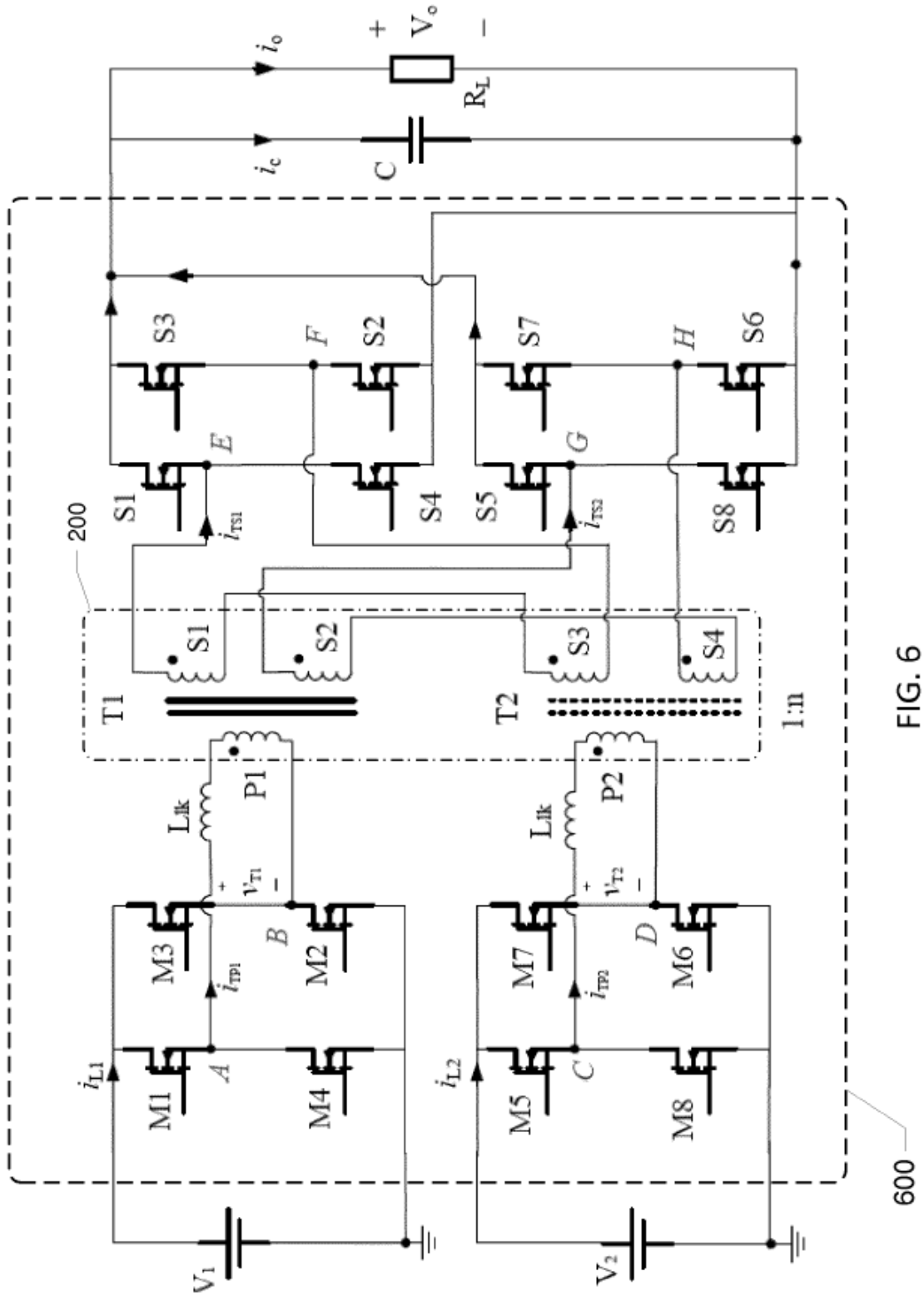


FIG. 6

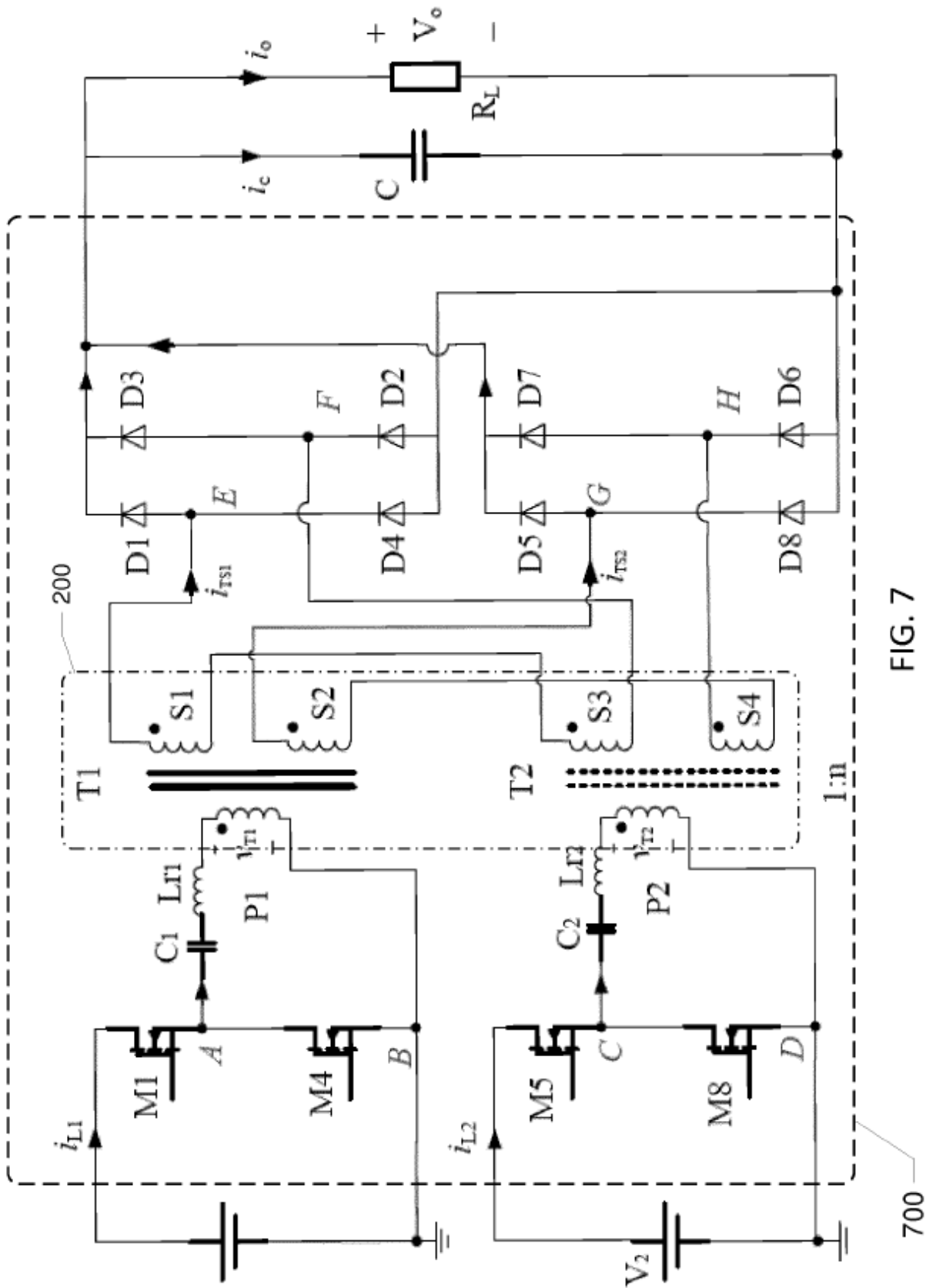


FIG. 7

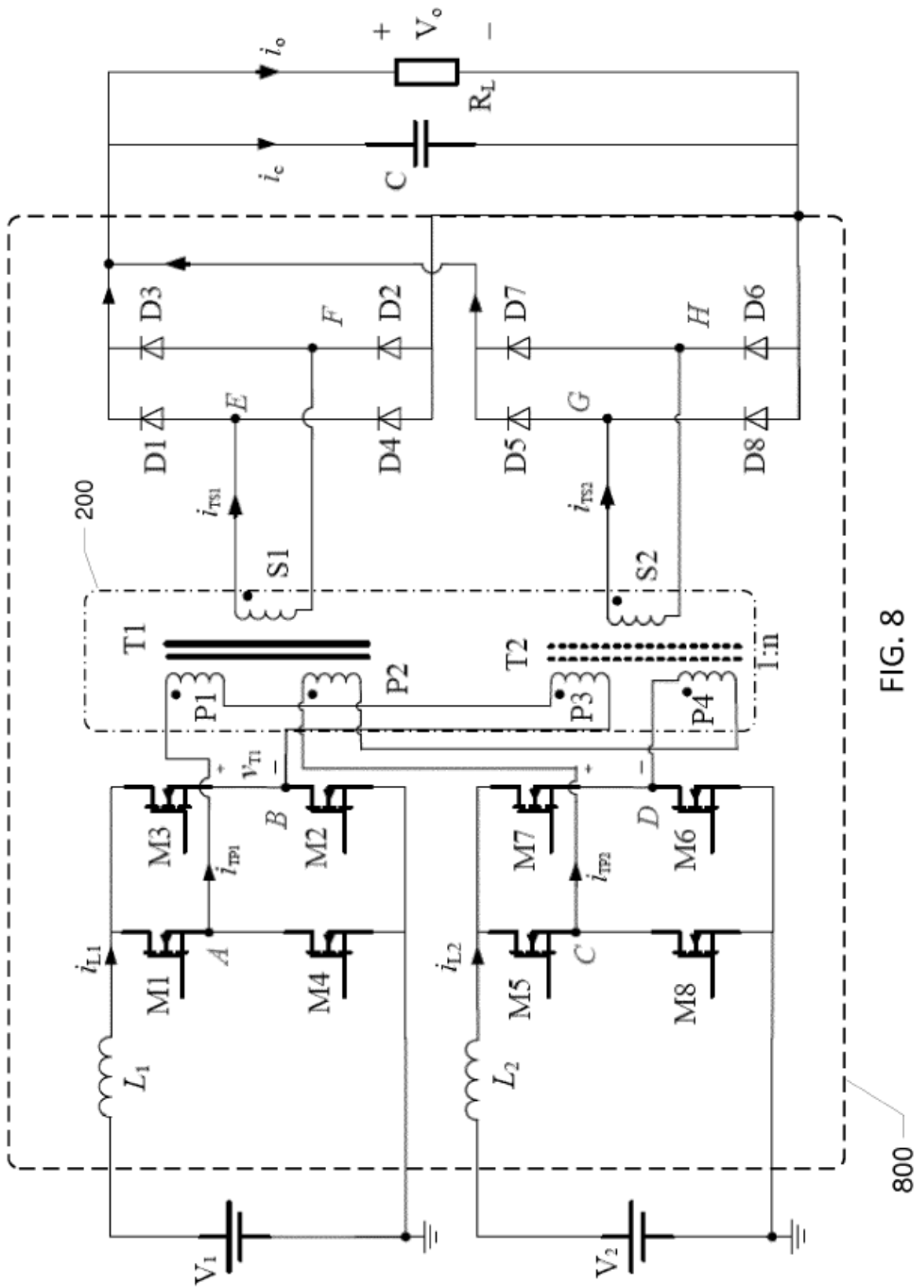


FIG. 8

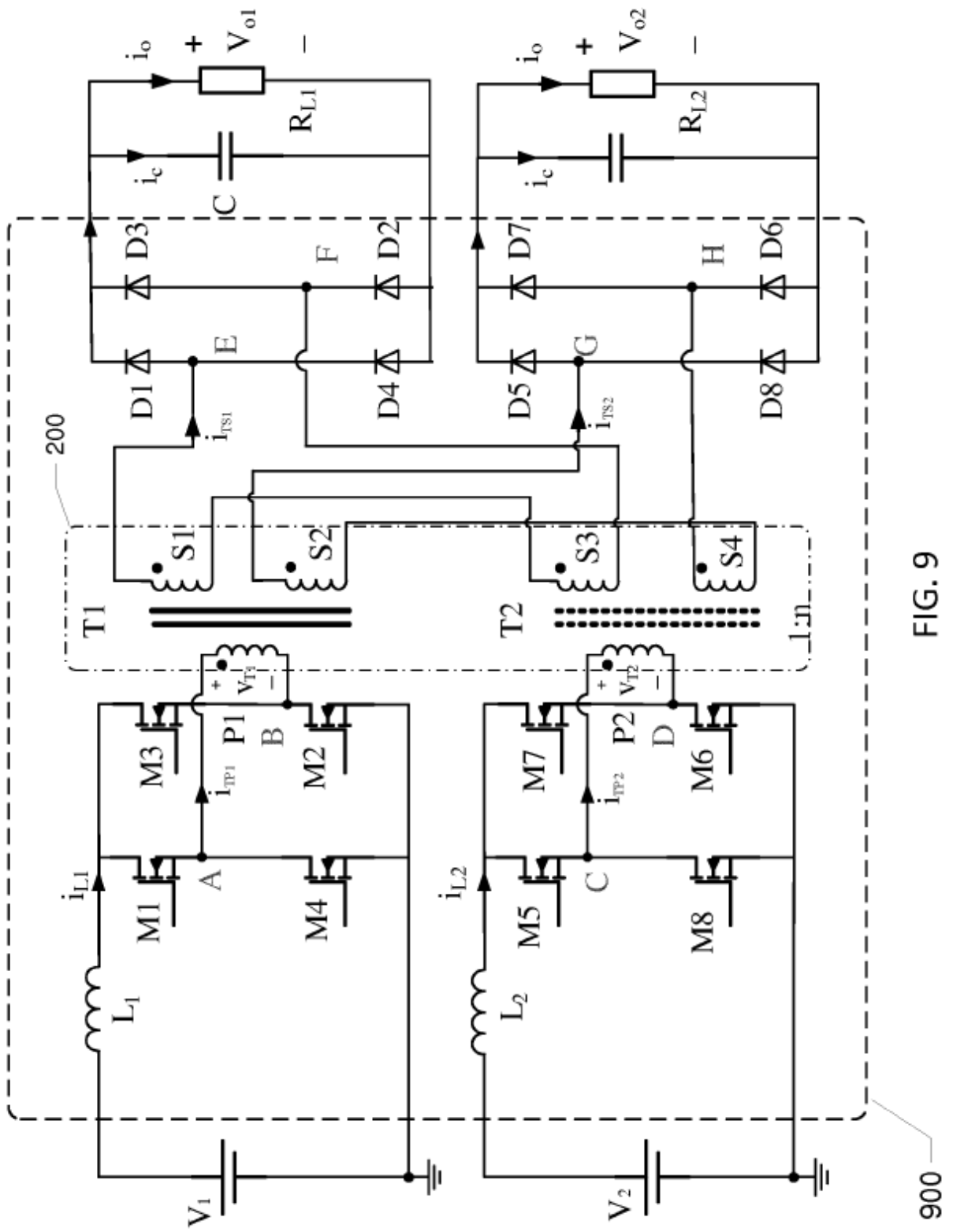
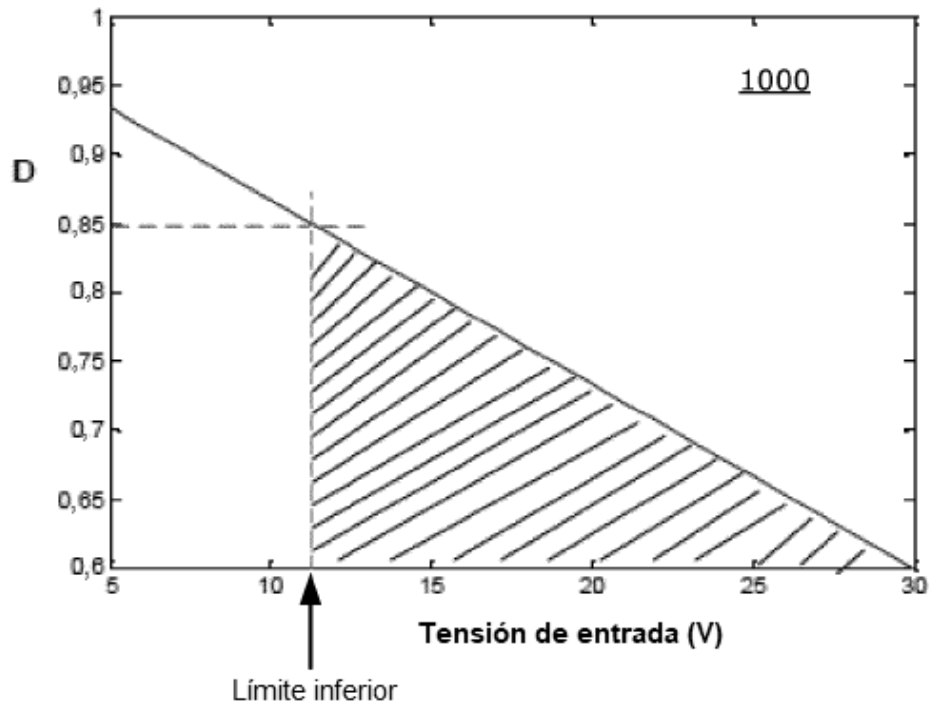
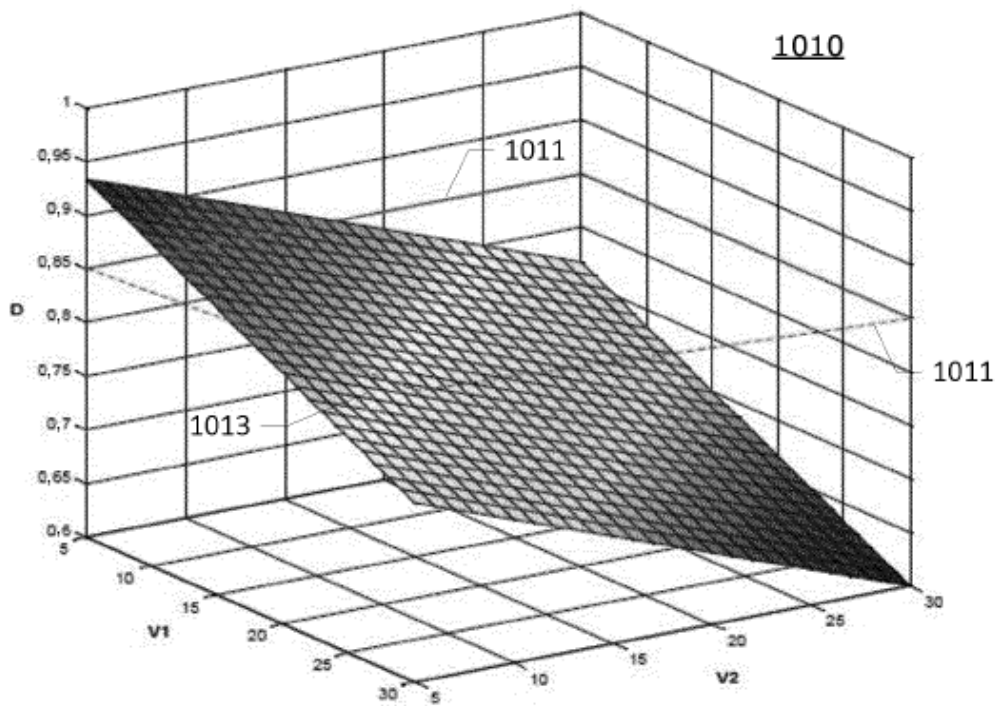


FIG. 9



A)



B)

FIG. 10