

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 910 399**

51 Int. Cl.:

H02M 1/12 (2006.01)

H02M 7/493 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.12.2015** **PCT/ES2015/070958**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.07.2017** **WO17114980**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2015** **E 15832739 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.02.2022** **EP 3399630**

54 Título: **Filtro de salida para un sistema de conversión de potencia y sistema de conversión de potencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.05.2022

73 Titular/es:

INGETEAM POWER TECHNOLOGY, S.A. (100.0%)
Parque Tecnológico de Bizkaia Edif. 106 2ªPlanta
48170 Zamudio (Vizcaya), ES

72 Inventor/es:

PETRI ORTEGA, ALBERTO y
GIRONES REMIREZ, CARLOS

74 Agente/Representante:

IGARTUA IRIZAR, Ismael

ES 2 910 399 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

Filtro de salida para un sistema de conversión de potencia y sistema de conversión de potencia

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se refiere a sistemas de conversión de potencia que comprenden una pluralidad de convertidores de potencia conectados en paralelo.

10

ESTADO ANTERIOR DE LA TÉCNICA

Se conocen diferentes topologías de conversión, como la descrita en CN 104 079 195 A, donde una pluralidad de convertidores están conectados en cascada.

15

Con el aumento de la potencia unitaria de las unidades de generación de potencia, cada vez es más común el uso de topologías de conversión basadas en convertidores de potencia dispuestos en paralelo en sistemas de generación de energías renovables, tales como turbinas eólicas o sistemas fotovoltaicos. Junto con el desarrollo de la tecnología, los códigos de red eléctrica se han vuelto más exigentes y se han establecido requisitos y prácticas recomendadas con respecto a la calidad de la potencia suministrada a la red eléctrica.

20

Se conoce que los convertidores de potencia producen corrientes y tensiones de salida que incluyen componentes armónicos a la frecuencia de conmutación (SWF) de los convertidores de potencia y sus múltiplos. Con el objetivo de limitar esas componentes armónicas por debajo de determinados valores máximos, se conoce comúnmente la instalación de filtros de salida pasivos tales como filtros LC o LCL en la salida de los convertidores de potencia, como se muestra por ejemplo en la figura 1, y se han analizado diversas soluciones en relación con el diseño de dicho tipo de filtros pasivos de salida. Dichas soluciones incluyen un primer reactor que comprende una inductancia L_{inv} para cada convertidor de potencia CA/CC conectado en paralelo, una rama RC, y un segundo reactor que comprende una inductancia L_{grid} para su conexión a la red eléctrica.

25

30

En un sistema de conversión que comprende una pluralidad de convertidores de potencia acoplados en paralelo, incluyendo cada uno un convertidor de lado de máquina (MSC) y un convertidor de lado de red eléctrica (GSC), cada convertidor del lado de la red eléctrica es responsable de inyectar a la red eléctrica una corriente alterna que representa una fracción de la corriente total inyectada a la red eléctrica. Estas corrientes se conocen como corrientes de modo normal y comprenden principalmente corrientes en modo diferencial (MD) (corriente que fluye desde el lado de corriente continua del sistema a cada convertidor de potencia de lado de red eléctrica CC/CA a través de las inductancias de lado de red eléctrica, que finalmente se alimentan a la red eléctrica).

35

En estos sistemas de conversión de potencia, es habitual usar estrategias de modulación para reducir el contenido armónico total en las tensiones y corrientes de salida, para minimizar el tamaño de los componentes del filtro de salida pasivo. Un método usado comúnmente es el conocido como entrelazado, en el que un desplazamiento de fase entre los patrones de conmutación de diferentes convertidores permite minimizar o incluso eliminar algunas componentes armónicas dependiendo del valor del desplazamiento de fase, dando como resultado un espectro armónico reducido de las señales eléctricas de salida.

40

45

Sin embargo, uno de los inconvenientes de disponer en paralelo convertidores de potencia cuando se usa entrelazado es que pueden aparecer corrientes cruzadas no controladas que circulan entre los convertidores. Estas corrientes son el resultado de desequilibrios entre las tensiones de salida de cada convertidor de potencia acoplado en paralelo debido a una tensión instantánea desigual en cada convertidor de potencia. Una tensión neta a través de convertidores en paralelo es lo que provoca la circulación de corrientes cruzadas en el modo cruzado, compuestas por corrientes en modo diferencial (MD) y modo común (MC), estas últimas sólo cuando está disponible un trayecto en modo común para que las corrientes fluyan. Este problema se agrava cuando difieren los patrones de conmutación de los diferentes convertidores de lado de red eléctrica (GSC), como ocurre en el entrelazado, lo que conduce a corrientes cruzadas de alto valor si no se adoptan contramedidas.

50

55

Con el objetivo de equilibrar la compartición de corriente entre los convertidores conectados en paralelo y limitar las corrientes cruzadas, cuando se usa entrelazado, se conoce el uso de reactores de interfase (IPR) de dos columnas, en los que dos devanados se arrollan sobre el mismo núcleo magnético. Un ejemplo se da a conocer en el documento "Impact of interrelaving on AC passive components of paralleled three-phase voltage-source converters. Zhang et al., 2010", en el que se divulga una solución que incluye reactores de interfase dispuestos en la salida de los convertidores de potencia conectados en paralelo. Los devanados alrededor de estos reactores están configurados en circuito de refuerzo en serie, lo que permite proporcionar un trayecto de alta impedancia a corrientes cruzadas, limitando así la circulación de corrientes cruzadas entre los diferentes convertidores de potencia. Sin embargo, para aplicaciones de alta potencia en las que la SWF debe ser baja para permanecer por debajo del límite térmico de los conmutadores del convertidor de potencia, la inductancia de fuga de estos IPR podría no ser

60

65

suficiente para el filtrado y la regulación de la corriente en modo normal. Para solucionar este problema, es conocido incluir una inductancia adicional en la salida de los convertidores de potencia, con una estructura de filtrado de LCL, como se muestra en la figura 1. Sin embargo, cuando se trata de aplicaciones de alta potencia en las que debe disminuirse la frecuencia de conmutación de los convertidores de potencia, puede ser necesaria una inductancia mayor, lo que implica un volumen de inductancia mayor que podría no ser adecuado para algunas aplicaciones. Por tanto, la solución basada en IPR conocida está limitada principalmente a aplicaciones de baja potencia en las que la SWF es de aproximadamente decenas de miles de hercios.

En el documento de patente US2013301327A1 se propone un filtro de salida que incluye una o varias columnas de núcleo magnético sin devanado, que proporcionan un trayecto a través del núcleo magnético para el flujo disperso, aumentando así la inductancia de fugas de salida. Sin embargo, aunque el uso de columnas adicionales proporciona una inductancia lo suficientemente alta para un filtrado de corriente normal, la inductancia todavía tendrá un mayor volumen que podría no ser adecuado para algunas aplicaciones, en particular para aplicaciones que requieren alta potencia, debido al aumento del tamaño y del coste.

EXPOSICIÓN DE LA INVENCION

El objeto de la invención es proporcionar un sistema de conversión de potencia que comprende una pluralidad de convertidores de potencia conectados en paralelo y al menos un filtro de salida conectado a la salida de dichos convertidores de potencia, tal y como se define en las reivindicaciones.

El filtro de salida comprende un núcleo magnético para dichos convertidores de potencia, y al menos un devanado de filtrado para cada uno de dichos convertidores de potencia. Cada devanado de filtrado está arrollado sobre un segmento correspondiente del núcleo magnético, y comprende un extremo libre para su conexión a una salida de un convertidor de potencia correspondiente del sistema, y un segundo extremo. Los segundos extremos de todos los devanados de filtrado están conectados eléctricamente entre sí en una conexión común, preferiblemente un mismo punto de conexión.

El filtro de salida comprende además al menos un devanado adicional arrollado sobre un segmento adicional correspondiente del núcleo magnético, siendo dicho segmento adicional diferente a los segmentos sobre los que están arrollados los devanados de filtrado. Dicho devanado adicional comprende un extremo libre para, preferiblemente, su conexión a una red eléctrica, y un segundo extremo conectado a la conexión común en la que están conectados los segundos extremos de los devanados de filtrado.

El filtro de salida es válido para aplicaciones tanto de baja como de alta potencia, puesto que su inductancia puede variarse fácilmente incluyendo un número mayor o menor de vueltas de al menos uno de los devanados arrollados sobre el núcleo magnético. En caso de que sea necesaria una mayor impedancia para el filtrado de corriente normal, puede aumentarse el número de vueltas del devanado correspondiente sobre el segmento adicional, y/o sobre cada segmento del núcleo magnético. En caso de que sea necesaria una mayor impedancia para el filtrado de corrientes cruzadas, puede aumentarse el número de vueltas del devanado correspondiente sobre cada segmento del núcleo magnético. Además, los valores de las diferentes inductancias equivalentes son adaptables y pueden variarse fácilmente dependiendo de la topología del convertidor de potencia o características de la red eléctrica, cambiando el número de vueltas de al menos uno de los devanados arrollados sobre el núcleo magnético.

Además, con dicho filtro de salida se optimizan el volumen y el coste de un filtro de salida para tales sistemas en comparación con las soluciones propuestas en el estado anterior de la técnica, puesto que el filtro de salida está integrado en un único núcleo (un único reactor, el núcleo magnético), permitiendo dicho filtro de salida una solución compacta y eficaz.

Estas y otras ventajas y características de la invención resultarán evidentes en vista de los dibujos y la descripción detallada de la invención.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra esquemáticamente la disposición de filtros de salida pasivos del estado de la técnica anterior, conectados a la salida de convertidores de potencia conectados en paralelo.

La figura 2 muestra esquemáticamente una realización del sistema de conversión de potencia de la invención, comprendiendo dicho sistema de conversión de potencia dos convertidores de potencia conectados en paralelo y un filtro de salida.

La figura 3 muestra el filtro de salida de la figura 2.

La figura 4 muestra la distribución de los flujos en el filtro de salida de la figura 3.

La figura 5 muestra el diagrama equivalente de una fase del filtro de salida de la figura 3.

La figura 6a muestra esquemáticamente el filtro de salida de la figura 3, con una rama RC.

La figura 6b muestra el diagrama equivalente de una fase del filtro de salida de la figura 6a.

La figura 7 muestra un ejemplo de la variación de pesos de reactor con la frecuencia de conmutación de los convertidores de potencia, para una solución del estado anterior de la técnica y una solución propuesta en la invención.

EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El filtro de salida 100 está adaptado para sistemas de conversión de potencia 200 que comprenden una pluralidad de convertidores de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ conectados en paralelo, como el que se muestra a modo de ejemplo en la figura 2, que comprende dos convertidores de potencia PC_1 y PC_2 conectados en paralelo. En este caso los convertidores de potencia PC_1 y PC_2 son convertidores CC/CA, aunque también pueden ser posibles otro tipo de convertidores. El filtro de salida 100 se dispone entre el sistema 200 y, preferiblemente, una red eléctrica G, conectándose a una salida de cada uno de dichos convertidores de potencia PC_1 y PC_2 , y a dicha red eléctrica G.

El filtro de salida 100 también puede estar conectado entre el sistema 200 y los terminales de un generador. Los convertidores de potencia conectados en paralelo $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ podrían participar así en un sistema que incluye además al menos un generador (no representado en las figuras), y al menos un convertidor de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ asociado al generador. Cada convertidor de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ comprende un convertidor del lado de generador conectado al generador y un convertidor del lado de red eléctrica conectado a cada convertidor de lado de generador a través de un bus de CC. En cada caso, los terminales de salida de CA del convertidor de lado de generador del convertidor de potencia correspondiente $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ se conectarían al generador, y los terminales de salida de CA del convertidor de lado de red eléctrica se conectarían a la red eléctrica G. Un filtro de salida 100 puede estar conectado entre las salidas de los convertidores de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ y la red eléctrica G o el generador.

En general, el filtro de salida 100 puede conectarse a varios convertidores de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ conectados en paralelo, y comprende un núcleo magnético 1 para todos estos convertidores de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$, tal y como se muestra en la figura 3 a modo de ejemplo. El filtro de salida 100 también comprende al menos un devanado de filtrado $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$ para cada uno de dichos convertidores de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$, arrollados alrededor de una parte de dicho núcleo magnético 1. Preferiblemente, el filtro de salida 100 comprende un número de devanados de filtrado $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$ igual al número de convertidores de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ a los que puede conectarse o está conectado (por lo tanto, sólo un devanado de filtrado $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$ por convertidor de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$).

Cada devanado de filtrado $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$ está arrollado alrededor de un segmento $S_1, S_2, \dots, S_n$ correspondiente del núcleo magnético 1, como se muestra en el ejemplo de la figura 3, de modo que los devanados de filtrado $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$ no se solapan entre sí. Cada devanado de filtrado $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$ comprende un respectivo extremo libre $C_{pc1}, C_{pc2}, \dots, C_{pcn}$ para su conexión a la salida del convertidor de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ correspondiente, y un respectivo segundo extremo opuesto a su extremo libre $C_{pc1}, C_{pc2}, \dots, C_{pcn}$. Los segundos extremos de todos los devanados de filtrado $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$ del filtro de salida 100 arrollados alrededor del mismo núcleo magnético 1 están conectados eléctricamente entre sí en una conexión común N, preferiblemente en un mismo punto de conexión.

El filtro de salida 100 comprende además, en cualquier realización, al menos un devanado adicional W_{ad} arrollado alrededor de un segmento adicional S_{ad} del núcleo magnético 1, como también se muestra en el ejemplo de la figura 3. Dicho devanado adicional W_{ad} no solapa ningún devanado de filtrado $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$, y tampoco es solapado por ninguno de dichos devanados de filtrado $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$. El devanado adicional W_{ad} comprende un extremo libre C_g para su conexión, preferiblemente, a una red eléctrica G, y un segundo extremo opuesto al extremo libre C_g . Dicho segundo extremo está conectado eléctricamente a la conexión común N a la que también están conectados los segundos extremos de los devanados de filtrado $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$, preferiblemente en el mismo punto de conexión común N.

Por tanto, los devanados de filtrado $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$, el devanado adicional W_{ad} y el núcleo magnético 1 forman un único inductor o reactor, siendo dicho único inductor o reactor el propio filtro de salida 100.

Cuando el filtro de salida 100 está conectado a las salidas de una pluralidad de convertidores de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ y a una red eléctrica G, gracias a su configuración (gracias en particular a los devanados $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$ y W_{ad}), se proporciona un primer trayecto para la corriente normal desde los convertidores de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ a la red eléctrica G, comprendiendo dicho primer trayecto una impedancia normal L_{normal} .

correspondiente, y se proporciona un segundo trayecto para la corriente cruzada entre los convertidores de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$, que comprende una impedancia cruzada correspondiente L_{cross} . Ambas impedancias L_{normal} y L_{cross} son principalmente inductivas.

- 5 La impedancia cruzada L_{cross} en un filtro de salida 100 conectado a dos convertidores de potencia PC_1 y PC_2 , entre los convertidores de potencia PC_1 y PC_2 , puede calcularse de la siguiente manera (considerando que sea principalmente inductiva):

$$L_{cross} = (L_{a1} + L_{a2}) + 2(L_{m1} - L_{12}) \quad (1)$$

En donde:

- L_{a1} : inductancia de fugas de aire del primer devanado de filtrado W_{pc1} ,
 L_{a2} : inductancia de fugas de aire del segundo devanado de filtrado W_{pc2} ,
 L_{m1} : inductancia magnética del primer devanado de filtrado W_{pc1} ,
 L_{12} : inductancia mutua entre los devanados de filtrado W_{pc1} y W_{pc2} .

La impedancia normal L_{normal} en un filtro de salida 100 conectado a dos convertidores de potencia PC_1 y PC_2 , entre cada convertidor de potencia PC_1 y PC_2 y la red eléctrica G, puede calcularse de la siguiente manera (considerando que es principalmente inductiva):

$$L_{normal} = (L_{a3} + L_{a1}/L_{a2}) + (L_{m1} - L_{12}) + (L_{m1} - L_{12})/2 + L_{m3} + L_{12} - 2L_{13} \quad (2)$$

En donde:

- L_{a1} : inductancia de fugas de aire del primer devanado de filtrado W_{pc1} ,
 L_{a2} : inductancia de fugas de aire del segundo devanado de filtrado W_{pc2} ,
 L_{a3} : inductancia de fugas de aire del devanado adicional W_{ad} ,
 L_{m1} : inductancia magnética del primer devanado de filtrado W_{pc1} ,
 L_{12} : inductancia mutua entre los devanados de filtrado W_{pc1} y W_{pc2} ,
 L_{13} : inductancia mutua entre los devanados W_{pc1} y W_{ad} .

Las ecuaciones para calcular las impedancias L_{normal} y L_{cross} para un filtro de salida 100 conectado a más de dos convertidores de potencia PC_1 y PC_2 también pueden obtenerse de manera análoga, de una manera conocida para cualquier experto en la materia, y, por lo tanto, no se describen otras opciones.

Como puede observarse por las ecuaciones (1) y (2), en particular por la ecuación (2), el devanado adicional W_{ad} también influye en la impedancia normal L_{normal} para la corriente normal, aumentándose dicha impedancia normal L_{normal} en comparación con la impedancia normal L_{normal} de un filtro de salida del estado anterior de la técnica. Por lo tanto, el filtro de salida 100 propuesto también presenta una impedancia normal L_{normal} que permite filtrar dicha corriente normal, y, gracias a dicha impedancia normal L_{normal} , los devanados $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$ y W_{ad} filtran la corriente normal que va desde los convertidores de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ a la red eléctrica G. Además, la corriente cruzada entre los convertidores de potencia $PC_1, PC_2, \dots, PC_n$ es filtrada por la impedancia cruzada L_{cross} , gracias a los devanados $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$. Por lo tanto, con la combinación de los diferentes devanados $W_{pc1}, W_{pc2}, \dots, W_{pcn}$ y W_{ad} , se consigue un filtro de salida 100 adecuado tanto para la corriente en modo normal (modo diferencial) como para la corriente en modo cruzado (modo diferencial y común).

A continuación se explica un ejemplo del efecto del filtro de salida 100 en un sistema de conversión de potencia de la invención, con referencia a la figura 4 en la que se muestra la configuración de la figura 3. El filtro de salida 100 está conectado a dos convertidores de potencia PC_1 y PC_2 y a una red eléctrica G, y comprende un devanado de filtrado W_{pc1} que comprende un primer extremo C_{pc1} conectado a una salida de un primer convertidor de potencia PC_1 , un segundo devanado de filtrado W_{pc2} que comprende un extremo C_{pc2} conectado a una salida de un segundo convertidor de potencia PC_2 , y un devanado adicional W_{ad} que comprende un extremo C_g conectado a la red eléctrica G. El filtro de salida 100 recibe una primera corriente I_1 desde el primer convertidor de potencia PC_1 al que está conectado por medio del extremo C_{pc1} del primer devanado de filtrado W_{pc1} , y una segunda corriente I_2 desde el segundo convertidor de potencia PC_2 al que está conectado a través del extremo C_{pc2} del segundo devanado de filtrado W_{pc2} , y envía una corriente resultante I_T a la red eléctrica G a la que está conectado por medio del extremo C_g del devanado adicional W_{ad} , donde $I_T = I_1 + I_2$. Las corrientes I_1 y I_2 pasan a través de los devanados de filtrado W_{pc1} y W_{pc2} correspondientes, y también a través del devanado adicional W_{ad} (en forma de corriente I_T), y provocan que un respectivo flujo ϕ_1 y ϕ_2 fluya a través del núcleo magnético 1 del filtro de salida 100 en modo normal, y que una corriente en modo cruzado I_C fluya a través de dicho núcleo magnético 1 en modo cruzado. Dicha corriente en modo cruzado I_C provoca que un flujo en modo cruzado ϕ_C fluya a través de dicho núcleo magnético 1.

La figura 5 muestra el diagrama equivalente de una fase del filtro de salida 100, en el que con la impedancia en modo normal y cruzado se muestran los trayectos formados por las diferentes impedancias según las ecuaciones (1) y (2).

Por lo tanto, gracias al filtro de salida 100 incluido en el sistema de conversión de potencia de la invención se

generan las impedancias L_{normal} y L_{cross} para ambos modos de corriente, el modo normal y el modo cruzado, y es posible operar sobre la corriente I_T modificando según se desee dichas impedancias L_{normal} y L_{cross} , para, por ejemplo, limitar el rizado de dicha corriente I_T para obtener una corriente I_T con la calidad deseada.

Como se ha comentado anteriormente, los devanados W_{pc1} , W_{pc2} , ..., W_{pcn} y W_{ad} están conectados a una conexión común N. Dicha configuración del filtro de salida 100 permite conectar la conexión común N en diferentes posiciones de los devanados W_{pc1} , W_{pc2} , ..., W_{pcn} y W_{ad} , lo que significa que, dependiendo de la posición de la conexión común N, el número de vueltas de cada devanado W_{pc1} , W_{pc2} , ..., W_{pcn} y W_{ad} alrededor del segmento S_1 , S_2 , ..., S_n y S_{ad} correspondiente del núcleo magnético 1 es diferente. Esta capacidad permite entonces variar las vueltas de cada devanado W_{pc1} , W_{pc2} , ..., W_{pcn} y W_{ad} alrededor de su segmento S_1 , S_2 , ..., S_n y S_{ad} correspondiente del núcleo magnético 1 para adaptarse a los requisitos específicos de cada caso (dando entonces como resultado una variación de la posición de la conexión común N), puesto que el valor de las impedancias L_{normal} y L_{cross} varía según dicha posición, siendo posible ofrecer filtros de salida 100 con diferentes impedancias para corrientes normales y/o corrientes cruzadas fácilmente.

El valor de las impedancias L_{normal} y L_{cross} puede adaptarse según los requisitos de la aplicación para la que está diseñado el sistema de conversión de potencia al que se conecta el filtro de salida 100, el número de convertidores de potencia PC_1 , PC_2 , ..., PC_n a los que está conectado dicho filtro de salida 100, las frecuencias de conmutación aplicadas sobre dichos convertidores de potencia PC_1 , PC_2 , ..., PC_n y/o las características de la red eléctrica G o el generador al que se conecta dicho sistema de conversión de potencia, por ejemplo.

El filtro de salida 100 propuesto permite combinar el filtrado de corriente en modo diferencial (MD) y modo común (MC) en un único elemento magnético (el núcleo magnético 1), con un tamaño reducido en comparación con las soluciones del estado anterior de la técnica. Además, la configuración del filtro de salida 100 también permite reducir los pesos del reactor, lo que implica una reducción del tamaño adicional. La figura 7 muestra un ejemplo de la variación de los pesos de reactor W_L por unidad (pu), de un filtro de salida conectado a dos convertidores de potencia conectados en paralelo, para diferentes frecuencias de conmutación SWF de dichos convertidores de potencia, para una solución del estado anterior de la técnica basándose en estructuras de filtrado de LCL con componentes independientes (W_{L1}), y para la solución propuesta en la invención (W_{L2}). W_{L1} y W_{L2} se refieren a la impedancia equivalente del correspondiente filtro de salida 100. Como unidad de referencia se ha tomado el peso del reactor W_{L1} a una frecuencia de conmutación SWF de 30 kHz. La solución propuesta en la invención permite construir un filtro de salida 100 integrado con menos de la mitad de peso que las soluciones de filtrado conocidas.

Además, el filtro de salida 100 incluido en el sistema de conversión de potencia de la invención permite, en cualquiera de sus realizaciones, seleccionar la posición de la posición de conexión común N cambiando el número de vueltas de cada devanado W_{pc1} , W_{pc2} , ..., W_{pcn} y W_{ad} , sobre el segmento S_1 , S_2 , ..., S_n y S_{ad} correspondiente, obteniéndose así diferentes valores de impedancia. Además, la conexión común N es accesible, y, por ejemplo, una rama RC puede conectarse a la misma para filtrar los armónicos a las conmutaciones de los convertidores de potencia PC_1 y PC_2 , como en el ejemplo de la figura 6a, comprendiendo dicho filtro de salida 100 también una rama RC en este caso. La figura 6b muestra el diagrama equivalente de una sola fase de la rama RC conectada en la conexión común N. En caso de aplicaciones trifásicas, estas ramas monofásicas podrían conectarse en configuración en triángulo o en estrella con las ramas RC de los otros dos filtros monofásicos.

Preferiblemente, el núcleo magnético 1 comprende una columna L_1 , L_2 , ..., L_n para cada devanado de filtrado W_{pc1} , W_{pc2} , ..., W_{pcn} y una columna adicional L_{ad} para el devanado adicional W_{ad} , como se muestra en las figuras 3 y 4 por ejemplo. Cada segmento S_1 , S_2 , ..., S_n y S_{ad} rodeado por un devanado W_{pc1} , W_{pc2} , ..., W_{pcn} y W_{ad} es, por tanto, una correspondiente columna L_1 , L_2 , ..., L_n y L_{ad} respectivamente del núcleo magnético 1. Preferentemente las columnas L_1 , L_2 , ..., L_n y L_{ad} son paralelas, aunque también son posibles otras en otras realizaciones para el filtro de salida 100 del sistema de conversión de potencia de la invención. Además, las columnas L_1 , L_2 , ..., L_n y L_{ad} están conectadas preferiblemente entre sí con segmentos 11 del núcleo magnético 1 no rodeados por los devanados.

El filtro de salida 100 puede estar adaptado para un sistema de conversión de potencia monofásico, estando conectados los devanados W_{pc1} , W_{pc2} , ..., W_{pcn} y W_{ad} formando entonces, junto con el núcleo magnético 1, un reactor monofásico. El filtro de salida 100 también puede estar adaptado para un sistema de conversión de potencia trifásico, estando conectados dichos devanados W_{pc1} , W_{pc2} , ..., W_{pcn} y W_{ad} (uno por fase) formando entonces un reactor trifásico junto con el núcleo magnético 1.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de conversión de potencia que comprende una pluralidad de convertidores de potencia ($PC_1, PC_2, \dots, PC_n$) conectados en paralelo y un filtro de salida (100) que comprende un núcleo magnético (1) para todos los convertidores de potencia ($PC_1, PC_2, \dots, PC_n$) y al menos un devanado de filtrado ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n$) arrollado alrededor de un segmento ($S_1, S_2, \dots, S_n$) correspondiente del núcleo magnético (1) para cada uno de dichos convertidores de potencia ($PC_1, PC_2, \dots, PC_n$), comprendiendo cada devanado de filtrado ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n$) un extremo libre ($Cpc_1, Cpc_2, \dots, Cpc_n$) conectado a una salida de un convertidor de potencia ($PC_1, PC_2, \dots, PC_n$) correspondiente y un segundo extremo, estando los segundos extremos de dichos devanados de filtrado ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n$) conectados eléctricamente entre sí en una conexión común (N), **caracterizado porque** el filtro de salida (100) comprende al menos un devanado adicional (W_{ad}) arrollado alrededor de un segmento adicional (S_{ad}) del núcleo magnético (1), diferente de los segmentos ($S_1, S_2, \dots, S_n$) rodeados por los devanados de filtrado ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n$), comprendiendo dicho devanado adicional (W_{ad}) un extremo libre (C_g) configurado para su conexión a una red eléctrica (G) y un segundo extremo conectado a la conexión común (N).
2. Sistema de conversión de potencia según la reivindicación 1, en donde el núcleo magnético (1) comprende una columna ($L_1, L_2, \dots, L_n$) para cada devanado de filtrado ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n$) y una columna adicional (L_{ad}) para el devanado adicional (W_{ad}), siendo el segmento ($S_1, S_2, \dots, S_n, S_{ad}$) rodeado por un devanado ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n, W_{ad}$) una columna correspondiente ($L_1, L_2, \dots, L_n, L_{ad}$) del núcleo magnético (1).
3. Sistema de conversión de potencia según la reivindicación 2, en donde las columnas ($L_1, L_2, \dots, L_n, L_{ad}$) del único núcleo magnético (1) del filtro de salida (100) son paralelas.
4. Sistema de conversión de potencia según las reivindicaciones 2 o 3, en donde las columnas ($L_1, L_2, \dots, L_n, L_{ad}$) del único núcleo magnético (1) del filtro de salida (100) están conectadas entre sí con segmentos (11) del núcleo magnético (1) no rodeados por los devanados ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n, W_{ad}$).
5. Sistema de conversión de potencia según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde los devanados ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n, W_{ad}$) del filtro de salida (100) están conectados formando un reactor monofásico.
6. Sistema de conversión de potencia según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde los devanados ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n, W_{ad}$) del filtro de salida (100) están conectados formando un reactor trifásico.
7. Sistema de conversión de potencia según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde los diferentes devanados de filtrado ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n$) y el devanado adicional (W_{ad}) del filtro de salida (100) proporcionan una impedancia para corrientes normales desde cada convertidor de potencia ($PC_1, PC_2, \dots, PC_n$) a la red eléctrica (G) y para corrientes cruzadas entre los convertidores de potencia ($PC_1, PC_2, \dots, PC_n$) a los que se conecta el filtro de salida (100).
8. Sistema de conversión de potencia según la reivindicación 7, en donde la corriente normal desde los convertidores de potencia ($PC_1, PC_2, \dots, PC_n$) a la red eléctrica (G) se filtra mediante los devanados de filtrado ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n$) y el devanado adicional (W_{ad}) del filtro de salida (100).
9. Sistema de conversión de potencia según la reivindicación 8, en donde la corriente cruzada entre los convertidores de potencia ($PC_1, PC_2, \dots, PC_n$) se filtra mediante los devanados de filtrado ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n$) del filtro de salida (100).
10. Sistema de conversión de potencia según la reivindicación 9, en donde los devanados de filtrado ($Wpc_1, Wpc_2, \dots, Wpc_n$) del filtro de salida (100) se arrollan alrededor de los segmentos ($S_1, S_2, \dots, S_n$) en una configuración serie, de modo que se limita la circulación de las corrientes cruzadas entre los convertidores de potencia ($PC_1, PC_2, \dots, PC_n$) que se conectan a dicho filtro de salida (100).

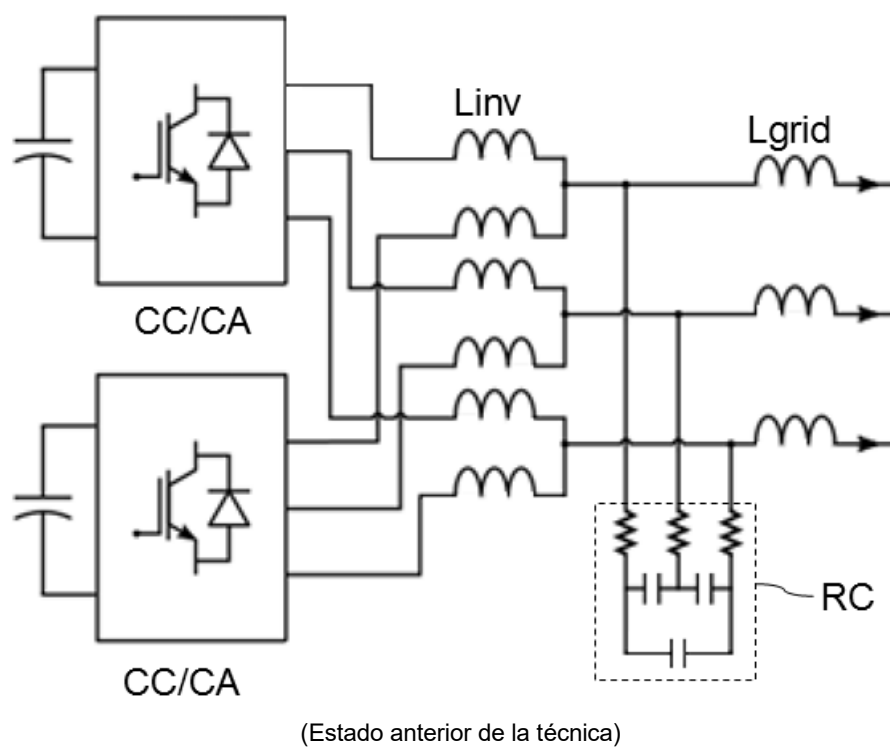


Fig. 1

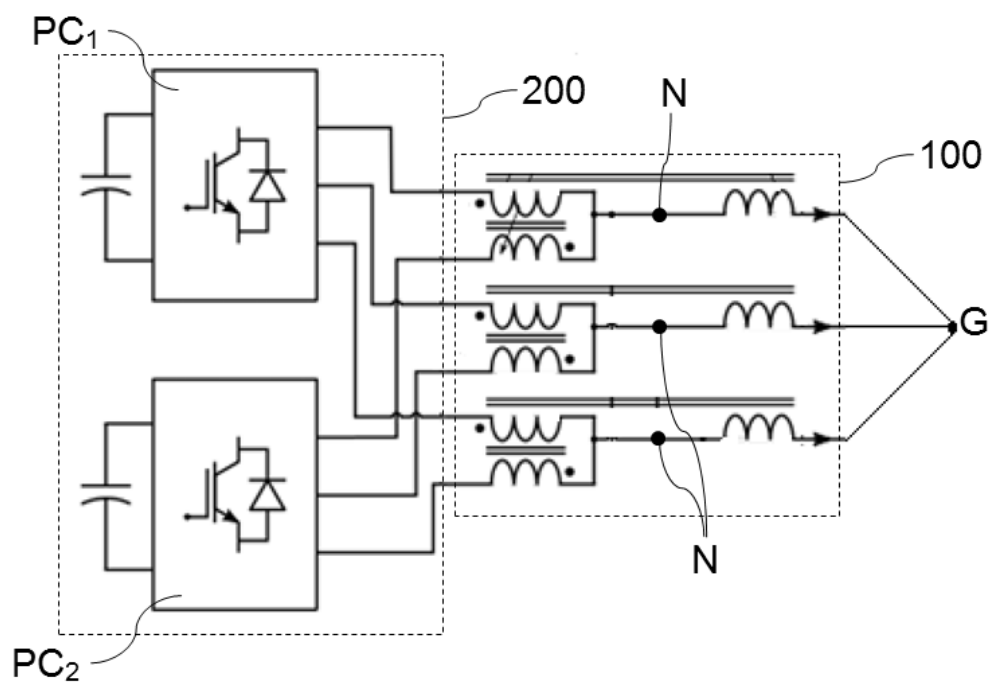


Fig. 2

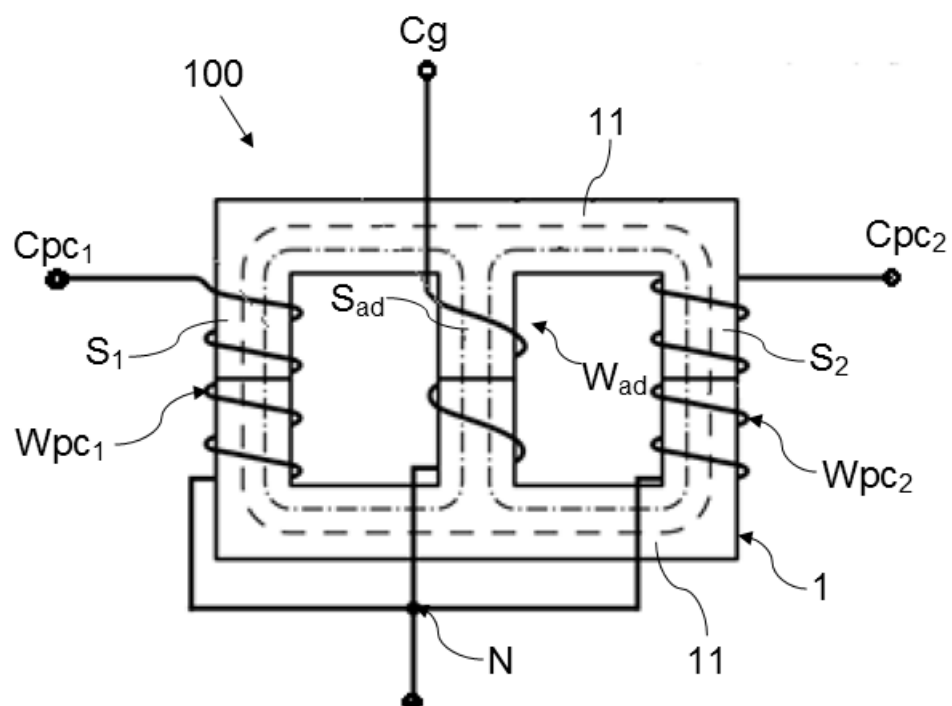


Fig. 3

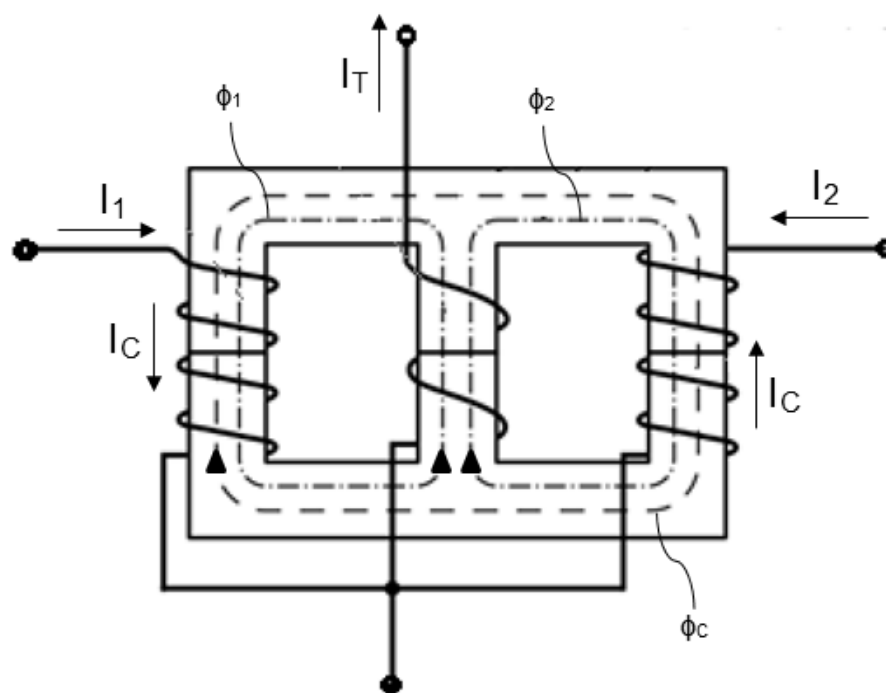


Fig. 4

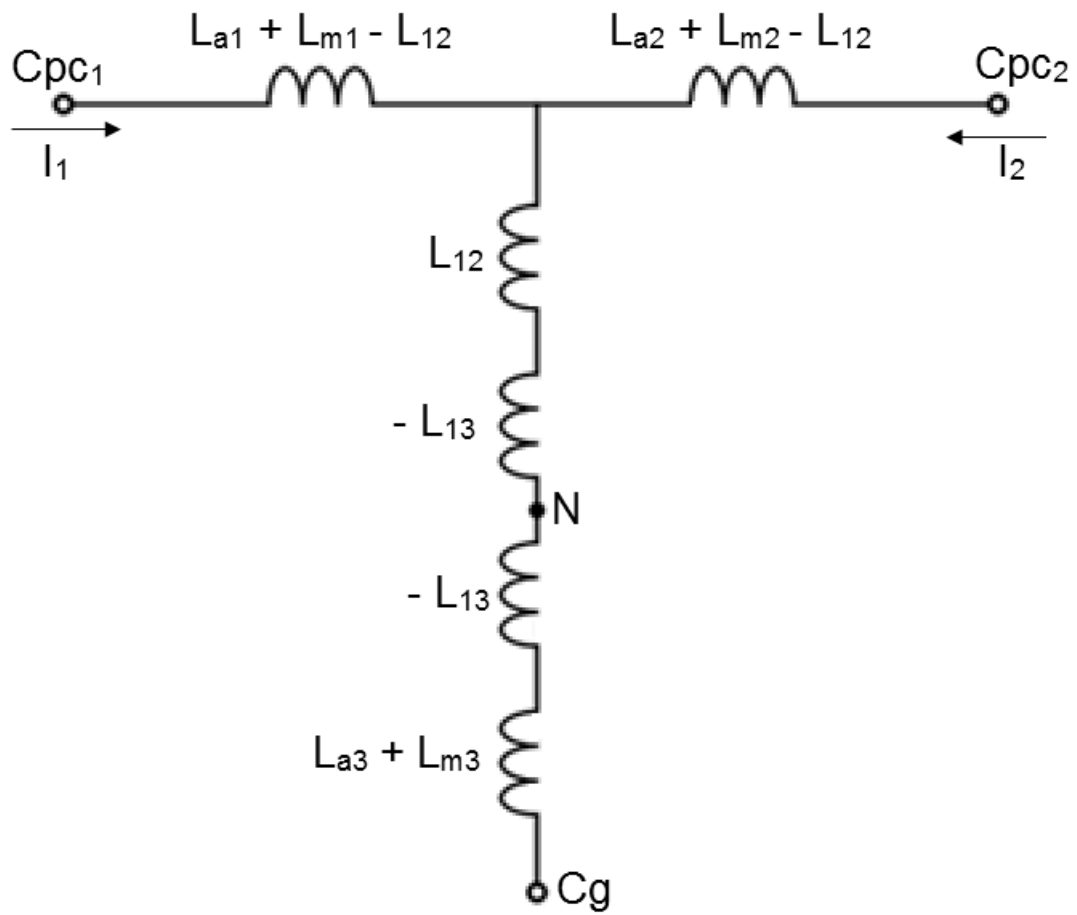


Fig. 5

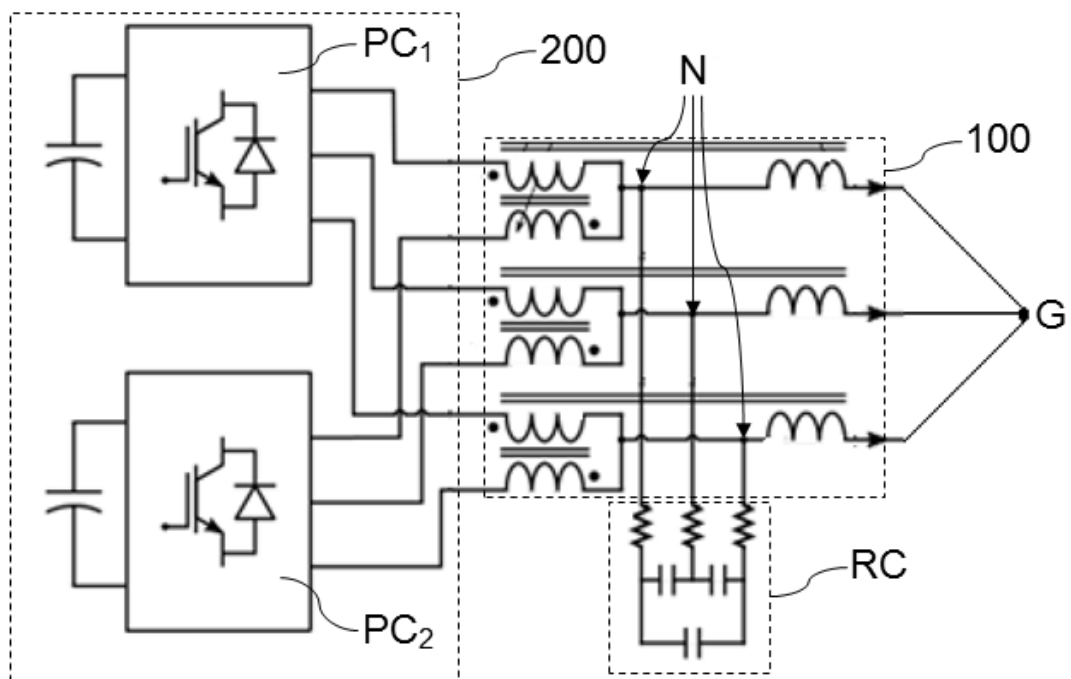


Fig. 6a

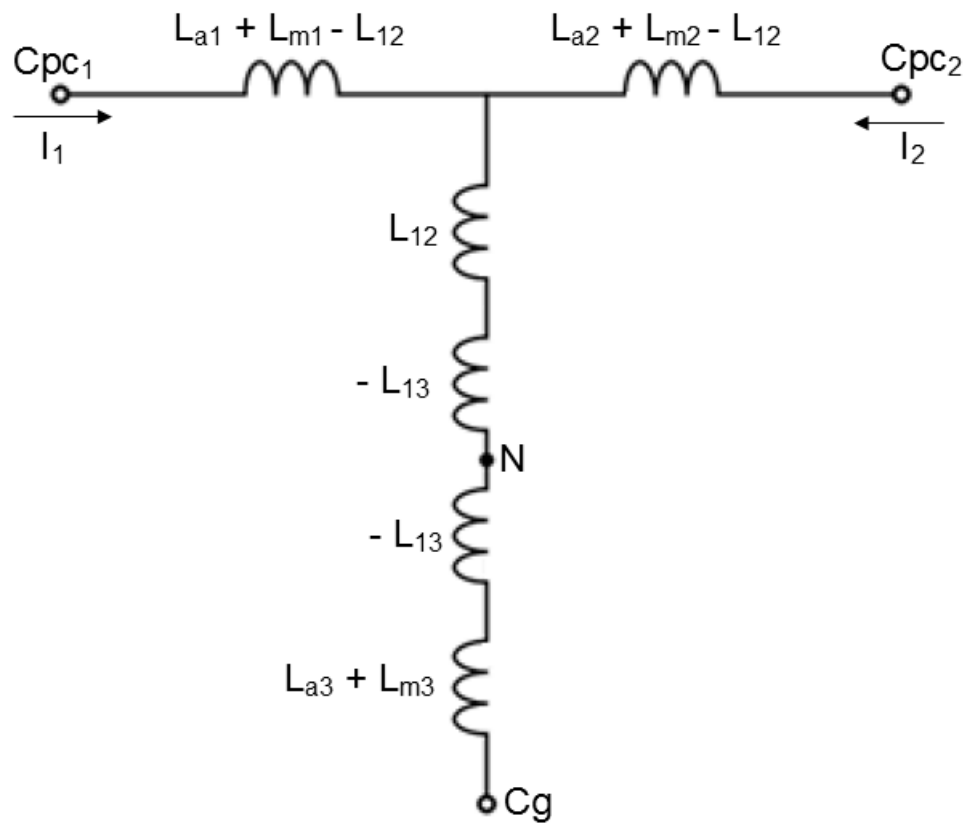


Fig. 6b

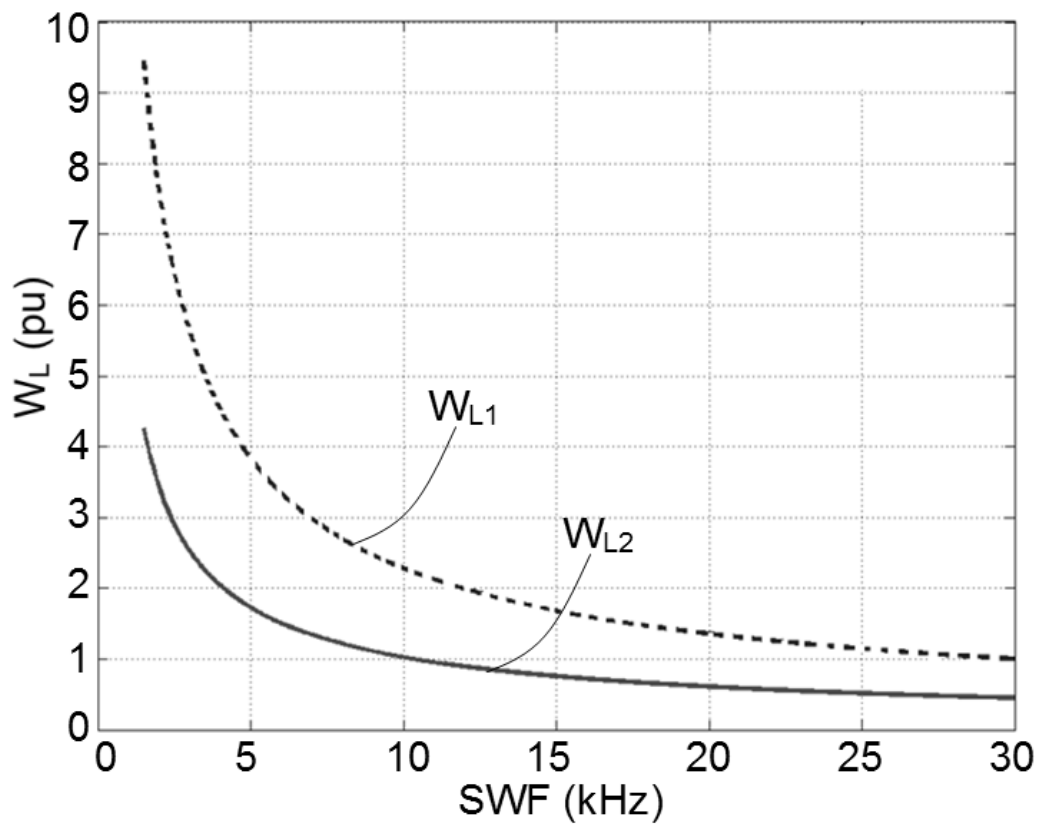


Fig. 7