

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 303**

51 Int. Cl.:

**H03H 7/01**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2016 E 16173104 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 3125426**

54 Título: **Método para diseñar un filtro sintonizado múltiple en un sistema de corriente continua de alto voltaje**

30 Prioridad:

**30.07.2015 KR 20150108403**

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

**28.05.2020**

73 Titular/es:

**LSIS CO., LTD. (100.0%)  
127, LS-ro, Dongan-gu  
Anyang-si, Gyeonggi-Do 14119, KR**

72 Inventor/es:

**CHYUN, YI KYUNG**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

**ES 2 763 303 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**

Método para diseñar un filtro sintonizado múltiple en un sistema de corriente continua de alto voltaje

5 Antecedentes

La presente descripción se refiere a un método para diseñar un filtro sintonizado múltiple (en lo sucesivo, "MTF") de acuerdo con las características de un sistema de corriente continua de alto voltaje (en lo sucesivo, "HVDC").

10 En un sistema de HVDC, un filtro de armónicos evita que los armónicos generados en la conversión de potencia a través de la operación de un convertidor se introduzcan en un sistema de CA, y también sirve como fuente de potencia reactiva en el consumo de potencia reactiva. La mayoría de los sistemas de HVDC de tipo actual funcionan con 12 pulsos y, por lo tanto, generan armónicos característicos de  $12 \pm 1$  órdenes como los órdenes 11, 13, 23 y 25. Particularmente, dado que las magnitudes de los armónicos de orden 11 y 13 son grandes, se utilizan filtros de orden 15 11 y 13 para disminuir las magnitudes de los armónicos de orden 11 y 13.

En los sistemas de HVDC de tipo actual, la mayoría de los convertidores funcionan con 12 pulsos. En un sistema de HVDC de 80 kV y 60 MW instalado actualmente en Jeju, Corea, un convertidor también está configurado como un convertidor de 12 pulsos utilizando una conexión en serie de dos grupos de 6 pulsos.

20 En el sistema de HVDC, un filtro sintonizado simple (STF) o filtro sintonizado doble (DTF) se usa ampliamente como filtro de armónicos. Se pueden usar fórmulas para impedancias en serie y paralelas del filtro para diseñar el filtro.

El diseño de un filtro se realiza mediante un cálculo pasivo basado en clasificaciones de diseño o rendimientos de elementos pasivos incluidos en el filtro. Por lo tanto, no existe una manera o método exacto, eficiente y estandarizado.

Los siguientes documentos han sido seleccionados de la técnica anterior como representativos del tema de la presente solicitud:

30 D1: SHADY HOSSAM ELDEEN ABDEL ALEEM ET AL: "Optimal C-Type Passive Filter Based on Minimization of the Voltage Harmonic Distortion for Nonlinear Loads", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, vol. 59, no. 23, 17 de enero de 2010 (2010-01-17), páginas 281-289, XP055325951, DOI: 10.1109/TIE.2011.2141099

35 D2: ISLAM F. MOHAMED ET AL: "Optimal Sizing of C -Type Passive Filters under Non-Sinusoidal Conditions", ENERGY TECHNOLOGY & POLICY, vol. 1, no. 1, 1 de enero de 2014 (2014-01-01), páginas 35-44, XP055325955, DOI: 10.1080/23317000.2014.969453

40 D3: Ryszard Klempka: "A New Method for the C-Type Passive Filter Design", Akademia Gorniczo-Hutnicza, Elektrotechniki Wydzial, Automatyki, Elektroniki Informatyki I, 1 de enero de 2012 (2012-01-01), páginas 277-281, XP055325958, Recuperado de Internet: URL: [http:// pe.org.pl/articles/2012/7a/62.pdf](http://pe.org.pl/articles/2012/7a/62.pdf) [recuperado el 05-12-2016]

D4: KR 2014-0130319 A

45 D5: LEITE JANDECY CABRAI ET AL: "Planning Passive Filters Using NSGA II for Industry Applications", 2014 11TH IEEE/IAS INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE, 7 de diciembre de 2014 (2014-12-07), páginas 1-8, XP032746684, DOI: 10.1109/INDUSCON.2014.7059456 [recuperado el 12-03-2015]

50 D6: YING-PIN CHANG ET AL: "Design of Harmonic Filters Using Combined Feasible Direction Method and Differential Evolution", 2004 INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER SYSTEM TECHNOLOGY - POWERCON: SINGAPUR, 21 - 24 DE NOVIEMBRE DE 2004, IEEE OPERATIONS CENTER, PISCATAWAY, NJ, vol. 1, 21 de noviembre de 2004 (2004-11-21), páginas 812-817, XP010812525, DOI: 10.1109/ICPST.2004.1460105 ISBN: 978-0-7803-8610-5.

55 El documento D1 describe un método para un diseño óptimo de filtros pasivos tipo C basado en la minimización de la distorsión armónica de voltaje total (VTHD) de una carga no lineal (D1, cap. I, p. 282, 11. 30-32). Se utiliza una técnica de optimización numérica para determinar los valores óptimos R para una resistencia de amortiguación, X para un inductor y Xcm para un condensador (D1, cap. VII, p. 285, 11. 1-4 y Figura 1). La técnica de optimización numérica se basa en una teoría de optimización no lineal llamada FFSQP implementada como rutina FORTRAN.

60 El documento D2 revela el diseño óptimo de los filtros pasivos de tipo C basados en la maximización de un factor de potencia cuando el filtro está en condiciones no sinusoidales. La caja de herramientas Algoritmo genético proporcionada por el software MatLab se selecciona para determinar el diseño óptimo requerido y para establecer la idoneidad y efectividad del filtro pasivo tipo C (D2, cap. I, p. 36, 11. 2-11).

65 El documento D3 describe un método para determinar los parámetros de filtro de tipo C. El método consiste en suponer, en la fase de diseño, una distribución deseada de la corriente armónica entre el filtro sintonizado a ese

armónico y la red de suministro (D3, p. 277; párrafos primero a segundo del capítulo "Determination of the C-Type Filter Parameters").

5 El documento D4 describe un método para diseñar un filtro sintonizado múltiple (MTF) de un sistema de corriente continua de alto voltaje (HVDC) en el que se tienen en cuenta el costo de producción, así como el rendimiento (D4, párrafo [0006]).

10 El documento D5 revela una formulación de objetivos múltiples para el problema de selección y colocación de filtros pasivos múltiples que incluye la maximización de los beneficios de compensación de potencia reactiva logrados por los filtros pasivos como compensadores reactivos (cf. D5, p. 1, col. 2, penúltimo párrafo).

15 El documento D5 resuelve el problema utilizando el "Non-dominated Sorting Genetic Algorithm" (NSGA II) de Deb et al. La resolución del problema de planificación de múltiples filtros pasivos requiere la selección del número y la ubicación de los filtros. Luego, si el usuario define varios esquemas de compensación (número y ubicación de los filtros), el programa de optimización puede seleccionar cuál de estos esquemas es el mejor (cf. D5, p. 3, col. 1, segundo párrafo).  
 Teniendo en cuenta que los buses K candidatos están disponibles para la colocación de filtros y que se utiliza una variable adicional para seleccionar el mejor esquema de compensación, se forma un vector  $x$  de elementos  $i+3$  ( $M+i$ ) que representa todas las variables independientes que se optimizarán (cf. D5, p. 3, col. 1, 3er párrafo), en donde  $M$  denota el número de ramificaciones (cf. D5, p. 2, Tabla 1 y descripción asociada). El NSGA II luego busca MTF para los  
 20 cuales, bajo las restricciones detalladas en la sección II.2 del documento D5, la compensación de potencia reactiva (cf. D5, fórmula (2)), la distorsión de la demanda total de la corriente (TDD) (cf. D5, fórmula (5)), la distorsión armónica total (THD) (cf. D5, fórmula (6)) y las violaciones de restricciones (cf. D5, fórmula (16)) se minimizan. En otras palabras, el documento D5 revela la selección, bajo restricciones, de un MTF óptimo simultáneamente con una compensación de potencia reactiva mínima, TDD mínimo y THD mínimo y violaciones de restricciones mínimas.

25 El documento D6 revela el diseño de filtros armónicos utilizando el método combinado de dirección factible (FDM) y la evolución diferencial (DE) (cf. D6, último párrafo de la sección I.). D6 no revela la función objetivo como una suma ponderada de funciones objetivo parciales de THD y TDD solo. En la fórmula (27), la pérdida total del filtro también está presente, por lo que la convergencia del algoritmo de optimización es más lenta.

30 Resúmen

35 Los inconvenientes mencionados anteriormente se resuelven con un método de diseño implementado por el controlador de acuerdo con la reivindicación 1. Las características opcionales del método se definen en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

40 De acuerdo con la presente descripción, es posible implementar un MTF en un sistema de HVDC, que tiene una combinación óptima de R, L y C, que satisface un valor de regulación de voltaje armónico y un nivel permisible de corriente armónica considerando la eficiencia y la reducción de armónicos a través del método descrito anteriormente.

45 Los detalles de una o más modalidades se exponen en los dibujos acompañantes y la descripción más abajo. Otras características serán evidentes a partir de la descripción y los dibujos, y de las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

50 La Figura 1 es un diagrama de configuración que ilustra un sistema de HVDC general.  
 La Figura 2 es un diagrama de configuración que ilustra un modelo de armónicos equivalentes que corresponde a un sistema de HVDC en el que está incorporado un filtro de armónicos.  
 La Figura 3 es un diagrama ejemplar que ilustra un método para diseñar un MTF usando un circuito equivalente de acuerdo con una modalidad.  
 La Figura 4 es un diagrama de configuración de bloques que ilustra un dispositivo de configuración de parámetros de filtro del MTF al que se aplica la modalidad.  
 Las Figuras 5 y 6 son diagramas de flujo que ilustran el método de acuerdo con la modalidad.

55 Descripción detallada de las realizaciones

60 En lo adelante, se describirá en detalle una modalidad ilustrativa con referencia a los dibujos acompañantes. En los dibujos, los tamaños, grosores y similares de los dispositivos se exageran para facilitar la ilustración. Los números de referencia iguales indican elementos similares a lo largo de la descripción y los dibujos.

La Figura 1 es un diagrama de configuración que ilustra un sistema de HVDC general.

65 En referencia a la Figura 1, un MTF instalable en un sistema de HVDC de 80 kV se ilustra en el sistema de HVDC. El sistema de HVDC de 80 kV tiene un sistema típico de dos electrodos y está configurado con un convertidor de 12 pulsos que tiene los mismos dos electrodos.

El convertor del sistema de HVDC puede generar una corriente armónica de un valor especificado o más. Por lo tanto, a menos que se realice el filtrado, la corriente armónica puede crear distorsión en un voltaje de CA y perturbar el funcionamiento normal del sistema.

5 Un filtro de armónicos permite que una corriente armónica fluya a través de ellos formando una línea paralela con una pequeña impedancia, de modo que la corriente armónica se encuentre dentro de un rango en el que se pueda permitir la distorsión de un voltaje de CA.

10 El convertor de 12 pulsos tiene armónicos característicos de  $12n \pm 1$  órdenes. Por lo tanto, los componentes armónicos requeridos en el filtro pueden ser componentes de orden 11, 13, 23 y 25. Los componentes armónicos de órdenes superiores a los órdenes 11, 13, 23 y 25 pueden ser atenuados por un filtro de paso alto.

15 El sistema de HVDC de 80 kV puede incluir un MTF y un filtro de paso alto, que compensan una potencia reactiva de 17 Mvar. En el MTF, un banco de condensadores de alto voltaje C1 y un reactor de núcleo de aire de bajo voltaje L1 pueden estar acoplados en serie entre sí, y un banco de condensadores de bajo voltaje C2 y un reactor de núcleo de aire L2 pueden estar acoplados en paralelo a cada uno otro. Aquí, el filtro de armónicos puede funcionar para suministrar potencia reactiva al sistema a 60 Hz.

20 La Figura 2 es un diagrama de configuración que ilustra un modelo de armónicos equivalentes que corresponde a un sistema de HVDC en el que está incorporado un filtro de armónicos.

Con referencia a la Figura 2, un convertor de HVDC de tipo de corriente puede absorber la potencia reactiva de un sistema de CA y suministrar la potencia reactiva requerida en el convertor a través de un filtro de armónicos.

25 El convertor de HVDC puede modelarse como una fuente de energía armónica de corriente constante en una etapa de CA del mismo, y puede modelarse como una fuente de energía armónica de voltaje constante en una etapa de CC del mismo. El filtro de armónicos funciona para evitar que los armónicos generados en el convertor de HVDC se introduzcan en el sistema de CA y, por lo tanto, un modelo de armónico equivalente que utiliza una fuente de energía de armónicos de corriente constante en una etapa de CA del mismo, como se muestra en la Figura 2, puede usarse como el filtro de armónicos.

30 Aquí,  $I_n$  denota una corriente armónica generada por el convertor de HVDC, e  $I_{fn}$  e  $I_{sn}$  denotan corrientes armónicas introducidas en el filtro y el sistema de CA, respectivamente.  $Z_{fn}$  y  $Z_{sn}$  denotan impedancias armónicas del sistema de CA, respectivamente, y  $V_{sn}$  denota un voltaje armónico del sistema de CA.

35 El rendimiento del filtro de armónicos depende del valor de admitancia del sistema de CA. Dado que el valor de admitancia del sistema de CA varía temporalmente dependiendo del estado de un sistema de potencia real, es difícil obtener un valor de admitancia exacto a una frecuencia dada. Por lo tanto, en el diseño de un filtro de armónicos, la admitancia a una frecuencia dada puede determinarse en un plano complejo que tiene un ángulo de admitancia como límite.

La Figura 3 es un diagrama ejemplar que ilustra un método para diseñar un MTF usando un circuito equivalente de acuerdo con una modalidad.

45 En referencia a la Figura 3, cuando un filtro de CA (o filtro de armónicos) está diseñado para un sistema de HVDC, es necesario considerar la distorsión armónica, la confiabilidad del sistema, el costo, etc.

50 En un filtro de armónicos, se genera el costo correspondiente a un banco. Por lo tanto, un filtro de armónicos implementado mediante el acoplamiento de los mismos bancos de filtros en paralelo entre sí, como se muestra en la Figura 3 (b) o 3 (c), utiliza un espacio más pequeño para eliminar el mismo número de armónicos que un filtro de armónicos que utiliza dos filtros sintonizados (en adelante, denominados 'STF') para eliminar dos armónicos como se muestra en la Figura 3 (a), lo cual es económicamente ventajoso.

55 Además, se puede usar la forma de un MTF de tipo amortiguado que incluye una resistencia de amortiguación R acoplada en paralelo a un tanque de resonancia LC paralelo como se muestra en la Figura 3 (c).

La manera de circuito equivalente puede ser una manera que puede abordarse con relativa facilidad en el diseño de un MTF.

60 Para el diseño del MTF, la cantidad total de potencia reactiva a compensar se distribuye equitativamente a los STF, y se selecciona un valor de parámetro de cada STF.

Cuando se selecciona el valor del parámetro del STF, es necesario determinar la magnitud de un voltaje aplicado al filtro y la cantidad de potencia reactiva que el filtro debe compensar.

65 Debido a la estructura de un filtro LC en serie, un condensador y un inductor en el filtro LC en serie están acoplados en

serie entre sí y, por lo tanto, la reactancia del filtro puede ser una diferencia de reactancia entre el capacitor y el inductor.

5 Mientras tanto, la impedancia de todo el filtro en un armónico de orden  $h$  debe ser un valor de 0 y, por lo tanto, la reactancia del condensador es igual a un valor obtenido multiplicando la reactancia del inductor por el cuadrado de  $h$ .

10 De acuerdo con el método descrito anteriormente, un convertor del sistema de HVDC genera una corriente armónica de un valor especificado o más, y por lo tanto, se instala un filtro de armónicos para permitir que la corriente armónica fluya a su través, de modo que la corriente armónica esté dentro un rango en el que se puede permitir la distorsión de un voltaje de CA.

15 El convertor de 12 pulsos tiene armónicos característicos de  $12n \pm 1$  órdenes. Por lo tanto, los componentes armónicos requeridos en el filtro son componentes de orden 11, 13, 23 y 25. Los componentes armónicos de órdenes superiores a las órdenes 11, 13, 23 y 25 pueden ser atenuados por un filtro de paso alto.

20 Como se muestra en un diagrama ejemplar de la Figura 3 (b), en el MTF, un banco de condensadores de alto voltaje C1 y un reactor de núcleo de aire de bajo voltaje L1 pueden estar acoplados en serie entre sí, y un banco de condensadores de bajo voltaje C2 y un reactor de núcleo de aire L2 pueden estar acoplados en paralelo entre sí. Además, el MTF puede configurarse acoplando en serie una pluralidad de tanques de resonancia LC, cada uno configurado acoplando un banco de condensadores de bajo voltaje C3 y un reactor de núcleo de aire L3 en paralelo entre sí de acuerdo con los armónicos a eliminar.

25 El filtro de armónicos funciona para suministrar potencia reactiva al sistema a 60 Hz. Por lo tanto, los terminales de un rectificador y un inversor absorben potencia reactiva en proporción a la potencia activa intercambiada entre un convertor y un sistema de CA. Dado que el filtro de armónicos usa condensadores, es posible suministrar la potencia reactiva requerida al convertor. Si la potencia reactiva no está suficientemente compensada por el filtro, un voltaje de CA en el terminal puede no tener una magnitud suficiente para operar normalmente el convertor.

30 Mientras tanto, un convertor de HVDC es una fuente de energía armónica de voltaje constante en una etapa de CC, y puede modelarse como una fuente de energía armónica de corriente constante en una etapa de CA. Dado que es una de las funciones del filtro evitar la introducción de armónicos generados en el convertor de HVDC en el sistema de CA, es necesario realizar un modelado para el análisis de armónicos en la etapa de CA.

35 Aquí, un filtro y un sistema de potencia (por ejemplo, un sistema de CA) acoplados al mismo pueden expresarse o modelarse usando la impedancia.

40 Se puede diseñar un filtro después de un grado en el que se introduce una corriente armónica generada en el convertor en el sistema y se determinan las características armónicas de un voltaje correspondiente al grado utilizando el modelo de la Figura 2.

Además, un modelo puede implementarse fácilmente cambiando un valor de resistencia en el filtro para mejorar la estabilización de una relación entre el filtro y el sistema de potencia acoplado al mismo.

45 La Figura 4 es un diagrama de configuración de bloques que ilustra un dispositivo de configuración de parámetros de filtro del MTF al que se aplica la modalidad.

Con referencia a la Figura 4, el dispositivo de configuración de parámetros de filtro 100 puede incluir una unidad de entrada 110, una unidad de almacenamiento 120 y un controlador 130.

50 La unidad de entrada 110 puede funcionar para recibir un parámetro de entrada y un valor de resistencia correspondiente al MTF.

55 La unidad de entrada 110 permite a un usuario generar datos de entrada para controlar una operación del dispositivo de configuración de parámetros de filtro 100. La unidad de entrada 110 puede configurarse como un teclado, un interruptor de domo, un panel táctil, una rueda de desplazamiento, un interruptor de avance o similar.

Además, la unidad de entrada 110 puede funcionar para interactuar con todos los dispositivos externos acoplados al dispositivo de configuración de parámetros de filtro 100.

60 La unidad de almacenamiento 120 puede almacenar el procesamiento del controlador 130 y un programa para el control. La unidad de almacenamiento 120 puede funcionar para almacenar arbitrariamente datos de entrada/salida (parámetros de entrada y valores de resistencia) y datos de resultados calculados y calculados por el controlador 130 o almacenarlos como datos de resultados finales. De acuerdo con una modalidad, la unidad de almacenamiento 120 puede almacenar información sobre un valor ponderado de una función objetivo individual y datos sobre combinaciones de L y C como componentes de filtro. Además, la unidad de almacenamiento 120 puede almacenar información sobre la evaluación para formar un filtro que tiene una combinación óptima de L y C a la que se aplica el

valor ponderado de la función objetivo individual y la información sobre varias veces de la evaluación.

El controlador 130 puede funcionar para controlar las operaciones generales del dispositivo de configuración de parámetros de filtro 100, que se realizan en el dispositivo de configuración de parámetros de filtro 100.

5 El controlador 130 puede implementarse en forma de un microcontrolador o microprocesador. El controlador 130 puede establecer una frecuencia de resonancia correspondiente al MTF y un valor de resistencia dentro de un rango de referencia preestablecido. Además, el controlador 130 puede establecer un valor de parámetro correspondiente al MTF, basado en el parámetro de entrada, la frecuencia de resonancia y el valor de resistencia.

10 El controlador 130 puede determinar si un componente armónico individual o una relación de distorsión armónica total satisface un nivel de valor de referencia, y restablecer la frecuencia de resonancia basándose en un resultado de determinación.

15 El controlador 130 puede establecer o restablecer el valor de resistencia dentro del rango preestablecido a medida que una carga o sistema se acopla al MTF, garantizando así la seguridad.

El controlador 130 crea una función objetivo de reducción de armónicos, y permite que un voltaje armónico o corriente armónica se reduzca al máximo de acuerdo con la función objetivo creada. En consecuencia, es posible diseñar un MTF de acuerdo con la aplicación de valor ponderado y la evaluación de compatibilidad.

20 En lo sucesivo, en base a la configuración descrita anteriormente, el método de acuerdo con la modalidad se describirá en detalle con referencia a las Figuras 5 y 6.

25 Las Figuras 5 y 6 son diagramas de flujo que ilustran el método de acuerdo con la modalidad.

Con referencia a las Figuras 5 y 6, en el diseño de un MTF, se establece un parámetro de entrada correspondiente al MTF (S510). Específicamente, se establece un parámetro de entrada correspondiente al MTF cuando se establece un parámetro óptimo correspondiente al MTF. El parámetro de entrada puede ser un parámetro relacionado con la calificación o el rendimiento objetivo del MTF. El parámetro de entrada incluye al menos uno de un voltaje nominal de una carga o sistema acoplado al MTF, potencia reactiva a compensar por el MTF y una frecuencia de filtrado.

La carga o sistema acoplado al MTF es un sistema de potencia de un sistema de HVDC.

35 La frecuencia de filtrado es una frecuencia para ser filtrada por el MTF, y puede incluir una primera frecuencia de filtrado y una segunda frecuencia de filtrado mayor que la primera frecuencia de filtrado.

Por ejemplo, cuando los componentes armónicos a filtrar son los componentes armónicos de orden 11 y 13 descritos anteriormente, la primera frecuencia de filtrado puede ser una frecuencia correspondiente al componente armónico de orden 11, y la segunda frecuencia de filtrado puede ser una frecuencia correspondiente al componente armónico de orden 13.

Si se establece el parámetro de entrada correspondiente al MTF, se establece una frecuencia de resonancia del MTF (S520). Específicamente, la frecuencia de resonancia establecida establece un valor inicial de la frecuencia de resonancia, y el ajuste de la frecuencia de resonancia se realiza en base a la frecuencia de filtrado a ser filtrada por el MTF.

Por ejemplo, la frecuencia de resonancia puede establecerse como una frecuencia que existe dentro de un rango entre las primera y segunda frecuencias de filtrado. Específicamente, el valor inicial de la frecuencia de resonancia puede establecerse como la primera frecuencia de filtrado.

Si se completa el ajuste de la frecuencia de resonancia, se calculan los valores de L y C que se convierten en parámetros de filtro que forman la impedancia de un filtro para que coincida con la frecuencia de resonancia (S530).

55 Por ejemplo, el MTF puede incluir una primera unidad de circuito LC, una segunda unidad de circuito LC y una tercera unidad de circuito LC, que están acopladas en serie entre sí. La primera unidad de circuito LC puede tener una estructura en la que un primer condensador y un primer inductor están acoplados en serie entre sí, y la segunda unidad de circuito LC puede tener una estructura en la que un segundo condensador y un segundo inductor están acoplados en paralelo entre sí. La tercera unidad de circuito LC puede tener una estructura en la que un tercer condensador y un tercer inductor están acoplados en paralelo entre sí.

En este caso, el parámetro de filtro puede incluir al menos uno de un valor de capacitancia del primer capacitor, un valor de inductancia del primer inductor, un valor de capacitancia del segundo capacitor, un valor de inductancia del segundo inductor, un valor de capacitancia del tercer condensador y un valor de inductancia del tercer inductor. Además, la frecuencia de resonancia del filtro puede ser una frecuencia de resonancia paralela correspondiente a las segunda y tercera unidades de circuito LC.

5 Se identifican las características de impedancia de filtro de los valores calculados de L y C (S540), y los valores de L y C de acuerdo con las características de impedancia de filtro identificadas se combinan y almacenan para cada frecuencia de resonancia (S550). Específicamente, los casos en los que la impedancia del filtro identificada se incluye en un rango de valores de referencia preestablecidos se corresponden con los valores de L y C para cada frecuencia de resonancia, y los casos coincidentes se almacenan. La combinación de LC se puede crear como uno o más casos diferentes.

10 La optimización multiusos de reducción de armónicos se realiza en la combinación de LC para cada frecuencia de resonancia (S560). Específicamente, en la optimización multiusos de reducción de armónicos, se realiza una operación para seleccionar una combinación óptima de componente de filtro obtenida considerando una distorsión armónica total (THD) y una distorsión de demanda total de corriente (TDD) en una pluralidad de casos combinados creados por La combinación de LC. La operación para la optimización multiusos de reducción de armónicos se describirá en detalle con referencia a la Figura 6.

15 Se forma una función objetivo de reducción de armónicos para realizar la optimización multiusos de reducción de armónicos (S610). Específicamente, la función objetivo de reducción de armónicos está configurada con una primera función objetivo y una segunda función objetivo.

20 La primera función objetivo es una función que tiene el THD como mínimo, y puede reducir al máximo un voltaje armónico.

La primera función objetivo se representa como se muestra en las siguientes ecuaciones 1 y 2.

25 Ecuación 1

$$30 \quad F_1 = \min THD = \min \sqrt{\sum_{i=2}^{50} \left(\frac{V_i}{V_1}\right)^2}$$

35 Ecuación 2

$$40 \quad V_i = \frac{I_i}{Y_{si} + \sum Y_{MTFi}}$$

Aquí, yo es un número armónico,  $V_1$  es un voltaje armónico fundamental,  $V_i$  es un voltaje armónico i-ésimo,  $Y_{si}$  es una admitancia armónica i-ésima del sistema, y  $Y_{MTFi}$  es la admitancia armónica i-ésima de MTF.

45 Es decir, la primera función objetivo  $F_1$  puede calcular un THD mínimo sobre la base de voltajes armónicos de armónicos de orden 50 secundario.

50 La segunda función objetivo es una función que tiene el TDD como mínimo, y puede reducir al máximo una corriente armónica.

La segunda función objetivo se representa como se muestra en la Ecuación 3.

Ecuación 3

$$55 \quad F_2 = \min TDD = \min \sqrt{\sum_{i=2}^{50} \left(\frac{I_i}{I_1}\right)^2}$$

60 Aquí, yo soy un número armónico,  $I_1$  es un voltaje armónico fundamental, e  $I_i$  una corriente armónica i-ésima.

Es decir, la segunda función objetivo  $F_2$  calcula un TDD mínimo sobre la base de las corrientes armónicas del secundario a los armónicos de orden 50.

65 Si se crea una función objetivo de reducción de armónicos que incluye el THD y el TDD calculados, se establece una condición límite que se aplicará a la función objetivo (S620). Específicamente, se puede seleccionar una demanda de potencia reactiva del filtro como condición limitante. La condición limitante puede incluir adicionalmente información de

precio o información de pérdida basada en el precio y el número de cada uno de Rs, Ls y Cs, que constituyen el filtro. Por lo tanto, el filtrado secundario se puede realizar en casos de combinación de LC óptimos sobre la base de la información de precios o información de pérdidas.

5 Si se selecciona la condición limitante a aplicar además de las funciones objetivo individuales como se describe anteriormente, se selecciona un valor ponderado para cada una de las funciones objetivo (S630). Específicamente, el valor ponderado W se configura con un primer valor ponderado W1 que se aplicará a la primera función objetivo F<sub>1</sub> y un segundo valor ponderado W2 que se aplicará a la segunda función objetivo F<sub>2</sub>. El valor ponderado W es una suma del primer valor ponderado W1 y el segundo valor ponderado W2 como se muestra en la siguiente Ecuación 4.

10

Ecuación 4

$$15 \quad \begin{array}{l} \text{Valor ponderado total (w)} \\ \text{Segundo valor ponderado (W2)} \end{array} = \text{Primer valor ponderado (W1)} +$$

20 El valor ponderado total W, es decir, la suma del primer valor ponderado W1 y el segundo valor ponderado W2 puede ser 1, y la relación de los primero y segundo valores ponderados W1 y W2 aplicados respectivamente a las primera y segunda funciones objetivo F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> puede variar dependiendo de un valor de regulación de voltaje armónico y un nivel permisible de corriente armónica.

25 En teoría, por ejemplo, en el diseño de un MTF, si solo existe el valor de regulación de voltaje armónico, la relación del primer valor ponderado W1 aplicado a la primera función objetivo puede establecerse en "1" y la relación del segundo valor ponderado W2 aplicado a la segunda función objetivo puede establecerse en "0". Alternativamente, si solo existe el nivel permisible de corriente armónica, la relación del primer valor ponderado W1 aplicado a la primera función objetivo puede establecerse en "0", y la relación del segundo valor ponderado W2 aplicado a la segunda función objetivo puede ser establecido en "1." Es decir, el segundo valor ponderado W2 que se aplicará a la segunda función objetivo se puede configurar para que sea más alto que el primer valor ponderado W1. Alternativamente, si existen tanto el valor de regulación de voltaje armónico como el nivel permisible de corriente armónica, las relaciones de los primero y segundo valores ponderados que se aplicarán respectivamente a las primera y segunda funciones objetivo pueden aplicarse igualmente.

35 La relación descrita anteriormente del valor ponderado aplicado a la función objetivo se describe como un ejemplo, y la relación del valor ponderado aplicado a la función objetivo se puede configurar para variar de acuerdo con una referencia de selección de valor ponderado y un grado ponderado de cada función objetivo.

40 La compatibilidad de las primera y segunda funciones objetivo F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> a los que se aplican los valores ponderados respectivos (S640). Específicamente, los primero y segundo valores ponderados W1 y W2 se aplican respectivamente a las primera y segunda funciones objetivo F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> de acuerdo con el valor de regulación de voltaje armónico y el nivel de tolerancia de corriente armónica, y las unidades se integran con respecto a las primera y segunda funciones objetivo F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> a los que se aplican los valores ponderados respectivos, realizando así una evaluación de compatibilidad.

45 La evaluación de compatibilidad extrae un caso de combinación cuyo valor resultante tiene un mínimo en un estado en el que las funciones objetivo y los valores ponderados se aplican respectivamente a los casos de combinación de LC. En este momento, se puede extraer una pluralidad de casos de combinación de LC de los casos de combinación de LC en un orden en el que tienen valores mínimos de acuerdo con una referencia de evaluación de compatibilidad (filtrado primario) y filtrado secundario para extraer un caso de combinación de LC óptimo de acuerdo con Se puede realizar información de precios o pérdidas entre las condiciones limitantes preestablecidas.

50 Por lo tanto, los casos de combinación de LC pueden extraerse en un orden en el que tienen valores mínimos calculando una única función objetivo utilizando una suma de la primera y segunda funciones objetivo a las que se aplican los respectivos valores ponderados.

55 Una vez completada la evaluación de compatibilidad, si el número de veces que se extraen casos combinados de R, L y C excede un número de referencia de veces, y se extrae un caso combinado que tiene la compatibilidad mínima, se finaliza la optimización multipropósito (S650). El número de veces de extracción puede ser el número de casos combinados de R, L y C.

60 Por lo tanto, si se finaliza la optimización multipropósito, se determina si el caso de combinación de LC extraído satisface el nivel de asignación en función de las especificaciones de rendimiento, estándar o de diseño, que se requieren en el MTF (S570).

65 Cuando se determina que el caso de combinación de LC extraído satisface un nivel de tolerancia preestablecido, los R,



L y C extraídos y una frecuencia de resonancia coincidente pueden almacenarse (S580).

Por lo tanto, el MTF está acoplado a una carga o sistema, en base a un valor de resistencia combinado a través de los procesos descritos anteriormente.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método implementado por controlador para diseñar un filtro sintonizado múltiple, MTF, configurado para filtrar componentes armónicos en un sistema de corriente continua de alto voltaje, HDVC, el método comprende:

10 establecer (S510) un parámetro de entrada correspondiente al MTF, en donde el parámetro de entrada incluye uno de un voltaje nominal del sistema de HVDC, una potencia reactiva que será compensada por el MTF, y una frecuencia de componente armónico de filtración para ser filtrada por el MTF;

15 establecer (S520) una frecuencia de resonancia del MTF basada en las frecuencias de los componentes armónicos a filtrar;

20 calcular (S530) los valores de capacitancia de los condensadores, C, del MTF y los valores de inductancia de los inductores, L, del MTF que coinciden con la frecuencia de resonancia del MTF para obtener casos de combinación de LC del MTF; identificar (S540) las características de impedancia del filtro de los valores calculados de L y C y almacenar (S550) los valores de los casos de combinación de LC correspondientes;

25 calcular (S560, S610) una primera función objetivo (F1) que tiene una distorsión armónica total (THD) como mínimo y calcular una segunda función objetivo (F2) que tiene una distorsión de demanda total de corriente (TDD) como mínimo, para cada uno de los casos combinados de LC obtenidos;

30 aplicar respectivamente (S560, S640) los valores ponderados preestablecidos a las primera y segunda funciones objetivo calculadas (F1, F2), en donde los valores ponderados preestablecidos comprenden un primer valor ponderado (W1) dependiendo de un valor de regulación de voltaje armónico aplicado a la primera función objetivo (F1) y un segundo valor ponderado (W2) dependiendo de un nivel permisible de corriente armónica aplicado a la segunda función objetivo (F2), en donde los primero y segundo valores ponderados preestablecidos (W1, W2) son mayores que cero y menores que 1 y están configurados para ser variados; y extraer (S560, S640), del caso de combinación de LC obtenido, un caso de combinación de LC óptimo, para el cual una suma de las primera y segunda funciones objetivo, a la que se aplican los valores ponderados respectivos, tiene un valor mínimo.
- 30 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además establecer (S560, S620) una condición limitante que se aplicará a cada una de las primera y segunda funciones objetivo,

35 en donde la condición limitante comprende una demanda de potencia reactiva del filtro o información de precio o información de pérdida en cada una de las L y C, que constituyen el filtro.
- 35 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además terminar (S650) la extracción, entre el extraído al menos un caso de combinación de LC, el caso de combinación óptimo de LC si el número de veces de extraer el al menos un caso de combinación de LC excede un número de referencia de veces.

Figura 1

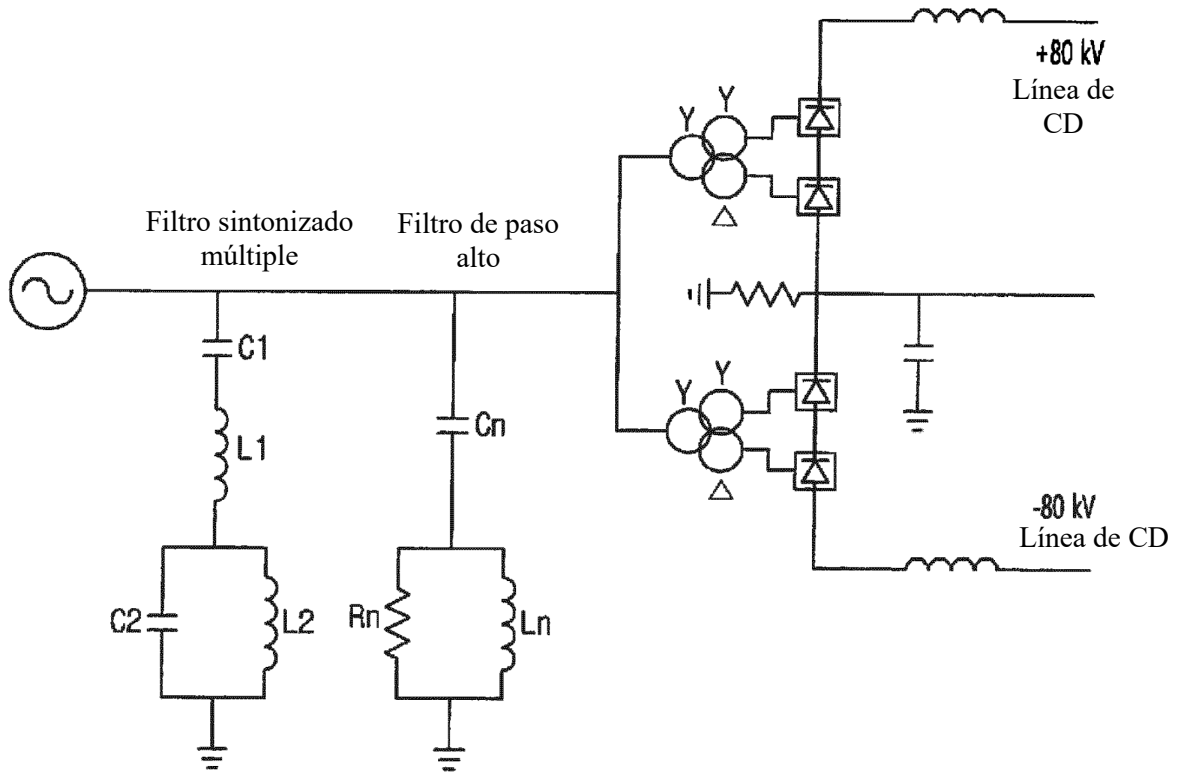


Figura 2

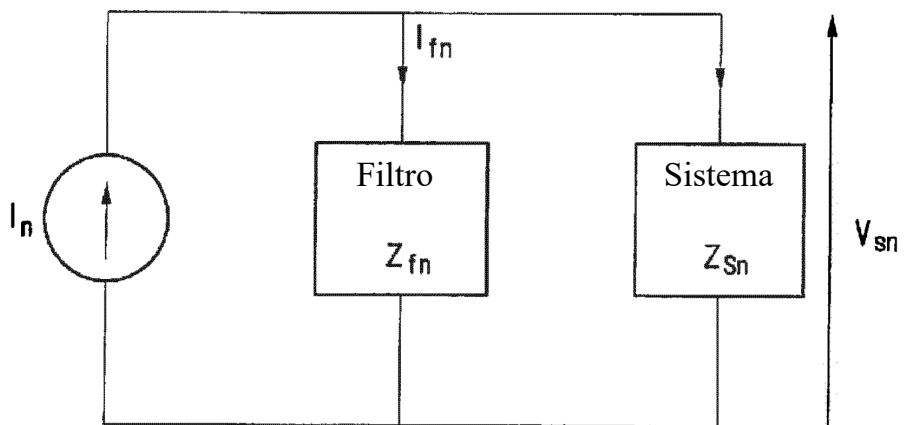


Figura 3

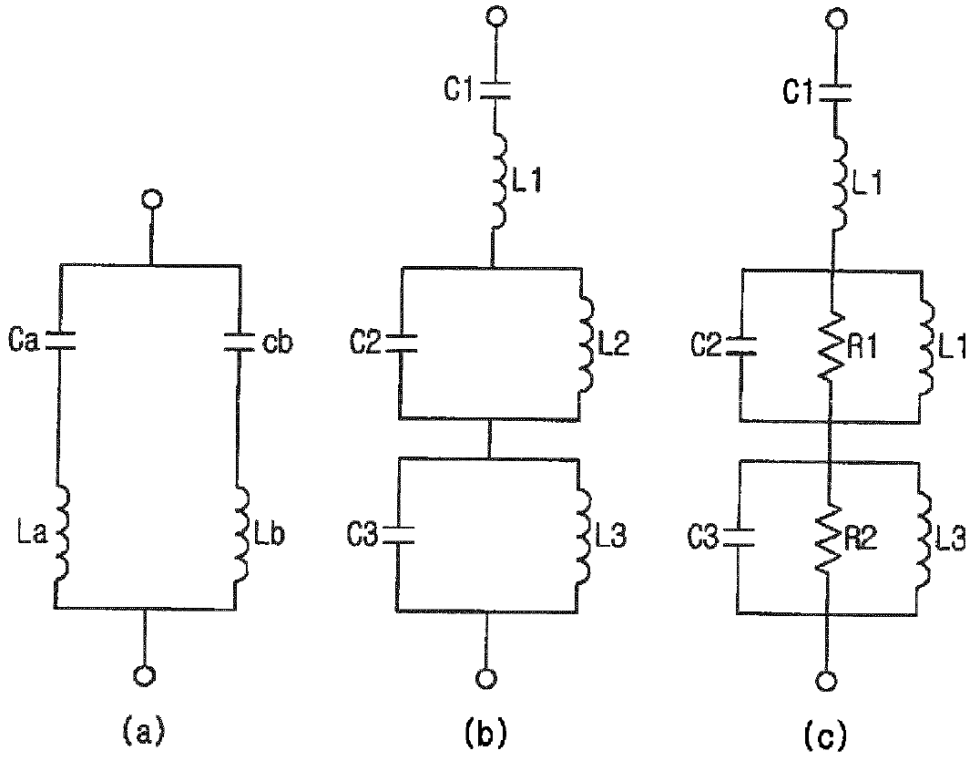


Figura 4

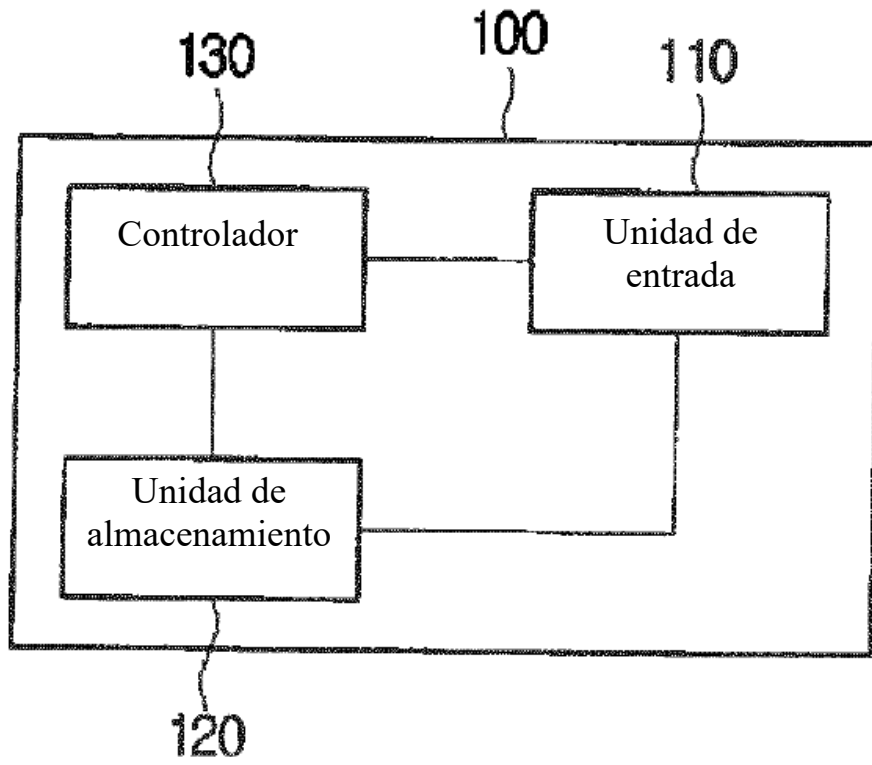


Figura 5

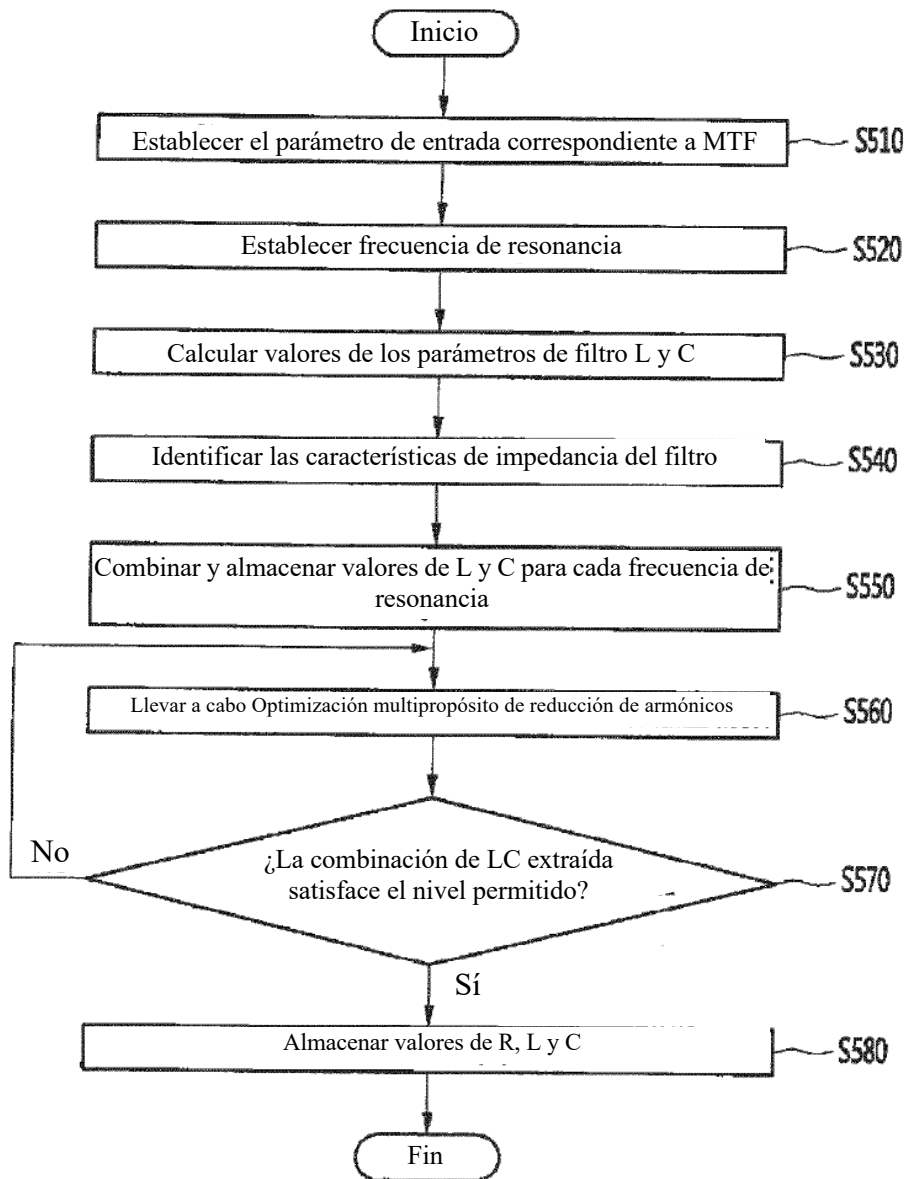


Figura 6

