

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 820**

51 Int. Cl.:

**H02M 1/14** (2006.01)

**H02J 1/02** (2006.01)

**H03H 7/01** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2015 E 15179778 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2018 EP 3018805**

54 Título: **Procedimiento de diseño de filtro de ajuste múltiple para un sistema de HVDC**

30 Prioridad:

**30.10.2014 KR 20140149127**

**17.04.2015 KR 20150054781**

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

**27.04.2018**

73 Titular/es:

**LSIS CO., LTD. (100.0%)**

**127 LS-ro, Dongan-gu**

**Anyang-si, Gyeonggi-do 431-080, KR**

72 Inventor/es:

**CHYUN, YI KYUNG**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

ES 2 665 820 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

Procedimiento de diseño de filtro de ajuste múltiple para un sistema de HVDC

5 **ANTECEDENTES**

[1] La presente divulgación se refiere a un procedimiento de diseño de un filtro de ajuste múltiple (en lo sucesivo, denominado MTF) según las características de un sistema de corriente continua de alto voltaje (en lo sucesivo, denominado HVDC).

10 [2] En un sistema de HVDC, un filtro de armónicos impide que los armónicos, que se generan mientras la potencia se convierte operando un convertidor, sean introducidos en un sistema de corriente alterna (CA) y también sirve como una fuente de potencia reactiva debido al consumo de potencia reactiva. La mayoría de los sistemas actuales del tipo de HVDC funcionan con 12 pulsos y, por lo tanto, generan armónicos característicos (12±1)-ésimos como los armónicos 11.º, 13.º, 23.º y 25.º. En particular, los armónicos 11.º y 13.º tienen amplitudes grandes y, por lo tanto, los filtros 11.º y 13.º se usan para reducir los armónicos 11.º y 13.º.

15 [3] En un sistema de HVDC de tipo actual, la mayoría de los convertidores funcionan con 12 pulsos. El sistema de HVDC de ±80kV y 60MW en la isla de Jeju en Corea del Sur también incluye un convertidor de 12 pulsos que utiliza la conexión en serie de dos grupos de 6 pulsos.

20 [4] En un sistema de HVDC, se usa extensamente un filtro ajustado individual (STF) o un filtro doble ajustado (DTF) como filtro de armónicos. Las ecuaciones asociadas a una impedancia en serie o en paralelo del filtro se pueden usar para diseñar dicho filtro.

25 [5] En el diseño del filtro, dado que los elementos pasivos incluidos en el filtro pueden determinarse mediante cálculo manual en función de sus calificaciones y prestaciones diseñadas, no existe ningún procedimiento preciso, eficaz y estandarizado. El documento KR 2014 0125213 A (LSIS CO LTD) (2014-10-28) divulga un procedimiento de diseño de filtro de doble ajuste de un sistema de HVDC de acuerdo a la técnica anterior.

30 [6] El artículo de Puming Li et Al: "The algorithm for the parameters of AC filters in HDV transmission systems" [El algoritmo para los parámetros de filtros de CA en sistemas de transmisión de HDV], Conferencia y exposición de transmisión y distribución, 2008, 21 de abril de 2008, divulga un algoritmo para diseñar filtros de CA con doble ajuste y triple ajuste, con prestaciones armónicas y capacidad de potencia reactiva.

35 [7] El artículo de Ying-Tung Hsiao: "The Design of Filters for Reducing Harmonic Distorsion and Correcting Power Factor in Industrial Distribution Systems" [El diseño de filtros para reducir la distorsión armónica y corregir el factor de potencia en sistemas de distribución industrial] Tamkang Journal of Science and Engineering, 1 de septiembre de 2001, divulga un procedimiento para diseñar filtros de potencia para reducir la distorsión armónica y corregir el factor de potencia.

40 [8] Además, cuando el filtro está diseñado, no hay ninguna solución que considere los precios. Por lo tanto, en vista de los fabricantes, aún no se ha propuesto un procedimiento de diseño que pueda considerar el coste de producción así como el rendimiento.

45 **SUMARIO**

[9] La invención está definida por las características de la reivindicación de procedimiento 1. Las reivindicaciones dependientes definen modos ventajosos de realización de la invención.

50 [10] Las realizaciones proporcionan un procedimiento para diseñar un MTF y un MTF de tipo amortiguado según las características del sistema de HVDC.

55 [11] Las formas de realización también proporcionan un algoritmo que puede reducir el espacio necesario para el diseño general del filtro de armónicos, de acuerdo a un orden de armónicos generado por el sistema de HVDC, y también puede diseñar un filtro teniendo en cuenta tanto la pérdida como el precio.

60 [12] En una realización, un procedimiento de diseño de un filtro de ajuste múltiple (MTF) de un sistema de corriente continua de alto voltaje (HVDC) incluye: seleccionar un parámetro de entrada para el MTF; establecer una frecuencia de resonancia del MTF; calcular los valores de inductancia (L) y capacitancia (C) que son parámetros de filtro del MTF sobre la base del parámetro de entrada y la frecuencia de resonancia; combinar un valor de resistencia (R) con los parámetros del filtro y calcular un precio de acuerdo a la combinación; y almacenar los valores combinados de R, L y C cuando el precio calculado cae dentro de un rango de precios predeterminado.

[13] Los detalles de uno o más modos de realización se exponen en los dibujos adjuntos y en la descripción siguiente. Otras características resultarán evidentes a partir de la descripción y de los dibujos y a partir de las reivindicaciones.

5 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

[14]

10 La figura 1 es un diagrama de circuitos que ilustra un sistema general de corriente continua de alto voltaje (HVDC).

La figura 2 es un diagrama de circuitos que ilustra un modelo equivalente de armónicos correspondiente a un sistema de HVDC en el que se inserta un filtro de armónicos.

15 La figura 3 es un diagrama ejemplar que ilustra un procedimiento de diseño de un filtro de ajuste múltiple (MTF) que usa un esquema de circuitos equivalente.

20 La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de diseño de un MTF de acuerdo a un modo de realización.

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de optimización de precios y pérdidas según un modo de realización.

25 La figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo de configuración de parámetros de filtro de un MTF según un modo de realización.

La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de diseño de un MTF de acuerdo a un segundo modo de realización.

30 **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES**

[15] En adelante, los modos de realización se describirán en detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

35 [16] La figura 1 es un diagrama de circuitos que ilustra un sistema general de corriente continua de alto voltaje (HVDC).

[17] Con referencia a la figura 1, en un sistema de HVDC, se ilustra un filtro de ajuste múltiple (MTF) que puede instalarse en un sistema de HVDC de 80 kV. El sistema de HVDC de 80 kV tiene un sistema bipolar típico y tiene características en las que dos electrodos incluyen el mismo convertidor de 12 pulsos.

40 [18] El convertidor de la HVDC puede generar una corriente armónica mayor o igual que un valor predefinido. En consecuencia, sin ser eliminada por filtrado, la corriente armónica puede generar distorsión en un voltaje de corriente alterna, impidiendo así que el sistema funcione normalmente.

45 [19] El filtro de armónicos puede tener una impedancia que forme una pequeña línea paralela para permitir que la corriente armónica fluya hacia fuera a través de la línea y, por lo tanto, puede servir para hacer que la distorsión del voltaje de CA caiga dentro de un rango aceptable.

50 [20] El convertidor de 12 pulsos tiene  $(12n \pm 1)$ -ésimos armónicos característicos. En consecuencia, los componentes armónicos que deberían eliminarse por filtrado pueden ser los componentes  $11.^\circ$ ,  $13.^\circ$ ,  $23.^\circ$  y  $25.^\circ$ . Los componentes armónicos de mayor orden pueden ser atenuados por un filtro de paso alto.

55 [21] En un sistema de HVDC de 80kV, se puede usar un filtro MTF que compense la potencia reactiva de 17Mvar y un filtro de paso alto que compense la potencia reactiva de 17Mvar. El MTF puede tener un banco de condensadores de alto voltaje y un reactor central de aire de bajo voltaje que están conectados en serie, y un banco de condensadores de bajo voltaje y un reactor central de aire que están conectados en paralelo. Aquí, el filtro de armónicos puede servir para suministrar potencia reactiva a un sistema a 60 Hz.

60 [22] La figura 2 es un diagrama de circuitos que ilustra un modelo equivalente de armónicos correspondiente a un sistema de HVDC en el que se inserta un filtro de armónicos.

[23] Con referencia a la figura 2, el convertidor de HVDC de tipo de corriente puede absorber la potencia reactiva del sistema de CA y suministrar la potencia reactiva necesaria al convertidor a través del filtro de armónicos.

65 [24] Dicho convertidor de HVDC se puede modelar como una fuente de corriente constante armónica en una etapa de corriente alterna (CA) y también se puede modelar como una fuente de voltaje constante armónico en una

etapa de corriente continua (CC). Dado que el filtro de armónicos sirve para impedir que los armónicos generados en el convertidor de HVDC sean introducidos en el sistema de CA, se puede usar un modelo equivalente de armónicos que utiliza una fuente de armónicos de corriente constante CA, tal como se ilustra en la figura 2.

5 **[25]** Aquí,  $I_n$  indica una corriente armónica generada a partir del convertidor de HVDC, e  $I_{fn}$  e  $I_{sn}$  indican, respectivamente, las corrientes armónicas que fluyen hacia el filtro y el sistema de CA.  $Z_{fn}$  y  $Z_{sn}$  indican impedancias armónicas en el sistema de CA, y  $V_{sn}$  indica un voltaje armónico en el sistema de CA.

10 **[26]** El rendimiento del filtro de armónicos depende de la admitancia del sistema de CA, y la admitancia del sistema de CA varía con el tiempo de acuerdo al estado de un sistema de potencia real. Por lo tanto, es muy difícil encontrar una admitancia precisa a una frecuencia determinada. En consecuencia, cuando se diseña el filtro de armónicos, la admitancia puede determinarse trazando la admitancia con respecto a una frecuencia dada en un plano complejo que tenga un ángulo de admitancia como límite.

15 **[27]** La figura 3 es un diagrama ejemplar que ilustra un procedimiento de diseño de un filtro de ajuste múltiple (MTF) que usa un esquema de circuitos equivalente.

20 **[28]** Con referencia a la figura 3, la distorsión armónica, la fiabilidad del sistema y el coste deben tenerse en cuenta cuando se diseña un filtro de corriente alterna (o un filtro de armónicos) en un sistema de HVDC.

25 **[29]** El filtro de armónicos incurre en un coste correspondiente a un banco. Por lo tanto, utilizar una configuración en la que un banco de filtros está conectado en paralelo, como se ilustra en las figuras 3 (b) y 3 (c), es más ventajoso desde el punto de vista económico que utilizar dos filtros de ajuste individual (en lo sucesivo denominados "STF") para eliminar dos armónicos, porque la primera requiere un espacio más pequeño que esta última para eliminar la misma cantidad de armónicos. Esto se debe a que el MTF solo requiere un dispositivo de conmutación, a diferencia del STF.

30 **[30]** Además, se puede usar un MTF de tipo amortiguado que incluye un resistor de amortiguación R conectado en paralelo a un tanque de resonancia LC paralelo, tal como se ilustra en la figura 3 (c).

**[31]** El esquema de circuitos equivalente puede ser un procedimiento que puede usarse de manera relativamente fácil en el diseño del MTF.

35 **[32]** Para el diseño del MTF, una cantidad total de potencia reactiva, a compensar de manera preferente, puede distribuirse uniformemente a los STF y luego se pueden seleccionar los parámetros para los STF.

**[33]** En la selección de los parámetros para los STF, el nivel de voltaje aplicado al filtro y la cantidad de potencia reactiva a compensar por el filtro pueden tener que determinarse de manera preferente.

40 **[34]** En este caso, dado que un condensador y un inductor están conectados en serie en una estructura de un filtro LC en serie, la reactancia del filtro puede ser una diferencia de reactancia entre el condensador y el inductor.

45 **[35]** Mientras tanto, como la impedancia de todo el filtro debería ser 0 en un  $h$ -ésimo armónico a eliminar, la reactancia del condensador es igual a la reactancia del inductor multiplicada por el cuadrado de  $h$ .

50 **[36]** De acuerdo al procedimiento de diseño de MTF descrito anteriormente, el convertidor de HVDC genera una corriente armónica de un valor predeterminado o superior. Por consiguiente, se instala un filtro de armónicos para hacer que una corriente armónica fluya hacia fuera a través del filtro de armónicos, haciendo por ello que la distorsión del voltaje de corriente alterna caiga dentro de un rango aceptable.

**[37]** El convertidor de 12 pulsos tiene  $(12n \pm 1)$ -ésimos armónicos característicos. En consecuencia, los componentes armónicos que deberían eliminarse por filtrado pueden ser los componentes  $11^\circ$ ,  $13^\circ$ ,  $23^\circ$  y  $25^\circ$ , y los componentes armónicos de orden superior pueden atenuarse mediante un filtro de paso alto.

55 **[38]** El MTF puede tener un banco de condensadores de alto voltaje y un reactor central de aire de bajo voltaje que están conectados en serie, y un banco de condensadores de bajo voltaje y un reactor central de aire que están conectados en paralelo. Además, el MTF también se puede formar conectando en serie una pluralidad de tanques de resonancia LC paralelos, de acuerdo a los armónicos a eliminar.

60 **[39]** El filtro de armónicos sirve para suministrar potencia reactiva a un sistema a 60 Hz. En consecuencia, los terminales de un rectificador y un inversor absorben la potencia reactiva en proporción a la potencia activa intercambiada entre el convertidor y el sistema de CA. El filtro de armónicos puede suministrar la potencia reactiva necesaria al convertidor porque el filtro de armónicos usa un condensador. Cuando la potencia reactiva es compensada suficientemente por el filtro, un voltaje de corriente alterna en el terminal puede no tener un nivel suficiente para operar normalmente el convertidor.

65

- 5
- [40] Mientras tanto, el convertidor de HVDC se puede modelar como la fuente de voltaje constante de armónicos en la etapa de CC, y también se puede modelar como la fuente de corriente constante de armónicos en la etapa de CA. Dado que una de las funciones del filtro es evitar que los armónicos generados por el convertidor de HVDC se introduzcan en el sistema, se requiere un modelo para el análisis de los armónicos en la etapa de CA.
- [41] Aquí, un filtro y un sistema de potencia (por ejemplo, un sistema de CA) conectado al filtro se pueden representar o modelar con impedancias.
- 10 [42] El filtro puede diseñarse después de determinar cuánto fluye hacia el sistema la corriente de armónicos generada por el convertidor, y las características armónicas del voltaje que resultan de ello, utilizando el modelo en la figura 2.
- [43] Para mejorar la estabilidad de una relación entre el filtro y el sistema de potencia conectado al filtro, el diseño del filtro se puede realizar fácilmente cambiando la resistencia del filtro.
- 15 [44] En lo sucesivo, se describirá en detalle un algoritmo de diseño de MTF según un primer modo de realización, con referencia a las figuras 4 a 6.
- [45] La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de diseño de un MTF de acuerdo a un primer modo de realización.
- 20 [46] Con referencia a la figura 4, un algoritmo de diseño de MTF de acuerdo a una realización puede incluir el siguiente procedimiento.
- 25 [47] Primero, se fija un parámetro de entrada correspondiente a un MTF (S410). El parámetro de entrada correspondiente al MTF debería fijarse cuando se fija un parámetro de filtro óptimo correspondiente al MTF.
- [48] El parámetro de entrada es un parámetro asociado a la calificación o el rendimiento deseado del MTF y puede incluir al menos uno entre un voltaje nominal de una carga o sistema conectado al MTF, la potencia reactiva a compensar por el MTF y una frecuencia de filtrado.
- 30 [49] La carga o sistema conectado al MTF puede ser un sistema de alimentación (por ejemplo, un sistema de CA) del sistema de HVDC.
- 35 [50] La frecuencia de filtrado es una frecuencia a eliminar por filtrado por parte del 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 eliminar por filtrado son los componentes armónicos 11.º y 13.º, la primera frecuencia de filtrado es una frecuencia correspondiente al componente armónico 11.º, y la segunda frecuencia de filtrado es una frecuencia correspondiente al componente armónico 13.º.
- 40 [51] A partir de entonces, se establece la frecuencia de resonancia del MTF (S420). Es decir, se establece un valor inicial de la frecuencia de resonancia, y la configuración de la frecuencia de resonancia se puede realizar sobre la base de una frecuencia de filtrado, a eliminar por filtrado por el filtro de ajuste múltiple (MTF).
- 45 [52] Por ejemplo, la frecuencia de resonancia puede fijarse como una frecuencia que oscila entre la primera frecuencia de filtrado y la segunda frecuencia de filtrado, y la frecuencia de resonancia puede reiniciarse combinando valores de L y C cuando una frecuencia de resonancia, que es introducida inicialmente para establecer parámetros de filtro, no satisface el rango de precios.
- 50 [53] La frecuencia de resonancia se puede establecer como la primera frecuencia de filtrado, que es un valor inicial.
- [54] A continuación, se calculan los valores de L y C, que son parámetros de filtro, que constituyen la impedancia del filtro (S430).
- 55 [55] Por ejemplo, el MTF puede incluir un primer circuito LC, un segundo circuito LC y un tercer circuito LC. El primer circuito LC puede tener un primer condensador y un primer inductor que están conectados en serie, y el segundo circuito LC puede tener un segundo condensador y un segundo inductor que están conectados en paralelo. El tercer circuito LC puede tener una estructura en la cual un tercer condensador y un tercer inductor están conectados en paralelo.
- 60 [56] En este caso, el parámetro del MTF puede incluir al menos uno entre una capacitancia del primer condensador, una inductancia del primer inductor, una capacitancia del segundo condensador, una inductancia del segundo inductor, una capacitancia del tercer condensador y una inductancia del tercer inductor. Una frecuencia de resonancia del filtro puede ser una frecuencia de resonancia paralela correspondiente al segundo circuito LC y al tercer circuito LC.
- 65

5 **[57]** A continuación, se comprueban las características de impedancia del filtro de los valores calculados de L y C (S440), y los valores de L y C se combinan para cada frecuencia de resonancia y luego se almacenan (S450). Es decir, los valores de L y C cuando la impedancia del filtro comprobado cae dentro de un rango de umbral predeterminado se enumeran y almacenan en una tabla para cada frecuencia de resonancia.

**[58]** Posteriormente, se establece un componente de resistencia, que es un elemento de filtro, y se realiza un proceso de cálculo de un precio del filtro que incluye el componente de resistencia (S460).

10 **[59]** Por ejemplo, un valor del componente de resistencia (resistencia) se puede establecer en una resistencia mínima y una resistencia máxima, que se puede establecer teniendo en cuenta la magnitud de la potencia reactiva requerida para la estabilización con respecto a un sistema o carga conectados al MTF.

15 **[60]** Es decir, se puede lograr una tabla de combinación de RLC al agregar la resistencia diseñada considerando la potencia reactiva a los valores de L y C en el rango en el que la impedancia del filtro satisface un umbral predeterminado.

20 **[61]** A continuación, cuando se determinan los valores de R, L y C, se determina si los valores están dentro de un rango de precios predeterminado (S470). Cuando se determina que los valores de R, L y C superan el rango de precios predeterminado, se lleva a cabo un proceso de restablecimiento de la frecuencia de resonancia que se establece para los valores (S480).

25 **[62]** Es decir, aunque los valores de L y C en la impedancia del filtro satisfacen el umbral, se determina si el filtro que tiene un componente de resistencia agregado, que es un elemento de filtro, tiene competitividad en el mercado en términos del precio. Cuando se determina que los costes de diseño son mayores que una cantidad esperada, se restablece la frecuencia de resonancia y, por lo tanto, los valores de L, C y R se restablecen de acuerdo a la frecuencia de resonancia restablecida.

30 **[63]** Por el contrario, cuando los valores diseñados de L, C y R se encuentran dentro de un rango de precios establecido como límite superior, los valores de L, C y R, y una frecuencia de resonancia correspondiente a los valores, se almacenan juntos en una tabla (S490).

35 **[64]** A continuación, se realiza un proceso de optimización de precios y pérdidas para seleccionar una combinación de RLC óptima, considerando el precio y la pérdida de rendimiento del filtro (S500).

**[65]** Aquí, el proceso de optimización de precios y pérdidas (S500) se describirá a continuación, centrándose en un proceso descrito en la figura 5.

40 **[66]** La optimización de precios y pérdidas puede clasificarse en gran medida en un proceso de comprobación de los precios de R, L y C que constituyen el filtro, y el precio del filtro que resulta de la combinación de R, L y C, y un proceso de comprobación de pérdidas de rendimiento para combinaciones de filtros, que se determinan sobre la base del precio.

45 **[67]** Primero, se forma una función objetivo de un precio y una pérdida (S501).

**[68]** Es decir, una primera función objetivo, que es una función de precio para elementos de filtro individuales, puede determinarse usando la ecuación (1) a continuación:

$$F_1 = \text{mín} \sum_{i=1}^n aC_i + bR_i + cL_i \quad (\text{Ec. 1})$$

50 donde n es la cantidad de filtros, a es una constante de precio para un condensador, b es una constante de precio para una resistencia y c es una constante de precio para un reactor.

55 **[69]** Es decir, a cada uno de los filtros diseñados pueden asignarse sus datos de precios utilizando información de precios con respecto a R, L y C que constituyen el filtro y el número de cada uno de estos elementos.

**[70]** Una función de pérdida, que es una segunda función objetivo, se puede determinar usando la ecuación (2) a continuación:

$$F_2 = \text{mín} \sum_{i=1}^n dC_i + eR_i + fL_i \quad (\text{Ec. 2})$$

60 donde n es el número de filtros, d es una constante de pérdida para un condensador, e es una constante de pérdida para una resistencia y f es una constante de pérdida para un reactor.

**[71]** Es decir, a cada uno de los filtros diseñados pueden asignarse sus datos de pérdida usando información de pérdida con respecto a R, L y C que constituyen el filtro y el número de cada uno de estos elementos.

**[72]** La razón por la cual la pérdida debería considerarse en el diseño del filtro es que una institución asociada (por ejemplo, la Corporación de Energía Eléctrica de Corea) tiene derecho a negarse a encargarse de instalaciones cuando una pérdida total, o pérdidas de elementos, superen un valor limitado especificado en una norma asociada, o superen el 10% de la pérdida total del sistema. En consecuencia, una persona que diseña / instala el sistema de HVDC debería considerar la pérdida.

**[73]** Cuando la institución asociada decide hacerse cargo de las instalaciones, un contratista puede pagar daños para la institución asociada, y los daños pueden calcularse utilizando la Ecuación 3 a continuación:

$$Penalty(W) = (\Sigma P_{excess} (kwh) \times K_{loss}) \times \frac{[1 - (\frac{1}{1,10})^{20}]}{1,10 - 1} \quad (Ec. 3)$$

donde  $\Sigma P_{excess}$  es una pérdida excesiva de una distribución de probabilidad en promedio del dispositivo de compensación de potencia reactiva, y la unidad es el kWh.

**[74]** La pérdida excesiva  $\Sigma P_{excess}$  puede ser determinada por una cualquiera de las Ecuaciones 4 a 6 a continuación, que se selecciona de acuerdo al nivel de potencia reactiva:

$$\Sigma P_{excess} (kWh) = \int_{-400}^{400} y(x) \times 13 \times f(x) \times 8,760(h) \quad (Ec. 4)$$

**[75]** La ecuación 4 es una ecuación que indica una pérdida excesiva que se puede generar para la potencia reactiva dentro del rango de +400MVar.

$$\Sigma P_{excess} (kWh) = \int_{-450}^{450} y(x) \times 15 \times f(x) \times 8,760(h) \quad (Ec. 5)$$

**[76]** La ecuación 5 es una ecuación que indica una pérdida excesiva que se puede generar para la potencia reactiva dentro del rango de  $\pm 450$ MVar SVC (simetría).

$$\Sigma P_{excess} (kWh) = \int_{-225}^{675} y(x) \times 15 \times f(x) \times 8,760(h) \quad (Ec. 6)$$

**[77]** La ecuación 6 es una ecuación que indica una pérdida excesiva que se puede generar para la potencia reactiva dentro del rango de - 225MVar a + 675MVar SVC (asimetría).

**[78]** Cuando se seleccionan la función objetivo de los precios de los elementos que constituyen el filtro (primera función objetivo) y la función objetivo para calcular una pérdida generada a partir de cada elemento (segunda función objetivo), se puede formar una tabla de precios y pérdidas para diseñar elementos filtrantes.

**[79]** A continuación, se realiza un proceso de selección de una restricción (S502). Aquí, la restricción puede incluir una distorsión armónica total (THD), que no está directamente asociada a la evaluación de idoneidad y que se aplica como una condición mínima necesaria cuando se selecciona una combinación de L y C. Por ejemplo, aunque la combinación de L y C, que cae dentro de un rango limitado que se especifica en un estándar, se selecciona mediante la evaluación de idoneidad, el diseño del filtro puede determinarse como un fallo cuando la combinación se conecta al sistema para realizar una prueba de THD y se determina que es igual o inferior a un umbral (por ejemplo, THD 1,5%).

**[80]** Es decir, un diseño fallido se puede eliminar fácilmente de los filtros diseñados usando la THD en términos de precio y pérdida.

**[81]** A continuación, se puede realizar un proceso de selección de una ponderación w para cada función objetivo (primera o segunda función objetivo) (S503). La ponderación w es un coste de penalización por la pérdida y se usa para integrar unidades de las funciones objetivo.

**[82]** Cuando la ponderación se aplica a un caso en el que se necesita aplicar una penalización, la ponderación w se expresa como la multiplicación de constantes multiplicadas con kWh.

$$w = K_{loss} \times \frac{[1 - (\frac{1}{1,10})^{20}]}{1,10 - 1} \quad (Ec. 7)$$

**[83]** La ponderación  $w$  puede aplicarse de acuerdo a una norma que se representa como la Ecuación 7 anterior y puede variar en función de varias situaciones y condiciones. Teniendo en cuenta solo el filtro de armónicos, pero no todo el sistema, la ponderación  $w$  puede configurarse introduciendo un nuevo factor que considera una razón entre la pérdida de filtro de armónicos y la pérdida total del sistema.

**[84]** A continuación, se lleva a cabo un proceso de evaluación de idoneidad mediante la función objetivo (S504). Al asignar ponderaciones a las funciones objetivo, se puede calcular una función objetivo que tenga una unidad integrada para evaluar la idoneidad usando la ecuación (8) siguiente:

$$G(x) = F1 + wF2 \quad (\text{Ec. 8})$$

**[85]** Entre las combinaciones de valores de  $L$  y  $C$  que satisfacen el rango de categoría de precios, seleccionado mediante el diseño del filtro, las combinaciones que caen dentro de un rango limitado, que se especifica en la norma, se pueden seleccionar mediante la evaluación de idoneidad. Es decir, al representar una función que incluye información de precio con respecto al filtro y funciones que incluyen pérdidas de rendimiento del filtro como una función única  $G(x)$ , pueden eliminarse los diseños, cuando un valor de  $G(x)$  no está incluido en un rango de umbral predeterminado, entre las combinaciones diseñadas de valores de  $L$  y  $C$ .

**[86]** A continuación, el número de combinaciones de  $R$ ,  $L$  y  $C$ , que son elementos de filtro, es el número máximo de repeticiones, y la evaluación de idoneidad se repite la cantidad máxima de veces (S505) en que se determina que  $R$ ,  $L$  y  $C$  tienen la idoneidad mínima, y luego se completa el algoritmo.

**[87]** Se puede determinar si el componente armónico individual calculado, o la distorsión armónica total, es igual o inferior a un umbral predeterminado (S510). Aquí, el umbral se puede determinar sobre la base del rendimiento, la norma o especificación de diseño que se requiere para el MTF. Por ejemplo, el umbral se puede determinar sobre la base de un nivel de tolerancia en la norma IEEE Std.519.

**[88]** Cuando la distorsión armónica total no satisface el nivel de tolerancia, la distorsión armónica total se calcula nuevamente después de cambiar la combinación de  $R$ ,  $L$  y  $C$ . Además, los valores de  $R$ ,  $L$  y  $C$  que satisfacen el nivel de tolerancia, y una frecuencia de resonancia correspondiente a la misma, se almacenan y gestionan conjuntamente (S520).

**[89]** A continuación, el MTF está conectado a una carga o sistema sobre la base de la anterior resistencia combinada.

**[90]** Aunque el mismo MTF se diseña mediante este proceso, es posible un diseño de una combinación de elementos de filtro óptimos  $R$ ,  $L$  y  $C$ , teniendo en cuenta la viabilidad económica.

**[91]** Además, cuando los precios de  $R$ ,  $L$  y  $C$  están predeterminados en el rango de precios de umbral, y los precios que se determinan cuando  $R$ ,  $L$  y  $C$  se combinan están fuera del rango de precios predeterminado, la combinación de  $R$ ,  $L$  y  $C$  puede cambiarse, simplemente determinando por ello la viabilidad económica de varias combinaciones.

**[92]** La figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo de configuración de parámetros de filtro de un MTF según un modo de realización.

**[93]** Con referencia a la Fig. 6, el dispositivo de configuración de parámetros de filtro 100 puede incluir una unidad de entrada 110, una unidad de almacenamiento 120 y una unidad de control 130.

**[94]** La unidad de entrada 110 puede servir para recibir un parámetro de entrada y una resistencia correspondiente al MTF.

**[95]** La unidad de entrada 110 puede generar datos de entrada para controlar una operación del dispositivo de configuración de parámetros de filtro 100 por parte de un usuario. La unidad de entrada de usuario 110 puede incluir un panel de teclas (keypad), un conmutador de cúpula (dome switch), un panel táctil (touch pad), una rueda de avance lento (jog wheel) o un conmutador de avance lento.

**[96]** Además, la unidad de entrada 110 sirve como interfaz con todos los dispositivos externos que están conectados al dispositivo de configuración de parámetros de filtro 100.

**[97]** La unidad de almacenamiento 120 puede almacenar un programa para procesar y controlar la unidad de control 130 y puede realizar una función de almacenamiento temporal de datos de entrada / salida (parámetros de entrada y resistencias) y datos de resultados, operados y calculados por la unidad de control 130, o una función de almacenamiento de datos de resultados finales.

- [98] La unidad de control 130 puede servir para realizar el control de una operación global ejecutada por el dispositivo de configuración de parámetros de filtro 100.
- [99] La unidad de control 130 puede implementarse como un micro-controlador, un microprocesador o similar. La unidad de control 130 puede establecer una frecuencia de resonancia correspondiente al MTF y una resistencia dentro de un umbral predeterminado. Además, la unidad de control 130 puede establecer un parámetro correspondiente al MTF sobre la base del parámetro de entrada, la frecuencia de resonancia y la resistencia.
- [100] La unidad de control 130 puede determinar si el componente armónico individual o la distorsión armónica total satisface un nivel de umbral y restablecer la frecuencia de resonancia de acuerdo al resultado de la determinación.
- [101] La unidad de control 130 puede establecer o restablecer la resistencia dentro de un umbral predeterminado con el fin de asegurar la estabilidad debido a que una carga o sistema está conectado al MTF.
- [102] Mientras tanto, otra realización del procedimiento de diseño del MTF se describirá en detalle a continuación con referencia a la figura 7.
- [103] La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de diseño de un MTF de acuerdo a un segundo modo de realización.
- [104] Con referencia a la figura 4, un algoritmo de diseño del MTF de acuerdo a una realización puede incluir las siguientes etapas.
- [105] Primero, se establece un parámetro de entrada correspondiente a un MTF (S402). El parámetro de entrada correspondiente al MTF debería establecerse en una configuración óptima de parámetros de filtro, correspondiente al MTF.
- [106] El parámetro de entrada es un parámetro asociado a la calificación o al rendimiento deseado del MTF y puede incluir al menos uno entre un voltaje nominal de una carga o sistema conectado con el MTF, una potencia reactiva a compensar por el MTF y una frecuencia de filtrado.
- [107] La carga o sistema conectado al MTF puede ser un sistema de alimentación (por ejemplo, un sistema de CA) del sistema de HVDC.
- [108] La frecuencia de filtrado es una frecuencia a filtrar por parte del 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 eliminar por filtrado son los componentes armónicos 11.º y 13.º, la primera frecuencia de filtrado es una frecuencia correspondiente al componente armónico 11.º, y la segunda frecuencia de filtrado es una frecuencia correspondiente al componente armónico 13.º.
- [109] Además, se establece la frecuencia de resonancia del MTF (S402). Es decir, se establece un valor inicial de la frecuencia de resonancia, y la configuración de la frecuencia de resonancia se puede realizar sobre la base de una frecuencia de filtrado, a eliminar por filtrado por el filtro de ajuste múltiple (MTF).
- [110] Por ejemplo, la frecuencia de resonancia puede establecerse como una frecuencia que cae dentro del rango entre la primera frecuencia de filtrado y la segunda frecuencia de filtrado, y la frecuencia de resonancia puede restablecerse combinando valores de L y C cuando una frecuencia de resonancia que se ingresa inicialmente para establecer los parámetros de filtro no satisface el rango de categorías de precios.
- [111] La frecuencia de resonancia se puede establecer como la primera frecuencia de filtrado, que es un valor inicial.
- [112] A continuación, se calculan el valor de L y el valor de C, que son parámetros de filtro que constituyen la impedancia del filtro (S403).
- [113] Por ejemplo, el MTF puede incluir un primer circuito LC, un segundo circuito LC y un tercer circuito LC. El primer circuito LC puede tener un primer condensador y un primer inductor que están conectados en serie, y el segundo circuito LC puede tener un segundo condensador y un segundo inductor que están conectados en paralelo. El tercer circuito LC puede tener una estructura en la cual un tercer condensador y un tercer inductor están conectados en paralelo.
- [114] En este caso, el parámetro del MTF puede incluir al menos uno entre una capacitancia del primer condensador, una inductancia del primer inductor, una capacitancia del segundo condensador, una inductancia del segundo inductor, una capacitancia del tercer condensador y una inductancia del tercer inductor. Una frecuencia de

resonancia del filtro puede ser una frecuencia de resonancia paralela correspondiente al segundo circuito LC y al tercer circuito LC.

5 **[115]** A continuación, se verifican las características de impedancia del filtro de los valores calculados de L y C (S404), y los valores de L y C se almacenan en combinación para cada frecuencia de resonancia (S405). Es decir, cuando la impedancia de filtro comprobada cae dentro de un rango de umbral predeterminado, los valores de L y C se almacenan como una tabla para cada frecuencia de resonancia.

10 **[116]** A continuación, se establece un componente de resistencia, que es un elemento de filtro, y se lleva a cabo un proceso de cálculo de un precio del filtro que incluye el componente de resistencia (S406).

15 **[117]** Por ejemplo, un valor del componente de resistencia (una resistencia) se puede establecer con una resistencia mínima y una resistencia máxima, que se puede establecer teniendo en cuenta la magnitud de la potencia reactiva requerida para la estabilización con respecto a un sistema o carga conectada al MTF.

**[118]** Es decir, se puede escribir una tabla de combinaciones de RLC agregando la resistencia, diseñada considerando la potencia reactiva, a los valores de L y C en el rango en el que la impedancia del filtro satisface un umbral predeterminado.

20 **[119]** A continuación, cuando se determinan los valores de R, L y C, se determina si los valores están fuera de un rango de precios predeterminado (S407). Cuando se determina que los valores de R, L y C superan el rango de precios predeterminado, se lleva a cabo un proceso de restablecimiento de una frecuencia de resonancia que se establece para los valores (S408).

25 **[120]** Es decir, aunque los valores de L y C en la impedancia del filtro satisfacen el umbral, se determina si el filtro que tiene un componente de resistencia agregado, que es un elemento de filtro, tiene competitividad en el mercado en términos del precio. Cuando se determina que el coste del diseño es mayor que una cantidad esperada, la frecuencia de resonancia se restablece y, por lo tanto, los valores de L, C y R se restablecen de acuerdo a la frecuencia de resonancia restablecida.

30 **[121]** Por el contrario, cuando los valores diseñados de L, C y R se encuentran dentro de un rango de precios que se establece como un límite superior, los valores de L, C y R, y una frecuencia de resonancia correspondiente a los valores, se almacenan juntos como una tabla (S409).

35 **[122]** A continuación, se calcula un componente armónico individual o la distorsión armónica total (THD), sobre la base de los valores de R, L y C para cada frecuencia de resonancia (S410).

40 **[123]** De acuerdo a una realización, el componente armónico individual puede ser un componente armónico correspondiente a una corriente armónica generada por el convertidor de HVDC incluido en el sistema de HVDC, y la distorsión armónica total puede ser la THD correspondiente a la corriente armónica.

45 **[124]** Se puede determinar si el componente armónico individual calculado o la distorsión armónica total es igual o inferior a un umbral predeterminado (S411). Aquí, el umbral se puede determinar sobre la base del rendimiento, la norma o especificación de diseño que se requiere para el MTF. Por ejemplo, el umbral se puede determinar sobre la base de un nivel de tolerancia en la norma IEEE Std.519.

50 **[125]** Cuando la distorsión armónica total no satisface el nivel admitido, la distorsión armónica total se calcula nuevamente después de cambiar la combinación de R, L y C (S412). Además, los valores de R, L y C que satisfacen el nivel de tolerancia, y una frecuencia de resonancia correspondiente, son almacenados y gestionados conjuntamente (S412).

**[126]** A continuación, el MTF está conectado a una carga o sistema sobre la base de la anterior resistencia combinada.

55 **[127]** Aunque el mismo MTF se diseña mediante este proceso, es posible un diseño de una combinación de elementos de filtro óptimos R, L y C, teniendo en cuenta la viabilidad económica.

60 **[128]** Además, cuando los precios de R, L y C están predeterminados en el rango de precios de umbral, y los precios que se determinan cuando R, L y C se combinan están fuera del rango de precios predeterminado, la combinación de R, L y C puede cambiarse, simplemente determinando por ello la viabilidad económica de varias combinaciones.

**[129]** Aunque el mismo MTF se diseña mediante el procedimiento de diseño propuesto, el MTF se puede diseñar con una combinación de elementos de filtro óptimos R, L y C, considerando la viabilidad económica.

65

**[130]** Además, es posible diseñar un filtro teniendo en cuenta los precios y las pérdidas de elementos que constituyen el filtro y, en consecuencia, se puede diseñar un filtro de alta eficacia a un coste mínimo.

**[131]** Son posibles variaciones y modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de diseño de un filtro de ajuste múltiple (MTF) de un sistema de corriente continua de alto voltaje (HVDC), comprendiendo el procedimiento:
  - 5            Seleccionar (S410) un parámetro de entrada para el MTF;
  - Fijar (S420) una frecuencia de resonancia del MTF;
  - 10            Calcular (S430) los valores de una inductancia (L) y una capacitancia (C), que son parámetros de filtro del MTF, sobre la base del parámetro de entrada y la frecuencia de resonancia;
  - Combinar (S460) un valor de una resistencia (R) con los parámetros del filtro y calcular un precio de acuerdo a la combinación; y
  - 15            Almacenar (S490) los valores combinados de R, L y C cuando el precio calculado cae dentro de un rango de precios predeterminado, en donde el precio calculado se calcula considerando la información de precios con respecto a los R, L y C que constituyen el MTF y el número de cada uno de estos elementos.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además restablecer (S480) la frecuencia de resonancia cuando el precio calculado cae fuera del rango de precios predeterminado.
3. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende además recalcular (S430) los valores de L y C sobre la base de la frecuencia de resonancia restablecida después de restablecer la frecuencia de resonancia.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además, después del almacenamiento (S490) de los valores combinados de R, L y C:
  - 30            Calcular (S410) un componente armónico individual o la distorsión armónica total de los valores de R, L y C; y
  - Determinar (S411) si el componente armónico individual calculado o la distorsión armónica total satisface un valor de tolerancia.
5. El procedimiento de la reivindicación 4, que comprende además conectar una carga o sistema sobre la base del valor combinado de R cuando el componente armónico individual calculado o la distorsión armónica total satisface el valor de tolerancia.
6. El procedimiento de la reivindicación 4, que comprende además cambiar (S412) una combinación de los valores combinados de R, L y C cuando el componente armónico individual calculado o la distorsión armónica total no satisface el valor de tolerancia.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además evaluar (S504) la idoneidad de los valores combinados de R, L y C usando una primera función objetivo para un precio de cada uno de los elementos correspondientes a los valores combinados de R, L y C, y una segunda función objetivo para representar una pérdida de rendimiento del elemento.
8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que la evaluación (S504) de la idoneidad de los valores combinados de R, L y C comprende:
  - 50            calcular un componente armónico individual o la distorsión armónica total de los valores de R, L y C; y
  - determinar (S510) si el componente armónico individual calculado o la distorsión armónica total satisface un valor de tolerancia.
9. El procedimiento según la reivindicación 8, en el que la evaluación (S504) de la idoneidad de los valores combinados de R, L y C comprende asignar una ponderación predeterminada a la primera o segunda función objetivo, y luego sumar la primera función objetivo y la segunda función objetivo para calcular una función objetivo única.
10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que, cuando un valor de la función objetivo única determinada cae dentro de un rango de umbral predeterminado, se admite el diseño de un filtro que incluye la combinación del valor de R, L y C.

Fig 1

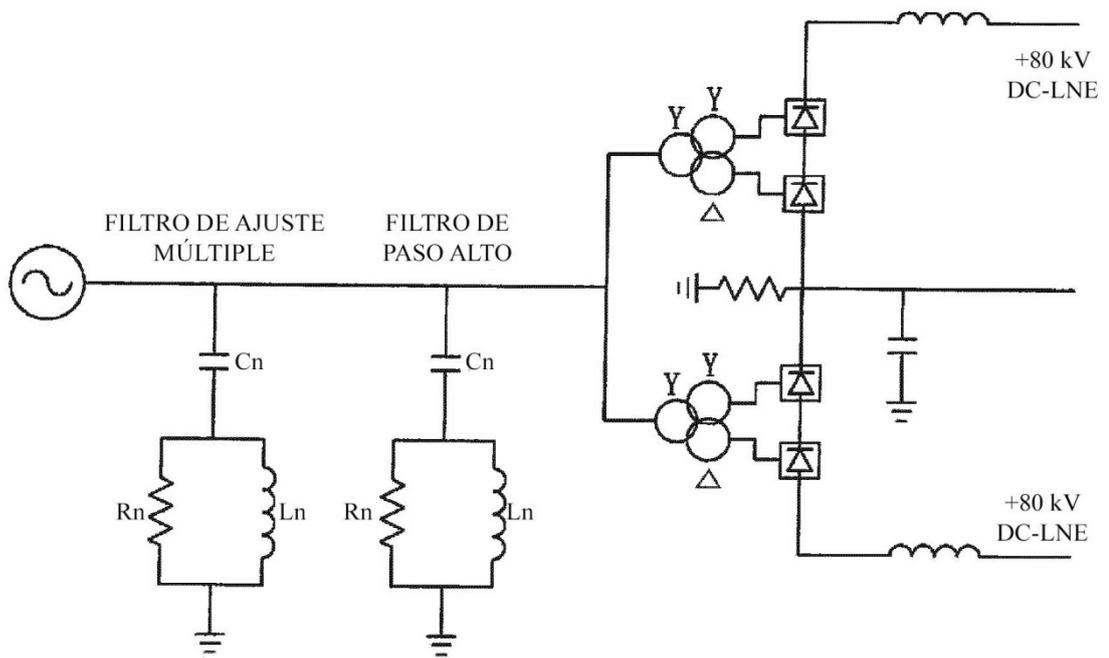


Fig 2

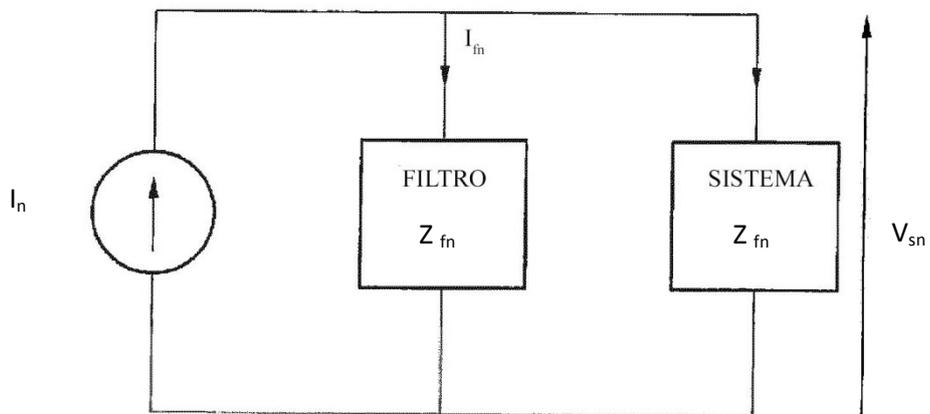


Fig 3

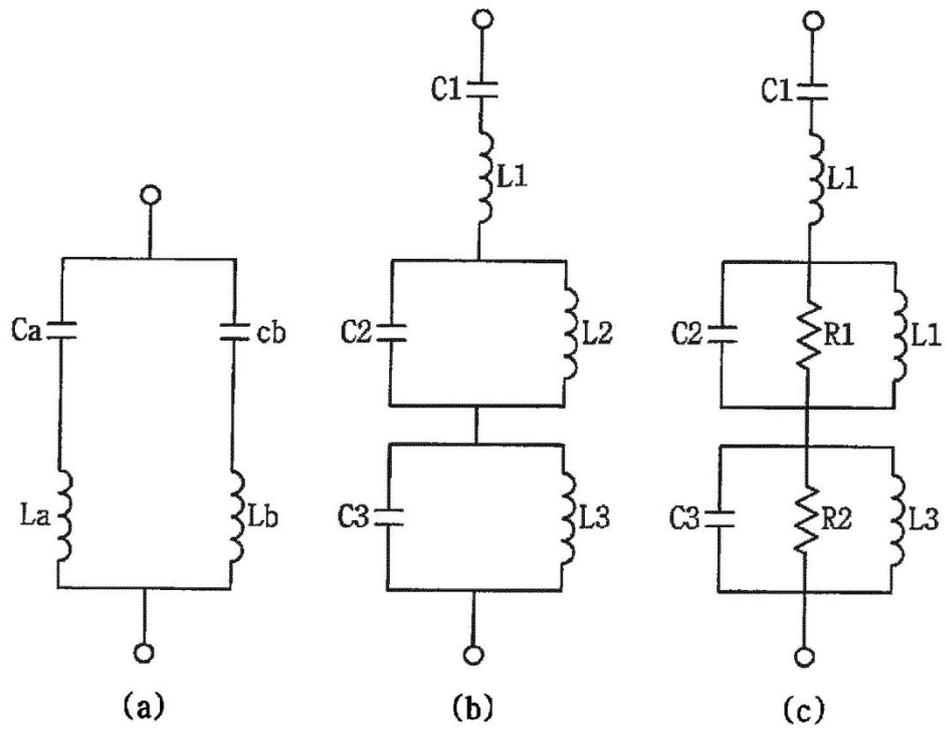


Fig 4

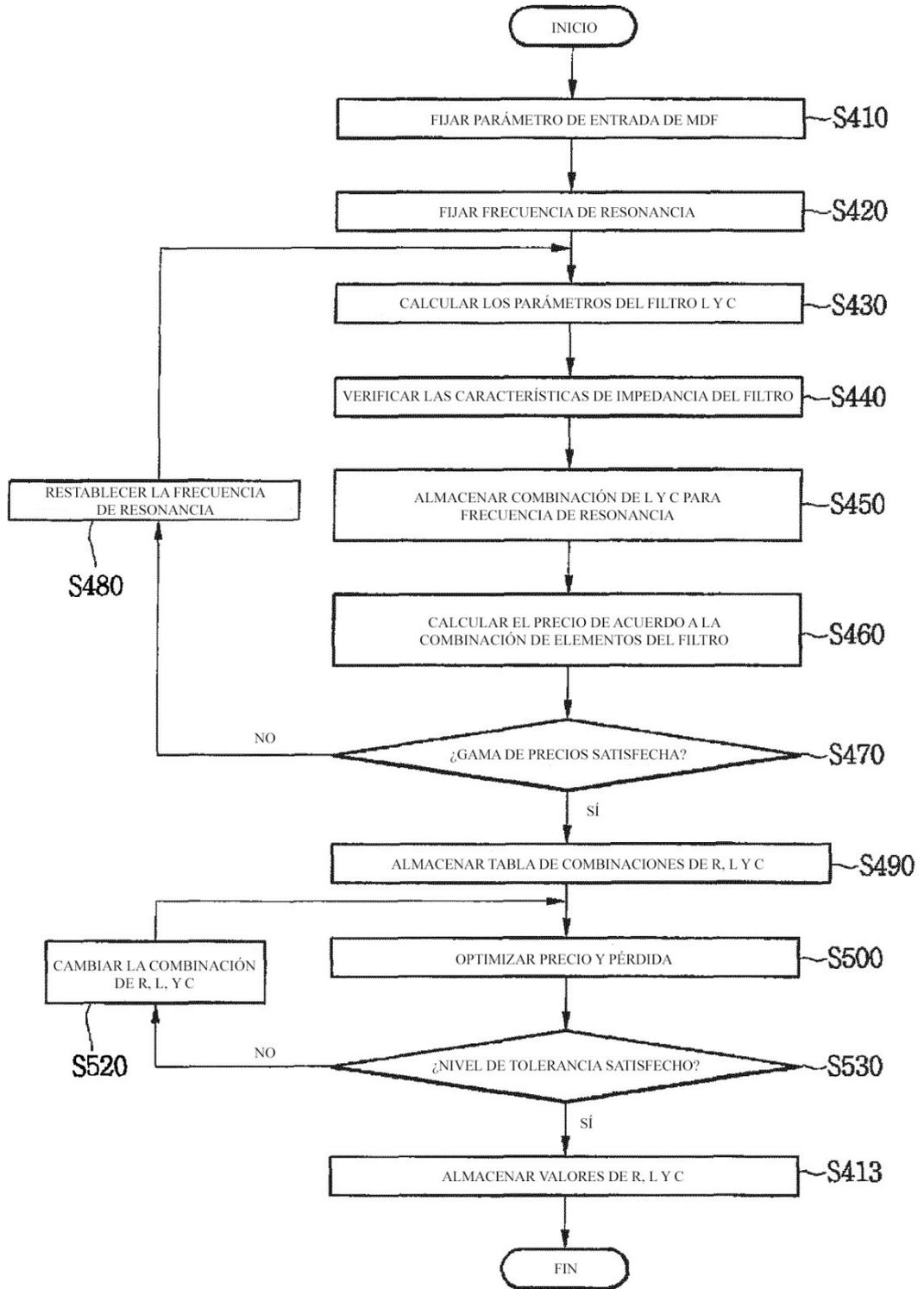


Fig 5

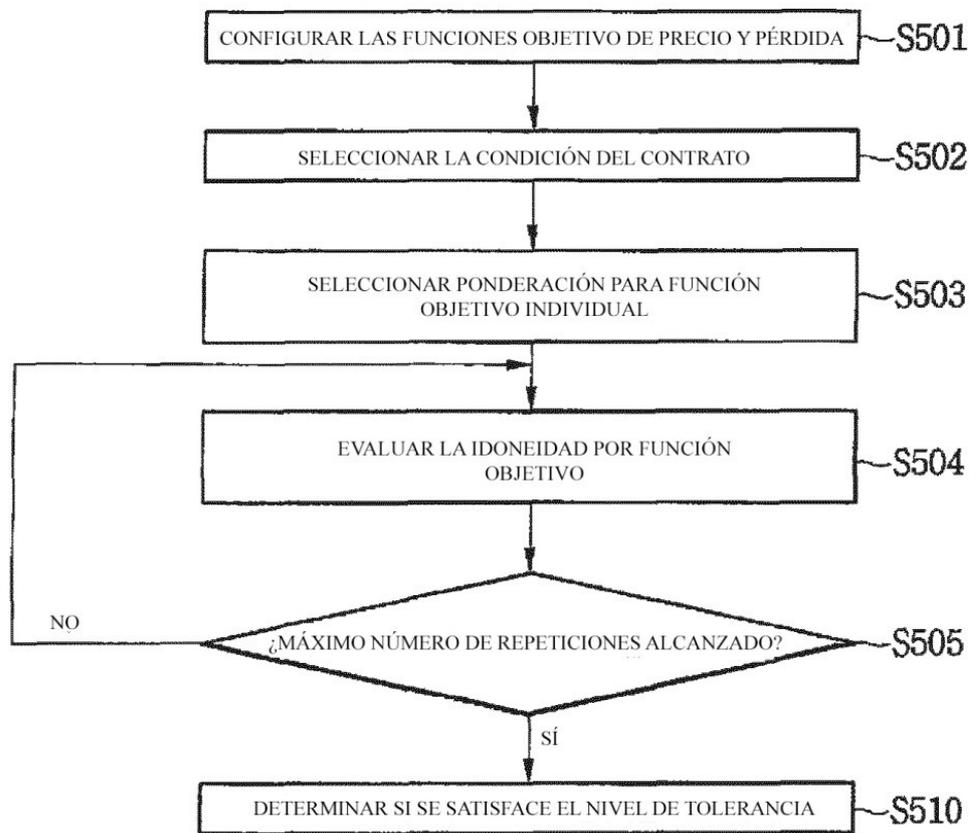


Fig 6

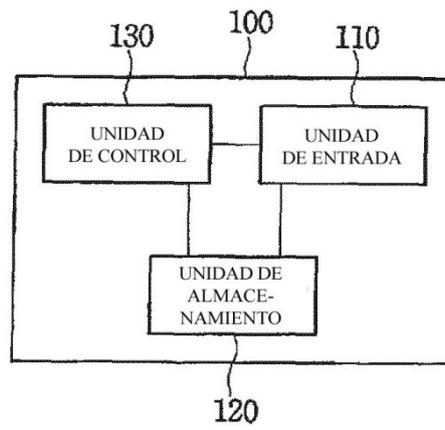


Fig 7

