

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: **2 616 274**

21) Número de solicitud: 201730394

51) Int. Cl.:

H02J 3/36 (2006.01)

H02M 7/537 (2006.01)

H02M 1/08 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22) Fecha de presentación:

22.03.2017

43) Fecha de publicación de la solicitud:

12.06.2017

Fecha de la concesión:

03.04.2018

45) Fecha de publicación de la concesión:

10.04.2018

73) Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (25.0%)
Ramiro de Maeztu 7
28040 Madrid (Madrid) ES y
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (75.0%)**

72) Inventor/es:

**RAMIREZ PRIETO, Dionisio;
MARTINEZ RODRIGO, Fernando;
HERRERO DE LUCAS, Luis Carlos y
DE PABLO GOMEZ, Santiago**

74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54) Título: **Método y sistema de control de un convertidor modular multinivel de corriente continua de alta tensión**

57) Resumen:

Método y sistema de control de un convertidor modular multinivel de corriente continua de alta tensión.

Método y sistema de control de un convertidor modular multinivel (500) para transmisión en corriente continua de alta tensión. El convertidor modular multinivel (500) tiene una tensión de entrada (v_{DC}) y un vector tensión de salida (\vec{v}_o) cuyos valores posibles definen una pluralidad de hexágonos. Asimismo, el convertidor modular multinivel (500) está configurado para proporcionar a una carga un vector tensión de carga (\vec{v}) y un vector corriente de carga (\vec{i}) respecto a un origen absoluto (0). El método y sistema comprenden calcular un vector tensión de salida desplazado de referencia (\vec{v}_{o^*}) respecto a un origen desplazado ($0'$), a partir del vector incremento de corriente ($\Delta \vec{i}$), la tensión de entrada (v_{DC}) y una ecuación vectorial que describe una conexión entre el convertidor modular multinivel (500) y la carga. El origen desplazado ($0'$) se calcula a su vez como un centro de un hexágono más cercano al vector tensión de carga (\vec{v}). Finalmente, el vector tensión de salida desplazado de referencia (\vec{v}_{o^*}) se vuelve a trasladar al origen absoluto (0).

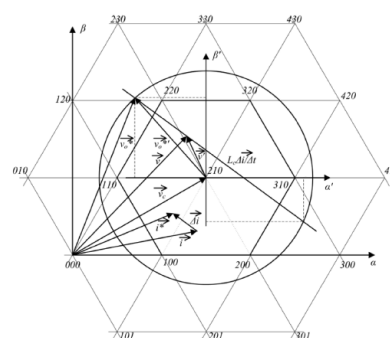


Fig. 10

ES 2 616 274 B2

DESCRIPCIÓN

Método y sistema de control de un convertidor modular multinivel de corriente continua de alta tensión

5

Objeto de la invención

La presente invención se refiere al campo de la electrónica de potencia, y más concretamente al sector de la técnica dedicado a los convertidores electrónicos para aplicaciones de alta tensión.

10

Antecedentes de la invención

Tradicionalmente, los tipos de convertidores utilizados en la transmisión en corriente continua de alta tensión (HVDC, del inglés 'High Voltage Direct Current') más habitualmente son el convertidor conmutado por línea (LCC, del inglés 'Line-Commutated Converter') y el convertidor en fuente de tensión (VSC, del inglés 'Voltage Source Converter'). Este último puede presentar tanto topologías de dos niveles como multinivel. Por ejemplo, US 2014/0268926 A1 y US 2006/0282239 A1 presentan sendos convertidores para transmisión HVDC de acuerdo con topologías LCC y VSC multinivel respectivamente.

15

20

No obstante, investigaciones recientes han dado lugar a la topología de convertidor modular multinivel (MMC, del inglés 'Multilevel Modular Converter'), que presenta las ventajas de distribución de almacenamiento de energía capacitiva, escalabilidad, frecuencia de conmutación elevada, y posibilidad de eliminar filtros y transformador. Por el contrario, los convertidores MMC precisan de un elevado número de semiconductores y drivers, además de almacenar más energía que en los convertidores VSC de dos o tres niveles convencionales. Por ejemplo, US 2016/0336751 A1 presenta una topología MMC para HVDC con seis puentes y tres fases; mientras que CN 10,217,0140 A presenta un método para iniciar la operación de este tipo de dispositivos. Además de para transmisión HVDC, los convertidores MMC pueden aplicarse a accionamiento de motores, compensadores estáticos síncronos (STATCOM, del inglés 'Static Synchronous Compensator'), convertidores back-to-back, generación solar y eólica, y convertidores matriciales, entre otros.

25

30

35

Asimismo, se conocen en el estado del arte diversas técnicas para controlar la tensión de

salida de un convertidor del tipo HVDC-MMC:

- 5 – Control mediante modulación de ancho de pulso (PWM, del inglés ‘Pulse-Width modulation’) multinivel. Este método toma una referencia de tensión de salida como punto de partida, calcula el valor medio de la tensión de referencia en cada período de PWM, y determina el tiempo que debe estar activo (ON) cada uno de los n módulos MMC para que el valor medio de salida sea el deseado.
- Control PWM con desplazamiento de fase de la portadora. Se basa en la comparación de la referencia de la tensión de salida con un número de portadoras triangulares igual al número de módulos que conforman cada rama del convertidor.
- 10 – Control predictivo. Calcula, para cada periodo de conmutación, una función de coste para cada una de las combinaciones de estado de los n módulos del convertidor MMC. A continuación, selecciona el estado con la función de coste más baja.
- Generación de corriente y realimentación de la corriente generada. Se basa en la utilización de bandas de histéresis dentro de las cuales evoluciona la corriente generada por el convertidor.
- 15

Si bien las técnicas descritas controlan la tensión de corriente alterna (AC, del inglés ‘Alternating Current’) de salida del convertidor HVDC-MMC, sería deseable poder controlar las corrientes del convertidor, regulando así la potencia activa, la potencia reactiva y/o la tensión en corriente continua. Las corrientes del convertidor se pueden controlar indirectamente mediante la regulación de las tensiones de corriente alterna de salida del convertidor, pero el control resultante es más lento, lo cual resulta particularmente crítico en caso de fallos en la red.

25 Sigue existiendo por lo tanto en el estado de la técnica la necesidad de un método y sistema de control de convertidores HVDC-MMC capaz de proporcionar un control rápido y eficiente de las corrientes del convertidor. Asimismo, es deseable mantener un buen espectro armónico en la forma de onda de la corriente de salida y minimizar la carga computacional asociada al control del convertidor.

30

Descripción de la invención

La presente invención soluciona los problemas anteriormente descritos mediante una técnica de control rápida de la corriente generada por un convertidor MMC, apta para HVDC, en la que se sustituye el clásico lazo de control de corriente y el bloque de desacople de las ecuaciones de tensión por un único bloque de control no lineal de corriente vectorial. Como

35

resultado se obtiene una respuesta transitoria muy rápida, combinada con un mejor espectro armónico en la forma de onda de la corriente respecto a un control clásico en banda de histéresis.

- 5 En un primer aspecto de la invención se presenta un método de control de un convertidor MMC apto para aplicaciones de HVDC que comprende:
- Medir un vector tensión de carga y un vector intensidad de carga suministrados a una carga, actuando preferentemente como carga una red eléctrica de una aplicación HVDC.
 - 10 – Calcular un origen desplazado, como un valor, de entre una pluralidad de valores posibles del vector tensión de salida, más cercano al vector tensión de carga. Dicha pluralidad de valores posibles está preferentemente definida en un espacio trifásico, por lo que el cálculo del origen desplazado puede entenderse como la selección de un centro del hexágono más cercano a un vector tensión de carga, de entre todos los hexágonos definidos por los valores posibles del vector tensión de salida del MMC. Dicho vector tensión de carga comprende las componentes trifásicas de la tensión proporcionada a la carga. Dicha carga es preferentemente una red eléctrica conectada según la configuración del HVDC. Preferentemente, el método puede comprender medir dicho vector de tensión de carga, así como los vectores tensión de salida (es decir, las componentes trifásicas de la tensión en los bornes de salida del MMC) y vector de corriente de carga asociados (es decir, las componentes trifásicas de la intensidad proporcionada a la carga).
 - 15 – Calcular un vector tensión de carga desplazado trasladando el vector tensión de carga al origen desplazado. Nótese que el grueso de los cálculos del procedimiento se realiza respecto a un origen desplazado, en lugar de respecto al origen absoluto, como sería el caso de los métodos de control tradicionales.
 - 20 – Calcular un vector incremento de corriente como una diferencia entre un vector corriente de carga de referencia (u objetivo) y un vector corriente de carga proporcionado por el MMC. Preferentemente, este paso se realiza periódicamente cada ciclo de cálculo hasta que el módulo del vector incremento de corriente supera un umbral, definiendo así una banda de histéresis. También preferentemente, este paso se realiza sobre un plano definido por un eje horizontal absoluto y un eje vertical absoluto referidos a un origen absoluto.
 - 25 – Calcular un vector tensión de salida desplazado de referencia (u objetivo) a partir del vector incremento de corriente, una tensión de entrada del MMC y una ecuación vectorial que describe una conexión entre el convertidor modular multinivel y la
 - 30
 - 35

carga. Preferentemente, en este paso se calcula el vector tensión de salida desplazado de la referencia como un punto de intersección entre una recta que pasa por un extremo del vector tensión de carga desplazado y sigue la misma dirección del vector incremento de corriente, y una circunferencia con centro en el origen desplazado. Preferentemente, el radio de la circunferencia puede ser igual o mayor que el de una circunferencia circunscrita a uno de los hexágonos. Preferentemente, este cálculo comprende el cálculo de una única raíz cuadrada, lo que permite reducir la carga computacional y el tiempo de cálculo.

- Calcular un vector tensión de salida de referencia (u objetivo) trasladando el vector tensión de salida desplazado de referencia al origen absoluto.
- Calcular unos parámetros de configuración a partir del vector tensión de salida de referencia, es decir, configurar el MMC para que su vector de tensión de salida evolucione hacia el vector de tensión de salida de referencia. Los parámetros de configuración son preferentemente tres vectores de tensión de salida y sus tres tiempos de aplicación asociados, calculados mediante un algoritmo de modulación de vectores espaciales (SVM) multinivel. De esta manera, la combinación lineal de los tres vectores de tensión de salida en sus tres tiempos de aplicación asociados genera una tensión de salida igual al vector de tensión de salida de referencia.
- Aplicar los parámetros de configuración al convertidor modular multinivel.

En un segundo aspecto de la invención se presenta un sistema de control que comprende medios de cálculo y medios de configuración adaptados para determinar y aplicar unos parámetros de configuración de un MMC a partir de una tensión de entrada, un vector tensión de carga, un vector corriente de carga y una pluralidad de valores posibles de un vector tensión de salida.

En particular, los medios de cálculo están configurados para:

- Calcular el origen desplazado como un valor posible del vector tensión de salida más cercano al vector tensión de carga, según lo descrito en el primer aspecto de la invención.
- Trasladar el vector tensión de carga al origen desplazado.
- Restar el vector corriente de carga de referencia y el vector corriente de carga para obtener el vector incremento de corriente.
- Calcular el vector tensión de salida desplazado de referencia a partir del vector incremento de corriente, la tensión de entrada y la ecuación vectorial que describe la conexión entre el convertidor modular multinivel y la carga.

- Trasladar el vector tensión de salida desplazado de referencia al origen absoluto.

Por su parte, los medios de control están configurados para calcular unos parámetros de configuración a partir del vector tensión de salida de referencia y aplicar los parámetros de configuración al MMC. Además, preferentemente, el sistema comprende además, un subconjunto o la totalidad de los siguientes elementos:

- Un modulador de vectores espaciales multinivel configurado para calcular los parámetros de configuración previamente descritos.
- Un lazo de seguimiento de fase configurado para calcular un ángulo (θ) de una transformación de Park a partir de unas componentes trifásicas del vector tensión de carga.
- Un primer regulador proporcional-integral (PI) y un segundo controlador PI configurados para calcular las componentes del vector corriente de carga de referencia a partir de una potencia activa y una potencia reactiva.

Nótese que cualquier opción preferente o implementación particular del sistema de la invención puede ser aplicado igualmente al método de la invención. Asimismo, los elementos de dicho sistema pueden ser adaptados o configurados para implementar cualquier paso del método de la invención, de acuerdo con cualquier implementación particular de ambos.

Finalmente, en un tercer aspecto de la invención se presenta un programa de ordenador que comprende medios de código de programa de ordenador adaptados para implementar el método descrito, al ejecutarse en un procesador digital de la señal, un circuito integrado específico de la aplicación, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otra forma de hardware programable. Nótese que cualquier opción preferente e implementación particular del dispositivo y sistema de la invención puede ser aplicado al método y al programa de ordenador de la invención, y viceversa.

El método, sistema y programa de ordenador de la invención calculan el valor de tensión necesario para generar la corriente deseada en cada aplicación de manera rápida, reduciendo la carga computacional, la amplitud de los armónicos generados, las pérdidas en generadores y el estrés mecánico producido en los devanados. Éstas y otras ventajas de la invención serán aparentes a la luz de la descripción detallada de la misma.

Descripción de las figuras

5 Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, y para complementar esta descripción, se acompañan como parte integrante de la misma las siguientes figuras, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo:

10 La Figura 1 muestra un esquema de un MMC trifásico, de cinco niveles, conocido en el estado de la técnica.

La Figura 2 presenta un ejemplo de implementación de un módulo del MMC, en configuración de semi-puente, conocida en el estado de la técnica.

15 La Figura 3 ejemplifica una conexión del MMC a una red eléctrica a través de inductancias, conocida en el estado de la técnica.

La Figura 4 ilustra un esquema de control de potencia para un MMC con reguladores PI para potencia activa y reactiva, conocido en el estado de la técnica.

20 La Figura 5 muestra los elementos de medida de tensión y corriente utilizados por una realización preferente de la presente invención, así como un posible escenario de aplicación formado por un MMC y la red a la que se conecta.

25 La Figura 6 presenta los elementos de control que determinan las señales de puerta del convertidor MMC a partir de los parámetros medidos, de acuerdo con una realización preferente de la invención.

La Figura 7 muestra con mayor detalle una posible implementación del PLL de la invención.

30 La Figura 8 ejemplifica los posibles valores del vector de tensión de salida de un convertidor MMC de cinco niveles.

35 La Figura 9 ejemplifica el proceso de cálculo del vector de tensión de referencia del convertidor a partir de los vectores de la tensión de red, la corriente de red y la referencia de la corriente de red, de acuerdo con una realización preferente de la presente invención.

La Figura 10 muestra los mismos vectores de la Figura 9, pero dentro del marco de los niveles de tensión de salida que se pueden conseguir con el convertidor.

Realización preferente de la invención

5

En este texto, el término "comprende" y sus derivaciones (como "comprendiendo", etc.) no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no deben interpretarse como excluyentes de la posibilidad de que lo que se describe y define pueda incluir más elementos, etapas, etc. Nótese asimismo que los vectores y componentes acompañados del término "de referencia" deben entenderse en el presente texto como valores objetivo para dichos vectores y componentes, siendo dichos objetivos calculados por el método y sistema de la invención. Es decir, dichos vectores y componentes "de referencia" no son referencias externas de valor fijo, sino que presentan valores variables que pueden cambiar en sucesivas iteraciones de los cálculos realizados por la invención.

15

La figura 1 muestra un de convertidor MMC (500) para HVDC conocido en el estado del arte, que sirve como ejemplo de aplicación del método y sistema de la invención. En particular, se trata de un MMC trifásico con seis ramas (R1, R2, R3, R4, R5, R6) y cinco módulos (también denominados SM, del inglés 'Switching-Module') por rama (SM1, SM2, SM3, SM4, SM5). La zona de corriente continua del convertidor presenta una tensión de entrada (v_{DC}), dividida en dos tensiones simétricas ($+v_{DC}/2$, $-v_{DC}/2$). La primera rama (R1), segunda rama (R2) y tercera rama (R3) están conectadas a la tensión simétrica positiva ($+v_{DC}/2$); mientras que la cuarta rama (R4), la quinta rama (R5) y la sexta rama (R6) están conectadas a la tensión simétrica negativa ($-v_{DC}/2$). A su vez, las ramas están conectadas dos a dos a través de parejas de inductancias (L), estableciéndose un vector tensión de salida (\vec{v}_o) con tres componentes trifásicas (v_{oa}, v_{ob}, v_{oc}).

20

25

30

35

La figura 2 presenta una posible realización de un SM (denotado como SM_k por ser válido para cualquiera de los cinco submódulos de cada rama: SM1, SM2, SM3, SM4, SM5) denominada semipunte (en inglés 'half-bridge'). La topología en semipunte comprende un primer transistor (T1) conectado en paralelo a un primer diodo (D1) y un segundo transistor (T2) conectado en paralelo a un segundo diodo. El ánodo del primer diodo (D1) está conectado al cátodo del segundo diodo (D2) sirviendo como punto de entrada de la corriente de submódulo (i_{SM}) y primer terminal del voltaje de submódulo (v_{SM}). A su vez, el cátodo del primer diodo (D1) está conectado al ánodo del segundo diodo (D2) a través de un condensador (C) con un voltaje de condensador (v_c). Dicho ánodo del segundo diodo actúa

a su vez como segundo terminal del voltaje de submódulo (v_{SM}).

La figura 3 ejemplifica la conexión del convertidor MMC (500) a una red (que actúa como carga) mediante tres inductancias de filtro (L_c). Tras las tres inductancias de filtro (L_c), el vector tensión de salida (\vec{v}_o) se convierte en el vector tensión de carga (\vec{v}) con sendas componente trifásicas (v_a, v_b, v_c). En la figura aparecen reflejadas asimismo la intensidad de entrada (i_{DC}); las componentes trifásicas (i_a, i_b, i_c) del vector intensidad de carga (\vec{i}); el voltaje de la rama superior (v_{ua}) y la intensidad de la rama superior (i_{ua}) correspondientes a la primera rama (R1); y el voltaje de la rama inferior (v_{ia}) y la intensidad de la rama inferior (i_{ia}) correspondientes a la cuarta rama (R4).

La figura 4 presenta unos medios de regulación de potencia (600) para convertidores MMC (500). Dichos medios de regulación de potencia (600) comprenden un módulo de cálculo (610) que calcula la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q) a partir de las componentes trifásicas (v_a, v_b, v_c) del vector tensión de carga (\vec{v}) y de las componentes trifásicas (i_a, i_b, i_c) del vector intensidad de carga (\vec{i}). A continuación la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q) se restan a la potencia activa de referencia (P^*) y la potencia reactiva de referencia (Q^*) en un primer módulo de resta (620) y un segundo módulo de resta (621). Las diferencias resultantes sirven de entrada a un primer regulador proporcional-integral (PI, 630) y un segundo regulador PI (631), obteniendo así la componente en eje directo (i_d^*) y la componente en cuadratura (i_q^*) del vector corriente de red de referencia (\vec{i}^*). Alternativamente, la regulación puede realizarse sobre la corriente continua (v_{DC}) en lugar de sobre la potencia activa (P). Nótese que la potencia activa de referencia (P^*) y la potencia reactiva de referencia (Q^*) son parámetros de entrada, proporcionados por un usuario o por otro sistema auxiliar en función de una estrategia de control general de transferencia de energía.

La figura 5 muestra los medios de medida y conversión comprendidos por una realización preferente del sistema de la invención, que a su vez ejecutan pasos de realizaciones preferentes del método y el programa de ordenador de la invención. En particular, el sistema comprende un primer elemento de conversión (710) y un segundo elemento de conversión (711) que trasladan las entradas de unos ejes trifásicos (abc) a unos ejes horizontal-vertical ($\alpha\beta$). En particular, el primer elemento de conversión (710) calcula una componente horizontal (i_α) y una componente vertical (i_β) del vector corriente de red (\vec{i}) a partir de las tres componentes trifásicas (i_a, i_b, i_c) del vector corriente de red (\vec{i}). El segundo elemento de conversión (711) calcula una componente horizontal (v_α) y una componente vertical (v_β) del

vector tensión de red (\vec{v}) a partir de las componente trifásicas (v_a, v_b, v_c) del vector tensión de carga (\vec{v}). Finalmente, un lazo de seguimiento de fase (720, PLL, del inglés 'Phase-Locked Loop) calcula un ángulo (θ) para una transformación de Park a partir de las componente trifásicas (v_a, v_b, v_c) del vector tensión de carga (\vec{v}). En la figura también se

5 representan unos parámetros de control (501) del convertidor MMC (500), calculados a partir de dichas componente horizontal (v_α) y una componente vertical (v_β) del vector tensión de red (\vec{v}); componente horizontal (i_α) y una componente vertical (i_β) del vector corriente de red (\vec{i}) y ángulo (θ).

10 La figura 6 presenta a su vez una realización preferente de los elementos que calculan los parámetros de control (501). Dichos elementos comprenden un tercer elemento de conversión (730) que traslada de un eje directo-cuadratura (dq) a los ejes horizontal-vertical ($\alpha\beta$). En particular el tercer elemento de conversión (730) calcula una componente horizontal (i_α^*) y una segunda vertical (i_β^*) del vector de intensidad de red de referencia (\vec{i}^*) a partir del

15 ángulo (θ), y la componente en eje directo (i_d^*) y componente en cuadratura (i_q^*) del vector de intensidad de red de referencia (\vec{i}^*). Las componentes vertical y horizontal del vector de intensidad de red de referencia (\vec{i}^*), el vector tensión de red (\vec{v}) y el del vector intensidad de red (\vec{i}) se introducen en unos medios de cálculo (740), obteniendo una componente horizontal (v_{α^*}) y una componente vertical (v_{β^*}) del vector tensión de salida de referencia

20 (\vec{v}_o^*). Los medios de cálculo (740) son preferentemente un controlador no-lineal multinivel. Finalmente unos medios de control (750), preferentemente conformados por un modulador de vectores espaciales (SVM, del inglés 'Space Vector Modulator') multinivel, calcula los parámetros de control (501) a partir del vector tensión de salida de referencia (\vec{v}_o^*).

25 La figura 7 muestra con mayor detalle el lazo de seguimiento de fase (720), que comprende un cuarto elemento de conversión (712) que traslada de los ejes trifásicos (abc) a los ejes horizontal-vertical ($\alpha\beta$); y un quinto elemento de conversión (731) que traslada de los ejes horizontal-vertical ($\alpha\beta$) a los ejes directo-cuadratura (dq). Se obtiene así la componente en eje directo (v_d) y la componente en cuadratura (v_q) del vector tensión de carga (\vec{v}) a partir de

30 las componentes trifásicas (v_a, v_b, v_c) de dicho vector tensión de carga (\vec{v}). La componente en cuadratura (v_q) del vector tensión de carga (\vec{v}) se introduce a su vez en un tercer módulo regulador PI (760). La salida del módulo regulador PI (760) se suma a una frecuencia de offset (ω_{offset}) en un sumador (770) obteniendo una frecuencia total (ω). La frecuencia total (ω), a su vez, se introduce en un integrador (780) que obtiene el ángulo (θ), y que a su vez

35 realimenta el quinto elemento de conversión (731). El valor de la frecuencia de offset (ω_{offset})

se introduce manualmente de acuerdo con el valor de frecuencia previsible para la tensión de red de modo que el PLL dedica menos tiempo a estabilizarse.

5 Con el fin de ejemplificar los cálculos vectoriales descritos, la figura 8 muestra el conjunto de valores que puede tomar el vector de tensión de salida en un convertidor de cinco niveles. Cada posible vector comprende por lo tanto tres componentes, estando cada componente comprendida entre los niveles 0 y 4. Cada uno de dichos posibles vectores conforma el vértice de un triángulo que, a su vez, conforman una pluralidad de hexágonos.

10 La figura 9 ejemplifica la traslación desde unos ejes horizontal-vertical absolutos ($\alpha\beta$), centrados en el origen absoluto (0), a unos ejes horizontal-vertical desplazados ($\alpha'\beta'$) centrados en un origen desplazado (0'). El resto de variables involucradas en el cálculo se detallan más adelante, durante la descripción de los pasos de la realización preferente del procedimiento. A diferencia del caso de convertidores de dos niveles, los vectores utilizados
 15 en los cálculos de la invención se calculan respecto de un origen absoluto que no tiene por qué coincidir con el centro del conjunto de hexágonos que conforman los posibles vectores solución. Así, en cada ciclo, considerados todos los hexágonos, se elige como origen desplazado (0') el hexágono cuyo centro está más cerca de la tensión de la red a la que está conectado el convertidor. La solución obtenida se referencia respecto del origen absoluto
 20 (0), sumando un vector desplazamiento (\vec{v}_c) que une el origen absoluto (0) y el origen desplazado (0').

Finalmente, la figura 10 superpone la información de las figuras 8 y 9, para el ejemplo particular en el que el origen (0) se encuentra situado en un primer valor de tensión de salida
 25 (000) y se desplaza hasta un origen desplazado en un segundo valor de tensión de salida (210).

A continuación se detallan los pasos de una realización preferente del método de la invención, que son implementados a su vez por una realización preferente de los medios de
 30 cálculo (740) y medios de control (750) del sistema. El método comprende:

i. Calcular el origen desplazado (0') como el vector tensión de salida más próxima al valor del vector tensión de carga (\vec{v}). Cuando el convertidor MMC (500) está conectado a una
 35 red eléctrica trifásica, los medios de cálculo (740) pueden obtener el vector de desplazamiento (\vec{v}_c) que conecta el origen absoluto (0) y el origen desplazado (0') según la siguiente ecuación vectorial que describe la conexión a red del convertidor MMC (500):

$$\vec{v}_c = R_c \vec{i} + L_c \frac{d\vec{i}}{dt} + \vec{v} \approx L_c \frac{\Delta \vec{i}}{\Delta t} + \vec{v},$$

donde t es el tiempo, y Rc y Lc son los valores de la resistencia e inductancia del filtro y transformador de conexión a red. Nótese que la ecuación vectorial puede aproximarse a una recta para optimizar la carga computacional.

5

- ii. Calcular el vector de la tensión de carga desplazado (\vec{v}') relativo al origen desplazado (0') como diferencia entre el vector tensión de carga (\vec{v}) y el vector desplazamiento (\vec{v}_c).

$$\vec{v}' = \vec{v} - \vec{v}_c$$

10

- iii. Calcular el vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$) como la diferencia entre el vector corriente de red de referencia (\vec{i}^*) y el vector corriente de red (\vec{i}):

$$\vec{\Delta i} = \vec{i}^* - \vec{i} = \Delta i_\alpha + j\Delta i_\beta$$

donde, Δi_α es la componente horizontal del vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$), Δi_β es la componente vertical del vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$) y j es la unidad imaginaria. Nótese que el vector corriente de red de referencia (\vec{i}^*) se ha obtenido previamente en los medios de regulación de potencia (600).

15

- iv. Calcular los puntos de intersección (A, B) entre la recta que pasa por el vector tensión de carga desplazado (\vec{v}') y es paralela al vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$), con la circunferencia centrada en el origen desplazado (0') y radio (R).

Es decir, la recta pasa por el punto $\vec{v}' = v_\alpha' + jv_\beta'$ y tiene una pendiente $\Delta i_\beta / \Delta i_\alpha$. De entre los dos puntos de intersección (A, B), se elige el punto de intersección que proporciona una evolución de la corriente en el mismo sentido respecto del vector tensión de carga desplazado (\vec{v}') que el vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$). El origen desplazado (0') y el punto de intersección (A, B) escogido determinan el vector tensión de salida desplazado de referencia ($\vec{v}_o^{*'}).$

20

Cuando la componente vertical del vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$) es positiva ($\Delta i_\beta > 0$), la intersección puede calcularse como:

25

$$v_{o\beta}^{*'} = \frac{b + \sqrt{b^2 - (1 + a^2)(b^2 - a^2 R^2)}}{(1 + a^2)}$$

Mientras que cuando la componente vertical del vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$) es negativa ($\Delta i_\beta < 0$), la intersección puede calcularse como:

$$v_{o\beta}^{*'} = \frac{b - \sqrt{b^2 - (1 + a^2)(b^2 - a^2 R^2)}}{(1 + a^2)}$$

con:

$$a = \frac{\Delta i_{\beta}}{\Delta i_{\alpha}}; b = \left(v_{\beta}' - \frac{\Delta i_{\beta}}{\Delta i_{\alpha}} v_{\alpha}' \right)$$

Nótese que las soluciones de la intersección de la recta de pendiente $\Delta i_{\beta}/\Delta i_{\alpha}$ con la circunferencia de radio R y centro en el origen desplazado (0') se obtienen en valores en el eje vertical (β). Mediante esta implementación del algoritmo se logra obtener la solución correcta calculando una única raíz cuadrada en cada ciclo de microprocesador, lo que supone un ahorro considerable de tiempo de computación en el control. Además, proporciona un tiempo de ciclo más constante, lo que es una ventaja para prever el tiempo total de computación del programa de control, fundamental al escoger la configuración del periodo de muestreo de los conversores analógico-digital y el tiempo de ciclo PWM del SVM.

Nótese asimismo que el radio (R) puede ser mayor que el radio de una circunferencia circunscrita al hexágono para dar mayor capacidad de imposición del vector corriente de referencia (\vec{i}^*). En algunas aplicaciones, como la energía undimotriz, la tensión alterna en el lado de generador sufre grandes variaciones debido a frecuentes y persistentes periodos de baja velocidad de giro del generador debido a un bajo oleaje. En estas circunstancias, la fuerza electromagnética generada por el generador undimotriz es también de valor reducido y utilizar una circunferencia de radio R o mayor en un convertidor del tipo MMC conectado al generador, provocaría grandes armónicos de corriente con las consiguientes pérdidas asociadas y se generaría un fuerte estrés mecánico en los bobinados.

La componente horizontal ($v_{o\alpha}^{*l}$) del vector tensión de salida desplazado de referencia (\vec{v}_o^{*l}) puede obtenerse de las ecuaciones de la recta o la circunferencia:

$$v_{o\beta}^{*l} = a v_{o\alpha}^{*l} + b = \frac{\Delta i_{\beta}}{\Delta i_{\alpha}} v_{o\alpha}^{*l} + \left(v_{\beta}' - \frac{\Delta i_{\beta}}{\Delta i_{\alpha}} v_{\alpha}' \right)$$

$$v_{o\alpha}^{*l 2} + v_{o\beta}^{*l 2} = R^2$$

- v. Referenciar la solución obtenida, es decir, el vector tensión de salida desplazado de referencia (\vec{v}_o^{*l}) al origen absoluto sumando el vector desplazamiento (\vec{v}_c):

$$\vec{v}_o^{*} = \vec{v}_o^{*l} + \vec{v}_c$$

- vi. Generar los parámetros de configuración (501) que producen una evolución del vector tensión de salida (\vec{v}_o) hacia el vector tensión de salida de referencia (\vec{v}_o^{*}). En particular, un algoritmo SVM multinivel escoge en cada ciclo los hexágonos adecuados, esto es, los parámetros de configuración (501) de las componentes trifásicas del vector tensión de

salida (\vec{v}_o) y/o los tiempos de conmutación de los transistores que componen los módulos del convertidor MMC (500), para que la corriente evolucione en la dirección de la referencia.

- 5 vii. Una vez transcurrido un ciclo, se vuelve a calcular el vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$). Cuando el módulo del vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$) supera un umbral (ε), se repiten los pasos descritos para el cálculo y aplicación de un nuevo vector tensión de salida de referencia (\vec{v}_o^*). Nótese que la banda espacial de histéresis resultante es un círculo alrededor de un extremo del vector corriente de red (\vec{i}), lo que simplifica la comprobación
- 10 de si la corriente ha rebasado la banda de histéresis.

Para el caso particular mostrado en la figura 10, se puede observar que el vector de tensión de salida del convertidor más cercano al vector tensión de carga (\vec{v}) es el vector 210. Después de realizar los pasos descritos, el vector tensión de salida (\vec{v}_o^*) calculado, se

15 genera mediante la combinación de los tres vectores más cercanos de tensión de salida del convertidor: 120, 220 y 230.

El experto en la materia podrá entender que la invención ha sido descrita según algunas realizaciones preferentes de la misma, pero que múltiples variaciones pueden ser

20 introducidas en dichas realizaciones preferentes, sin salir del objeto de la invención tal y como ha sido reivindicada.

REIVINDICACIONES

1. Método de control de un convertidor modular multinivel (500) para transmisión en corriente continua de alta tensión, teniendo el convertidor modular multinivel (500) una tensión de entrada (v_{DC}) y un vector tensión de salida (\vec{v}_o) con una pluralidad de valores posibles, y estando el convertidor modular multinivel (500) configurado para proporcionar a una carga un vector tensión de carga (\vec{v}) y un vector corriente de carga (\vec{i}) respecto a un origen absoluto (0); caracterizado por que comprende:
- medir el vector tensión de carga (\vec{v});
 - calcular un origen desplazado ($0'$), como un valor posible del vector tensión de salida (\vec{v}_o) más cercano al vector tensión de carga (\vec{v});
 - calcular un vector tensión de carga desplazado (\vec{v}') trasladando el vector tensión de carga (\vec{v}) al origen desplazado ($0'$);
 - calcular un vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$) como una diferencia entre un vector corriente de carga de referencia (\vec{i}^*) y el vector corriente de carga (\vec{i});
 - calcular un vector tensión de salida desplazado de referencia ($\vec{v}_o^{*'}$) a partir del vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$), la tensión de entrada (v_{DC}) y una ecuación vectorial que describe una conexión entre el convertidor modular multinivel (500) y la carga;
 - calcular un vector tensión de salida de referencia (\vec{v}_o^{*}) trasladando el vector tensión de salida desplazado de referencia ($\vec{v}_o^{*'}$) al origen absoluto (0);
 - calcular unos parámetros de configuración (501) a partir del vector tensión de salida de referencia (\vec{v}_o^{*}); y
 - aplicar los parámetros de configuración (501) al convertidor modular multinivel (500).
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado por que el paso de calcular unos parámetros de configuración (501) se realiza mediante un modulador de vectores espaciales multinivel.
3. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que el paso de calcular el vector tensión de salida desplazado de referencia ($\vec{v}_o^{*'}$) se repite cada vez que el módulo del vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$) supera un umbral (ϵ).

4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que el paso de calcular un vector incremento de corriente ($\overrightarrow{\Delta i}$) se realiza sobre un plano definido por un eje horizontal absoluto (α) y un eje vertical absoluto (β) referidos al origen absoluto (0).

5

5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que el paso de calcular el vector tensión de salida desplazado de referencia ($\overrightarrow{v_{o\beta}^{*i}}$) comprende calcular un punto de intersección (A, B) entre:
- una recta que pasa por un extremo del vector tensión de carga desplazado (\overrightarrow{v}) y sigue dirección del vector incremento de corriente ($\overrightarrow{\Delta i}$), y
 - una circunferencia con centro en el origen desplazado (0') y radio (R).

10

6. Método de acuerdo con la reivindicación 5 caracterizado por que el radio (R) es mayor que la tensión de entrada dividida entre $\sqrt{3}$.

15

7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 y 6 caracterizado por que el paso de calcular el vector tensión de salida desplazado de referencia ($\overrightarrow{v_{o\beta}^{*i}}$) se realiza mediante una única raíz cuadrada que comprende componentes del vector incremento de corriente ($\overrightarrow{\Delta i}$) y el vector tensión de carga desplazado (\overrightarrow{v}).

20

8. Método de acuerdo con la reivindicación 7 caracterizado por que, si la componente del vector incremento de corriente ($\overrightarrow{\Delta i}$) respecto al eje vertical absoluto (β) es positiva, la componente vertical ($v_{o\beta}^{*i}$) del vector tensión de salida desplazado de referencia ($\overrightarrow{v_{o\beta}^{*i}}$) se calcula como:

$$v_{o\beta}^{*i} = \frac{b + \sqrt{b^2 - (1 + a^2)(b^2 - a^2 R^2)}}{(1 + a^2)}$$

25

y si la componente del vector incremento de corriente ($\overrightarrow{\Delta i}$) respecto al eje vertical absoluto (β) es negativa, la componente vertical ($v_{o\beta}^{*i}$) del vector tensión de salida desplazado de referencia ($\overrightarrow{v_{o\beta}^{*i}}$) se calcula como:

$$v_{o\beta}^{*i} = \frac{b - \sqrt{b^2 - (1 + a^2)(b^2 - a^2 R^2)}}{(1 + a^2)}$$

con:

$$a = \frac{\Delta i_{\beta}}{\Delta i_{\alpha}}; b = \left(v_{\beta}' - \frac{\Delta i_{\beta}}{\Delta i_{\alpha}} v_{\alpha}' \right)$$

30

donde Δi_{α} y Δi_{β} son la componente horizontal y vertical del vector incremento de

corriente ($\vec{\Delta i}$), y v_{α}' y v_{β}' son la componente horizontal y vertical del vector tensión de carga desplazado (\vec{v}').

- 5 9. Método de acuerdo con la reivindicación 8 caracterizado por que la componente horizontal ($v_{o\alpha}^{*'}$) del vector tensión de salida desplazado de referencia ($\vec{v}_o^{*'}$) se calcula como:

$$v_{o\alpha}^{*'} = \frac{v_{o\beta}^{*'} - \left(v_{\beta}' - \frac{\Delta i_{\beta}}{\Delta i_{\alpha}} v_{\alpha}' \right)}{\frac{\Delta i_{\beta}}{\Delta i_{\alpha}}}$$

- 10 10. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que el vector corriente de carga de referencia (\vec{i}^*) se obtiene de un primer regulador proporcional-integral (630) que controla una potencia activa (P) y de un segundo regulador proporcional-integral (631) que controla una potencia reactiva (Q).

- 15 11. Sistema de control de un convertidor modular multinivel (500) para transmisión en corriente continua de alta tensión, teniendo el convertidor modular multinivel (500) una tensión de entrada (v_{DC}) y un vector tensión de salida (\vec{v}_o) con una pluralidad de valores posibles, y estando el convertidor modular multinivel (500) configurado para proporcionar a una carga un vector tensión de carga (\vec{v}) y un vector corriente de carga (\vec{i}) respecto a un origen absoluto (0); caracterizado por que comprende medios de medida configurados para medir el vector tensión de carga (\vec{v}) y el vector corriente de carga (\vec{i}); medios de cálculo (740) configurados para:

- 20
- calcular un origen desplazado ($0'$), como un valor posible del vector tensión de salida (\vec{v}_o) más cercano al vector tensión de carga (\vec{v});
 - calcular un vector tensión de carga desplazado (\vec{v}') trasladando el vector tensión de carga (\vec{v}) al origen desplazado ($0'$);
 - 25 – calcular un vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$) como una diferencia entre un vector corriente de carga de referencia (\vec{i}^*) y el vector corriente de carga (\vec{i});
 - calcular un vector tensión de salida desplazado de referencia ($\vec{v}_o^{*'}$) a partir del vector incremento de corriente ($\vec{\Delta i}$), la tensión de entrada (v_{DC}) y una ecuación vectorial que describe una conexión entre el convertidor modular multinivel (500) y la carga;
 - 30 – calcular un vector tensión de salida de referencia ($\vec{v}_o^{*'}$) trasladando el vector

tensión de salida desplazado de referencia ($\overrightarrow{v_o^{*t}}$) al origen absoluto (0);

y medios de control (750) configurados para:

- calcular unos parámetros de configuración (501) a partir del vector tensión de salida de referencia ($\overrightarrow{v_o^{*}}$); y
- aplicar los parámetros de configuración (501) al convertidor modular multinivel (500).

5

12. Sistema de acuerdo con la reivindicación 11 caracterizado por que los medios de control (750) comprenden un modulador de vectores espaciales multinivel.

10

13. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 y 12 caracterizado por que comprende un lazo de seguimiento de fase (720) configurado para calcular un ángulo (θ) de una transformación de Park a partir de unas componentes trifásicas (v_a, v_b, v_c) del vector tensión de carga (\vec{v}).

15

14. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13 caracterizado por que comprende un primer regulador proporcional-integral (630) y un segundo regulador proporcional-integral (631) configurados para calcular un vector corriente de carga de referencia (\vec{i}^*) a partir de una potencia activa (P) y una potencia reactiva (Q).

20

15. Programa de ordenador que comprende medios de código de programa de ordenador adaptados para realizar las etapas del método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, cuando el mencionado programa se ejecuta en un procesador digital de la señal, un circuito integrado específico de la aplicación, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otra forma de hardware programable.

25

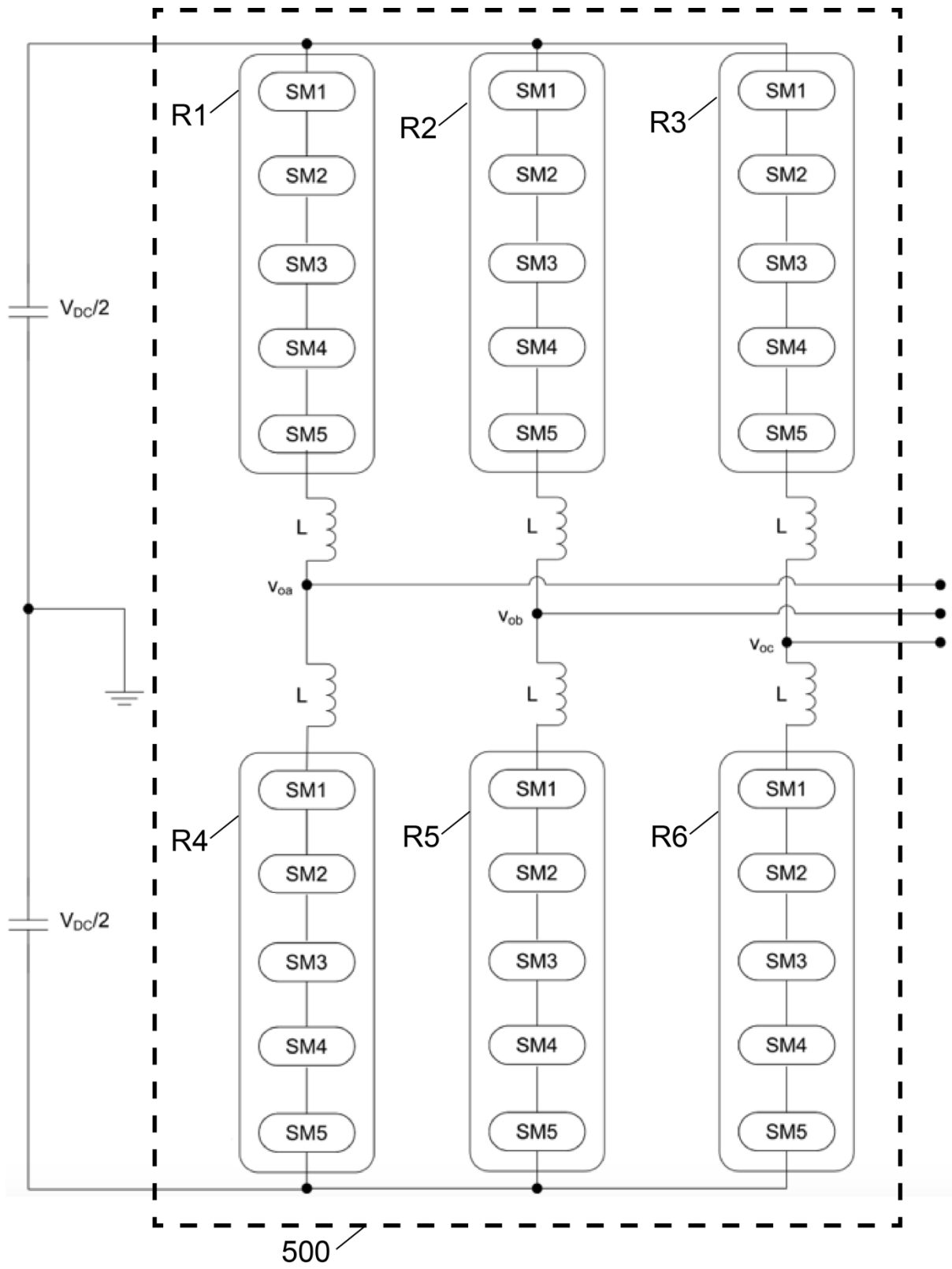


Fig.1

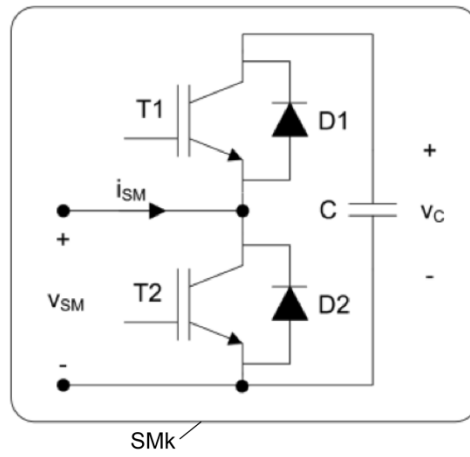


Fig. 2

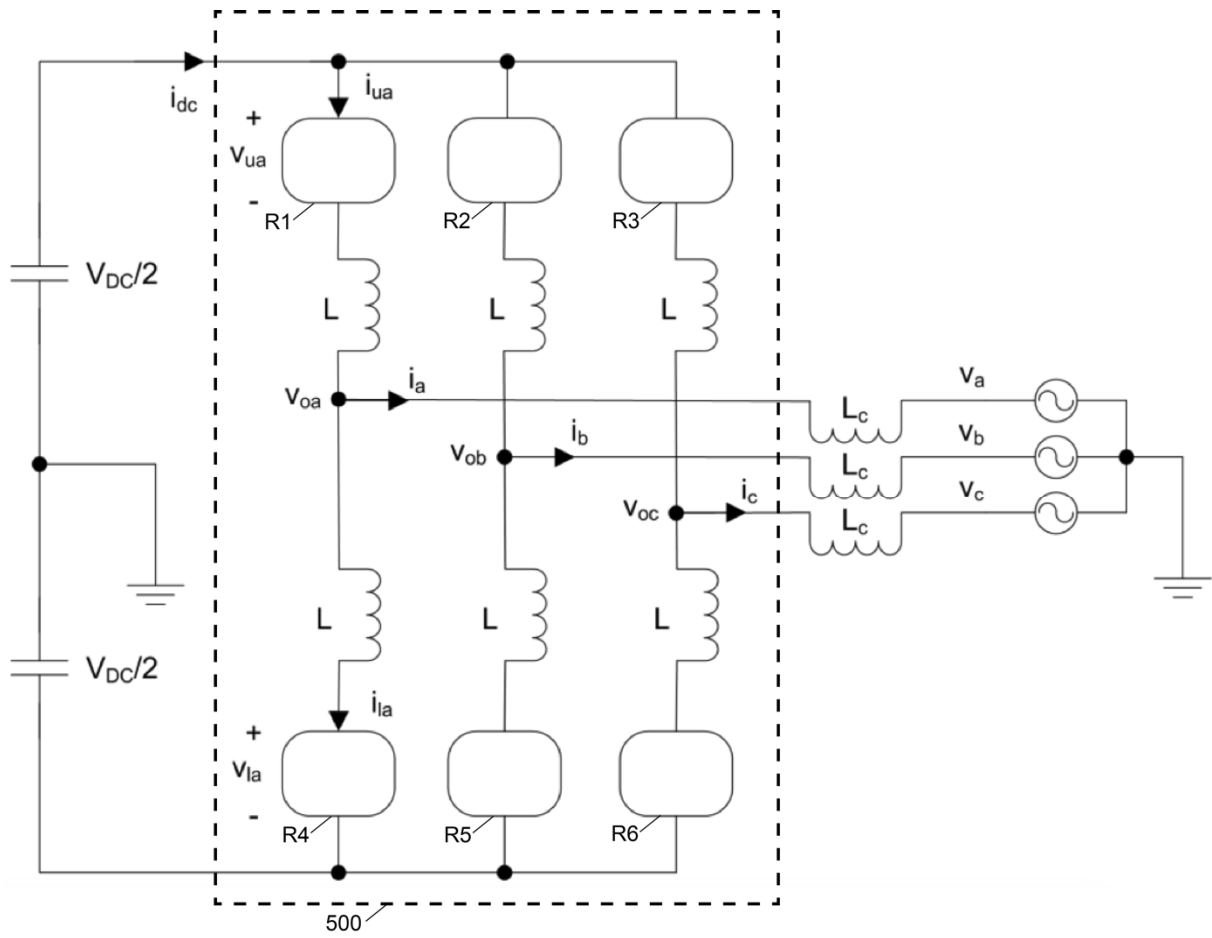


Fig. 3

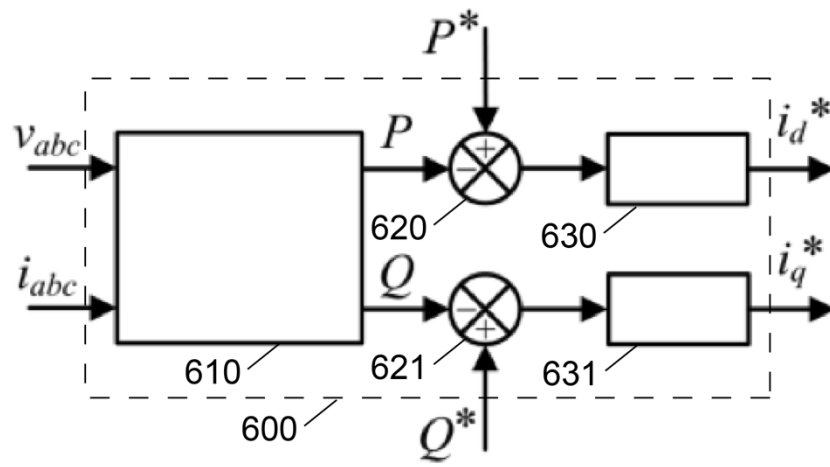


Fig. 4

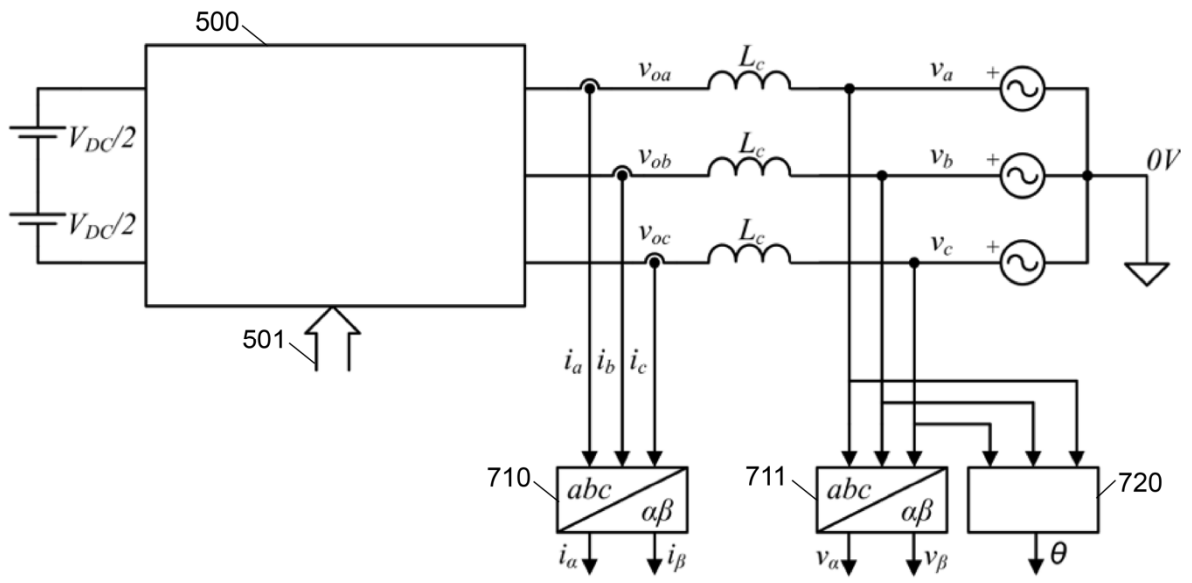


Fig. 5

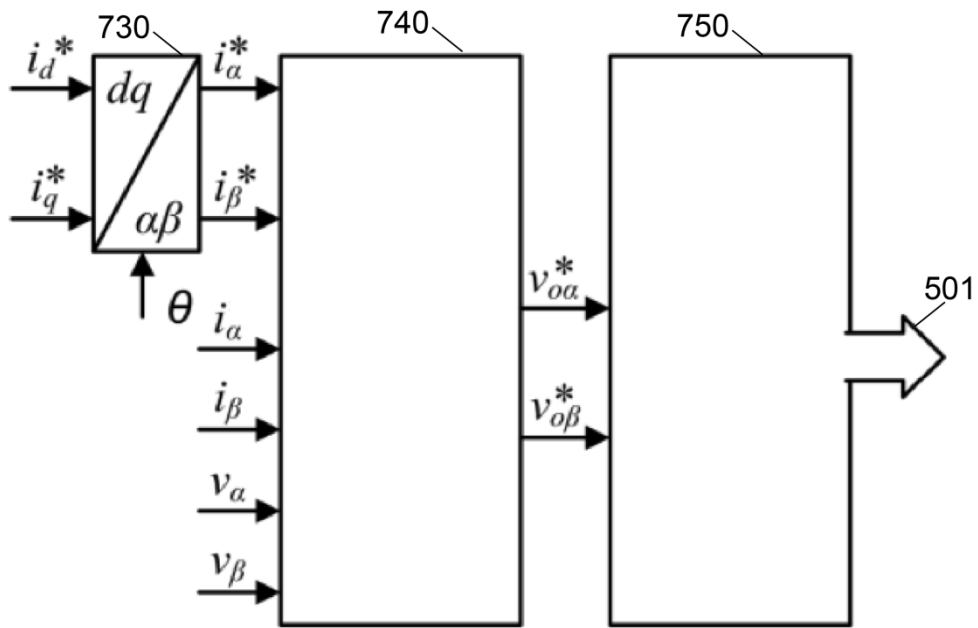


Fig. 6

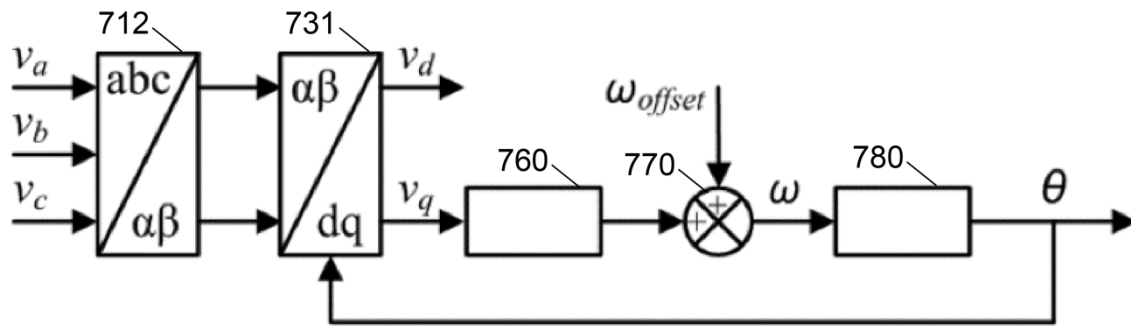


Fig. 7

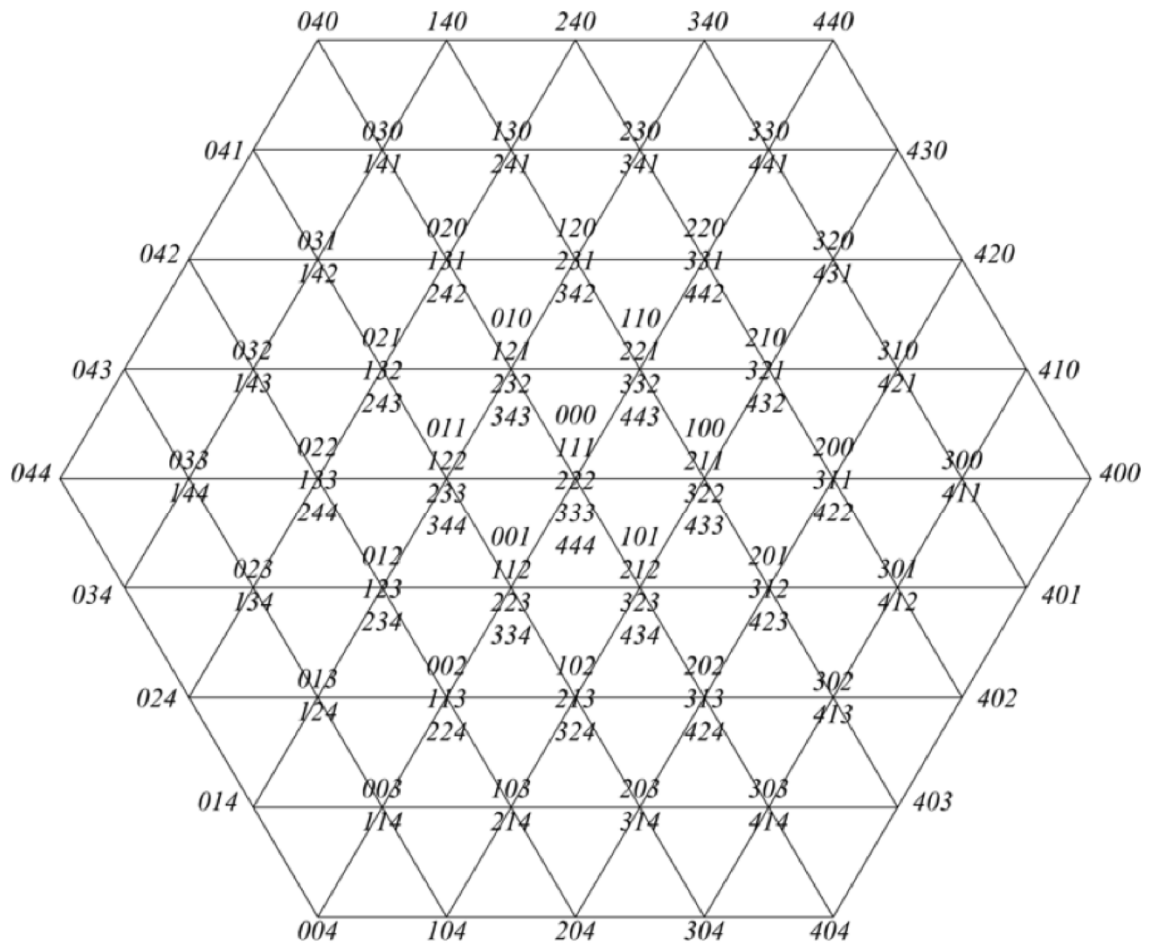


Fig. 8

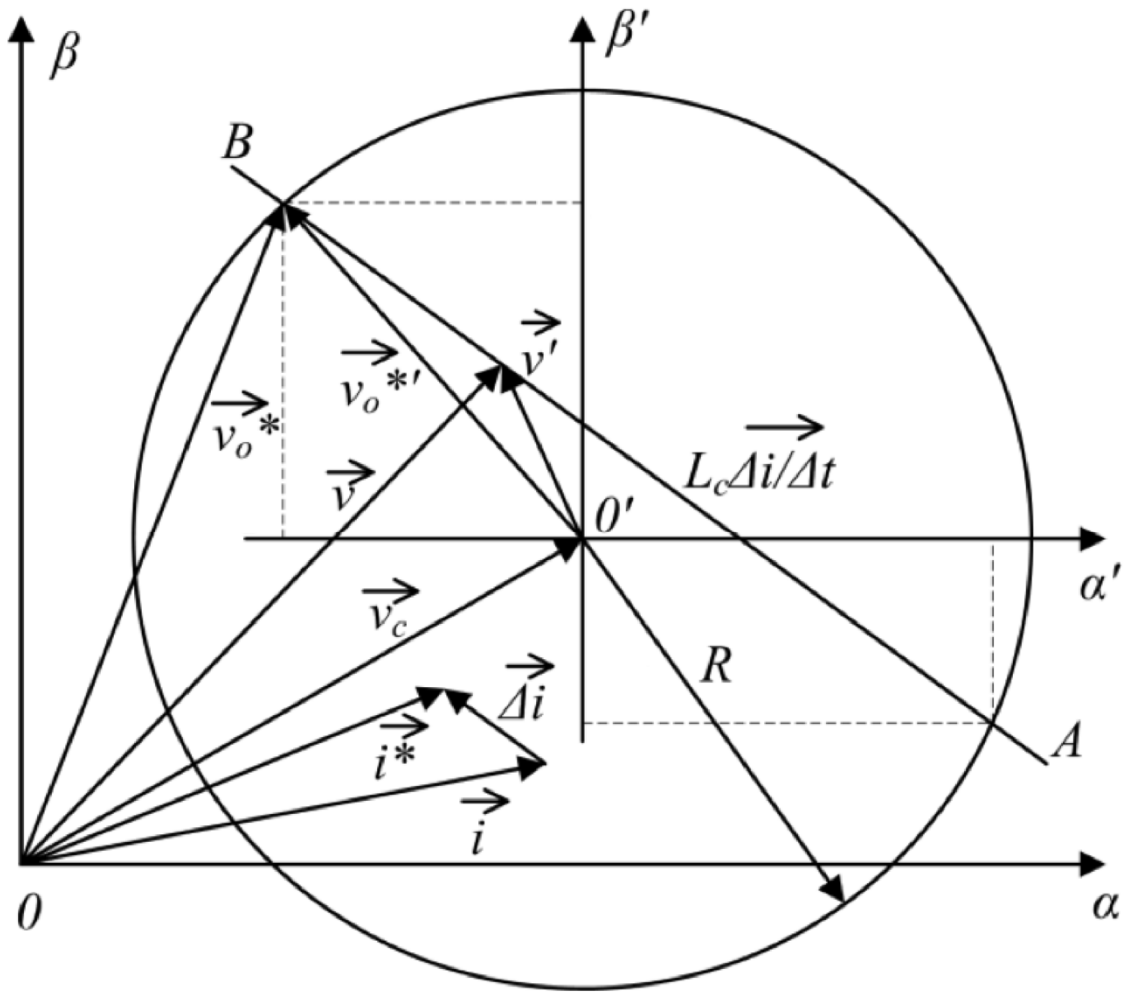


Fig. 9

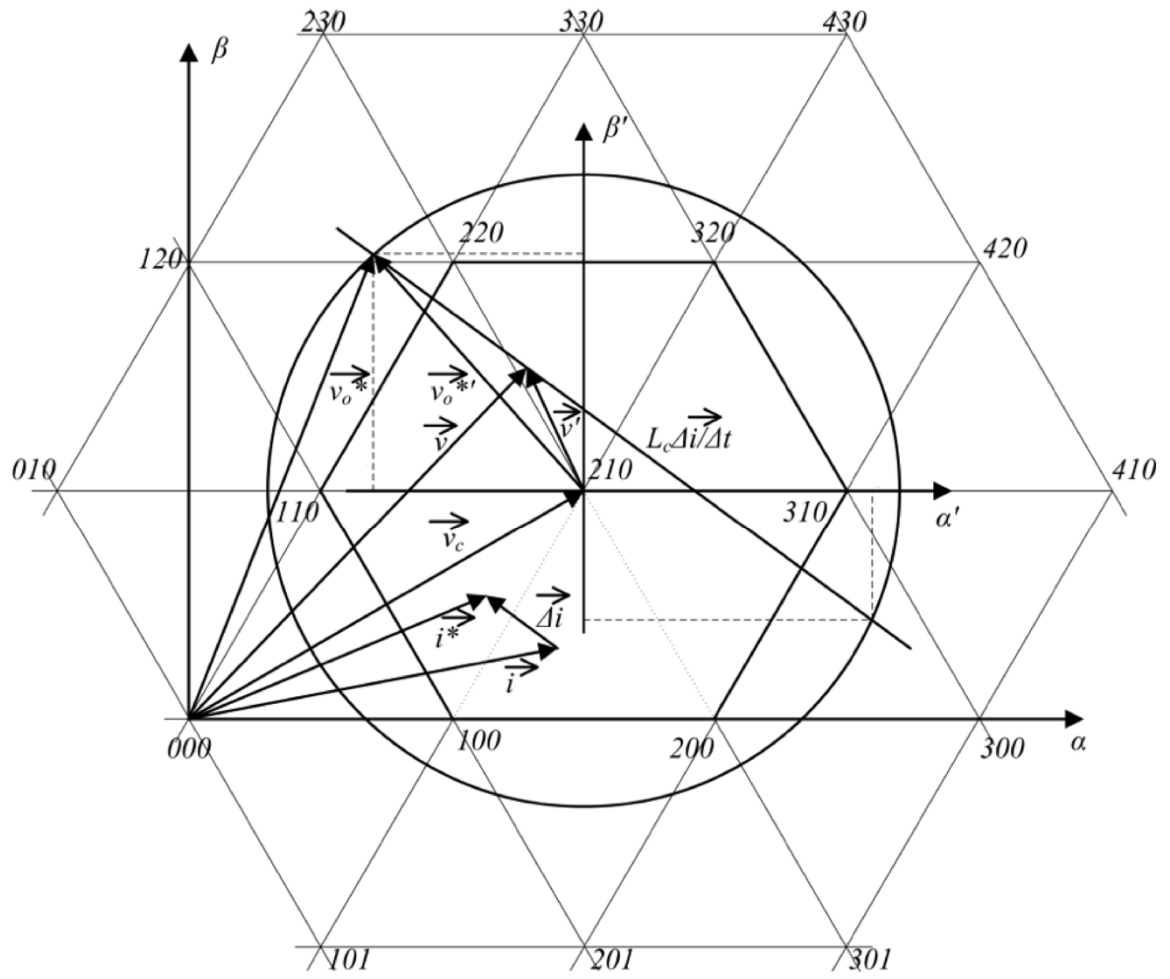


Fig. 10



- ②① N.º solicitud: 201730394
②② Fecha de presentación de la solicitud: 22.03.2017
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	ES 2371845 A1 (UNIV MADRID POLITECNICA et al.) 10/01/2012, Reivindicaciones 1-13.	1-15
A	SANTIAGO ANDRES VERNE. CONTROL PREDICTIVO DEL CONVERTIDOR MULTINIVEL CON ENCLAVAMIENTO POR DIODOS Y SUS APLICACIONES EN MEDIA TENSION. Marzo 2012 [en línea][recuperado el 31/05/2017]. Recuperado de Internet <URL:http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1461/Documento_completo.pdf?sequence=1>	1-15
A	EDUARDO BURGUETE ARCHEL. ANALISIS, DISEÑO Y CONTROL DE CONVERTIDORES MULTINIVEL. MAYO 2016 [en línea] [recuperado el 31/05/2017]. Recuperado de Internet <URL: https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/23836>	1-15
A	ES 2600757 A1 (UNIV VALLADOLID et al.) 10/02/2017, todo el documento.	1-15
A	ES 2598809 A1 (UNIV VALLADOLID et al.) 30/01/2017, todo el documento.	1-15

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
31.05.2017

Examinador
R. Molinera de Diego

Página
1/5

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

H02J3/36 (2006.01)

H02M7/537 (2006.01)

H02M1/08 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H02J, H02M

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 31.05.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-15	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-15	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ES 2371845 A1 (UNIV MADRID et al.)	10.01.2012
D02	SANTIAGO ANDRES VERNE. CONTROL PREDICTIVO DEL CONVERTIDOR MULTINIVEL CON ENCLAVAMIENTO POR DIODOS Y SUS APLICACIONES EN MEDIA TENSIÓN. [en línea][recuperado el 31/05/2017]. Recuperado de Internet <URL: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1461/Documento_completo.pdf?sequence=1 >	Marzo 2012
D03	EDUARDO BURGUETE ARCHEL. ANALISIS, DISEÑO Y CONTROL DE CONVERTIDORES MULTINIVEL. [en línea][recuperado el 31/05/2017]. Recuperado de Internet <URL: https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/23836 >	MAYO 2016
D04	ES 2600757 A1 (UNIV VALLADOLID et al.)	10.02.2017
D05	ES 2598809 A1 (UNIV VALLADOLID et al.)	30.01.2017

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

De todos los documentos recuperados del Estado de la Técnica se considera que el documento D1 es el más próximo a la solicitud que se analiza. A continuación se comparan las reivindicaciones de la solicitud con este documento.

Primera reivindicación:

El documento D1 muestra un método de control de un convertidor modular multinivel, teniendo el convertidor modular multinivel una tensión de entrada y un vector tensión de salida con una pluralidad de valores posibles, y estando el convertidor modular multinivel configurado para proporcionar a una carga un vector tensión de carga y un vector corriente de carga respecto a un origen absoluto; además comprende:

- medir el vector tensión de carga;
- calcular un vector incremento de corriente como una diferencia entre un vector corriente de carga de referencia y el vector corriente de carga;
- calcular un vector tensión de salida de referencia a partir del vector incremento de corriente, la tensión de entrada y una ecuación vectorial que describe una conexión entre el convertidor modular multinivel y la carga;
- calcular un vector tensión de salida de referencia
- calcular unos parámetros de configuración a partir del vector tensión de salida de referencia; y
- aplicar los parámetros de configuración al convertidor modular multinivel

Por lo tanto la primera reivindicación presenta la siguiente diferencia respecto al documento D1:

El documento D1 no calcula un origen desplazado para trasladar el vector de tensión de carga al origen desplazado.

El efecto técnico de esta diferencia es optimizar la carga computacional.

Por lo tanto, el problema técnico que tendría que resolver un experto en la materia que partiera de D1 sería precisamente cómo aliviar la carga computacional. Se considera que identificar este problema no entrañaría actividad inventiva y tampoco la solución aportada en la reivindicación primera, entrañaría actividad inventiva. El hecho de utilizar otro sistema de referencia para realizar los cálculos es algo perteneciente al conocimiento común técnico y su implementación en el método de control de un convertidor modular multinivel sería evidente para un experto en la materia en la fecha de la solicitud. Puesto que son ampliamente conocidas las ventajas de simplificación en los cálculos matemáticos derivados de cambios en ejes de coordenadas.

Además, y para reforzar este argumento el documento "Control Predictivo del convertidor multinivel con enclavamiento por diodos y sus aplicaciones en media Tensión" en la pág. 37 divulga que es posible aliviar la carga computacional usando un sistema de referencia hexagonal, el cual se ajusta a la distribución geométrica de los vectores sintetizables por el convertidor.

Por lo tanto, el objeto de la reivindicación primera no parece que implique actividad inventiva, tal y como se define en el Artículo 8 de la Ley Española de Patentes, Ley 11/1986 del 20 de Marzo

Segunda reivindicación:

El documento D1 calcula unos parámetros de configuración mediante un modulador de vectores espaciales multinivel.

Por tanto, la segunda reivindicación parece que no implicaría actividad inventiva.

Tercera reivindicación:

En el documento D1 se repite el cálculo del vector tensión de salida de referencia cada vez que el módulo del vector incremento de corriente supera un umbral.

Por tanto, la tercera reivindicación parece que no implicaría actividad inventiva.

Cuarta reivindicación:

El documento D1 calcula un vector incremento de corriente sobre un plano definido por un eje horizontal absoluto y un eje vertical absoluto referidos al origen absoluto.

Por tanto, la cuarta reivindicación parece que no implicaría actividad inventiva.

Reivindicaciones desde la quinta hasta la décima:

Los detalles contenidos en estas reivindicaciones o bien se encuentran de manera explícita en los documentos citados, o bien se encuentran de manera implícita en dichos documentos, o serían evidentes para un experto en la materia que partiera de D1 en la fecha en la que la solicitud se presentó. Se considera que ninguna de estas reivindicaciones contiene una diferencia relevante respecto a los documentos citados que haga pensar en una ventaja técnica que produzca un efecto sorprendente.

Por lo tanto, parece que estas reivindicaciones carecerían de actividad inventiva.

Reivindicaciones desde la décimo primera hasta la décimo quinta:

Estas reivindicaciones recogen el programa de ordenador y el sistema de control de un convertidor modular multinivel que comprende medios de medida configurados para llevar a cabo el método de las reivindicaciones anteriores. Las diferencias con respecto a D1 son esencialmente las mismas que las que presentan las reivindicaciones primera a décima, y por lo tanto, estas reivindicaciones tampoco parece que implicarían actividad inventiva.

Tal como indica el artículo 5.2.c del Reglamento 2245/1986 de ejecución de la Ley de Patentes, y con objeto de obtener una mejor comprensión de la invención, se sugiere que en fases posteriores del procedimiento se incluya en la descripción una indicación de los documentos citados, comentando cuál es la aportación más importante que hace al Estado de la Técnica.

Dicha indicación no puede ampliar el objeto de la invención, tal y como fue originalmente presentada.