

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 749 912**

51 Int. Cl.:

**H02M 5/458** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2012** E 12198301 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2019** EP 2611019

54 Título: **Aparato de control para un inversor regenerativo de medio voltaje**

30 Prioridad:

**30.12.2011 KR 20110147290**

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

**24.03.2020**

73 Titular/es:

**LSIS CO., LTD. (100.0%)  
1026-6, Hogye-Dong Dongan-gu, Anyang-si  
Gyeonggi-do 431-080, KR**

72 Inventor/es:

**CHOI, SEUNGCHEOL y  
YOO, ANNO**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

ES 2 749 912 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**

Aparato de control para un inversor regenerativo de medio voltaje

5 Campo de la descripción

La presente invención proporciona un aparato de control para un inversor regenerativo de medio voltaje según la reivindicación 1. Las modalidades preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

10 Discusión de la técnica relacionada

Esta sección proporciona información de antecedentes relacionada con la presente descripción.

15 La publicación EP 0 417 805 A1 describe un ejemplo de un método de control y un dispositivo para un motor de CA, cuando se transforma la potencia de salida de un convertor en potencia de CA mediante un inversor y se controla el motor de CA con la potencia de CA, se determina un valor de la fuente de corriente a partir del valor de una variable eléctrica en el lado de entrada o salida del inversor, y el convertor se controla de acuerdo con el valor de la fuente de corriente.

20 En general, un inversor de medio voltaje es un inversor que tiene una potencia de entrada cuyo valor RMS (raíz cuadrática media) es superior a 600 V para un voltaje de línea a línea, y generalmente se utiliza para accionar una carga industrial de gran inercia de, como ejemplo no limitante, ventiladores, bombas y compresores.

25 En estos campos de aplicación, con frecuencia ocurren operaciones de velocidad variable, donde se generan operaciones regenerativas, si se requiere una aceleración rápida o una desaceleración rápida.

30 La Figura 1 es una vista estructural de un sistema inversor de medio voltaje de puente H en serie de acuerdo con la técnica anterior, en el que el sistema inversor está configurado con unidades de celdas de potencia de dos etapas (120). La Figura 2 es una vista estructural que ilustra una unidad de celda de potencia de la Figura 1.

Un transformador de conmutación de fase (110) convierte una fase y una magnitud de una potencia de entrada de alto voltaje recibida de una unidad de potencia de entrada (200) cuyo RMS (raíz cuadrática media) es superior a 600 V para un voltaje de línea a línea en respuesta a los requisitos de la unidad de celda de potencia (120).

35 Una salida del transformador de conmutación de fase (110) se convierte en una potencia de entrada de cada unidad de celda de potencia (120), y la unidad de celda de potencia (120) combina voltajes de entrada y suministra potencia al motor trifásico (300).

40 Un voltaje de fase 'a' de un inversor de medio voltaje (100), un voltaje de fase 'b' del inversor (100) y un voltaje de fase 'c' del inversor (100) son una suma de los voltajes de salida de la unidad de celda de potencia (120) en relación con cada fase.

45 Un PLL (Lazo de Fijación de Fase, 121) de la Figura 2 proporciona información del ángulo de fase de una potencia requerida, en caso de que un marco de referencia estacionario trifásico se convierta en un marco de referencia estacionario bifásico. La información de ángulo estimado por el PLL (121) se utiliza para el control de un sistema completo.

50 Un capacitor de terminal de CC (corriente continua) (128) sirve para resolver un desequilibrio de potencia en los terminales de entrada/salida, donde, en un caso, la potencia de entrada suministrada desde un lado de potencia es mayor que la potencia de salida consumida por una carga, el voltaje del terminal de CC aumenta, y en un caso inverso, el voltaje del terminal CC disminuye. Un voltaje del capacitor de terminal de CC (128) es controlado por un controlador de voltaje del terminal de CC (124), y una salida del controlador de voltaje del terminal de CC (124) se convierte en un comando de corriente del eje q de un controlador de corriente (125).

55 Las Figuras 3a y 3b son respectivamente vistas estructurales detalladas del controlador de voltaje del terminal CC (124), que puede incluir un controlador PI (integral y proporcional) (Figura 3a) o un controlador PI (integral proporcional) (Figura 3b), los cuales pueden usarse selectivamente de acuerdo con los campos aplicados. Las salidas de la Figura 3a y la Figura 3b pueden expresarse mediante las siguientes ecuaciones 1 y 2.

60 [Ecuación 1]

$$i_q^{e*} = -K_p v_{dc} + K_i \int (v_{dc}^* - v_{dc}) dt + \frac{\beta_{salida}}{\frac{3}{2} E}$$

65

[Ecuación 2]

$$i_q^{e*} = K_p(v_{dc}^* - v_{dc}) + K_i \int (v_{dc}^* - v_{dc}) dt + \frac{\beta_{salida}}{\frac{3}{2}E}$$

El controlador de corriente (125) controla la corriente del eje d y del eje q de un marco de referencia síncrono, donde un componente de corriente del eje q se define como una corriente de potencia activa mientras que un componente de corriente del eje d se define como una corriente de potencia inactiva.

Si es necesario, el controlador de corriente (125) también puede controlar un factor de potencia del lado de la fuente de energía de CA. En un caso, el voltaje y la corriente de la fuente de energía son ondas sinusoidales, el factor de potencia puede expresarse mediante la siguiente Ecuación 3.

[Ecuación 3]

$$PF = \frac{e_{dq}^e \cdot i_{dq}^e}{|e_{dq}^e| |i_{dq}^e|} = \frac{i_q^e}{\sqrt{i_d^{e2} + i_q^{e2}}}$$

Donde,

$$e_{dq}^e = e_d^e + j e_q^e, \quad i_{dq}^e = i_d^e + j i_q^e, \quad e_{dq}^e \cdot i_{dq}^e$$

significa un producto interno de un vector complejo de voltaje y un vector complejo de corriente de una potencia en un marco de referencia síncrono, y

$$|e_{dq}^e| |i_{dq}^e|$$

significa un producto de magnitud de cada vector complejo.

La siguiente ecuación 4 puede generar un comando de corriente del eje d en el marco de referencia síncrono para el control del factor de potencia, utilizando la ecuación 3 anterior.

La Figura 4 es una vista configurativa detallada del controlador de corriente de la Figura 2. Un convertidor de coordenadas (122) sirve para convertir una corriente real medida por un sensor de corriente en un marco de referencia síncrono. El controlador de corriente (125) recibe una corriente de comando calculada a través del controlador de voltaje del terminal CC (124) y el control del factor de potencia y calcula un comando de voltaje usando un controlador PI y se alimenta hacia adelante.

Las salidas generadas por cada controlador pueden expresarse mediante las siguientes ecuaciones.

[Ecuación 4]

$$i_d^{e*} = i_q^{e*} \frac{\sqrt{1 - PF^{*2}}}{PF^*}$$

[Ecuación 5]

$$v_q^{e*} = K_p(i_q^{e*} - i_q^e) + K_i \int (i_q^{e*} - i_q^e) dt + v_{q\_ff}^{e*}$$

[Ecuación 6]

$$v_d^{e*} = K_p(i_d^{e*} - i_d^e) + K_i \int (i_d^{e*} - i_d^e) dt + v_{d\_ff}^{e*}$$

[Ecuación 7]

$$v_{q\_ff}^{e*} = -\omega_e L_{inter} i_q^e$$

5

[Ecuación 8]

$$v_{d\_ff}^{e*} = \omega_e L_{inter} i_d^e$$

10

Los comandos de voltaje generados por las ecuaciones 5 y 6 se convierten en un marco de referencia estacionario para usar como cada fase de un convertor de PWM (modulación de ancho de pulso) (127). Es decir, los comandos de voltaje así calculados son utilizados por un generador de señal de activación (126). Convencionalmente, se usó un método de PWM de vector espacial en el método de modulación de voltaje.

15

La Figura 5 es una vista configurativa detallada de un generador de señal de activación de la Figura 2, que se realiza mediante un tipo de modulación de voltaje de vector espacial, donde se explica la comparación entre un voltaje compensado y una onda triangular.

20

Con referencia a la Figura 5, el generador de señal de activación (126) es tal que un determinado voltaje de compensación (501) determina una voltaje de compensación adecuada basada en un comando de voltaje de fase dado donde la voltaje de compensación se realiza por un concepto promedio dentro de un ciclo de una modulación de voltaje. Es decir, un comando de voltaje que determina que el interruptor se cambie por cómo se determina el voltaje de compensación de cada comando de voltaje de fase. El voltaje de compensación puede determinarse mediante la siguiente ecuación.

25

[Ecuación 9]

$$v_{compensación} = \frac{V^*_{m\acute{a}x} - V^*_{m\acute{i}n}}{2}$$

30

donde,  $V^*_{m\acute{a}x}$  y  $V^*_{m\acute{i}n}$  respectivamente se refieren a un máximo y un mínimo en el comando de voltaje trifásico.

35

Como se señaló anteriormente, el generador de señal de activación (126) genera una señal de activación para combinar los voltajes correspondientes a los comandos de voltaje generados por el controlador de corriente (125).

40

Un inversor (123) funciona para realizar un almacenamiento intermedio entre una fuente de energía suministrada desde una fuente de energía trifásica (200) y una fuente de energía de salida del convertor de PWM (127), por lo que se amplifica un voltaje de salida de enlace de CC del convertor de PWM (127).

45

El convertor de PWM (127) es un amplificador trifásico formado con seis dispositivos de potencia y capaz de realizar un flujo de potencia bidireccional. Es decir, el voltaje de enlace de CC puede controlarse mediante un control de corriente del lado de la fuente de energía.

50

Un capacitor de enlace de CC (128) realiza una función de amortiguación entre la potencia del convertor de PWM (127) y la potencia del inversor (129). El voltaje en el inversor de enlace de CC (129), el inversor (129) es de una estructura de puente completo monofásico, tiene las siguientes ondas de voltaje.

[Ecuación 10]

$$v_0 = \sqrt{2} V_0 \text{sen } \omega t$$

55

[Ecuación 11]

$$i_0 = \sqrt{2} I_0 \text{sen}(\omega t - \phi)$$

60

donde,  $\phi$  es un ángulo de carga  $\omega$  es una frecuencia operativa  $t$  es el tiempo y  $V_0$  y  $I_0$  son valores RMS de voltaje de salida y corriente de salida.

65

Las potencias de salida de la unidad de celda de potencia (120) se pueden expresar utilizando las Ecuaciones 10 y 11.

[Ecuación 12]

$$p_0 = v_0 i_0 = V_0 I_0 \cos \phi - V_0 I_0 \cos(2\omega t - \phi)$$

5 Se puede aprender de la Ecuación 12 que la potencia de salida de la unidad de celda de potencia (120) se divide en un componente de CC de  $V_0 I_0 \cos \phi$  y un componente AC de

$$V_0 I_0 \cos(2\omega t - \phi),$$

10 donde el componente de CA tiene una ondulación correspondiente al doble de la frecuencia operativa, por lo que se puede obtener una corriente que fluye en el enlace de CC mediante la siguiente Ecuación 13.

[Ecuación 13]

$$15 \quad i_{DC} = \frac{p_0}{v_{DC}} = \frac{V_0 I_0}{v_{DC}} \cos \phi - \frac{V_0 I_0}{v_{DC}} \cos(2\omega t - \phi)$$

Se puede aprender de las ecuaciones 12 y 13 que se genera una onda que corresponde al doble de la frecuencia operativa del enlace de CC, y a medida que aumenta la magnitud del voltaje de salida y la magnitud de la corriente de salida, aumenta la magnitud de la ondulación del voltaje de alimentación del enlace de CC. Para reducir esta influencia, se debe aumentar la capacidad de un capacitor de enlace de CC (128) de la unidad de celda de potencia (120), lo que a su vez aumenta el volumen y el costo de un sistema completo, por lo que la confiabilidad del sistema se reduce de manera desventajosa.

25 Por lo tanto, existe la necesidad de abordar las desventajas mencionadas anteriormente.

Resumen de la descripción

30 Esta sección proporciona un resumen general de la divulgación, y no es una divulgación exhaustiva de su alcance completo o de todas sus características.

La presente descripción se divulga para resolver los problemas y desventajas mencionados anteriormente, y la presente descripción proporciona un aparato de control para inversor regenerativo de medio voltaje configurado para reducir la magnitud de la ondulación en una voltaje de alimentación de enlace de CC a través de un control de voltaje activo de una unidad de celda de potencia del inversor regenerativo de medio voltaje, mediante el cual se puede reducir la capacidad de un capacitor de enlace de CC.

35 Sin embargo, debe enfatizarse que la presente descripción no se limita a una divulgación particular, como se explicó anteriormente. Debe entenderse que los expertos en la materia pueden apreciar otros temas técnicos no mencionados aquí.

40 En un aspecto general de la presente descripción, se proporciona un aparato de control para un inversor regenerativo de medio voltaje, el aparato que comprende: una unidad convertidora configurada para incluir una pluralidad de dispositivos de potencia y para convertir una potencia trifásica en una voltaje de CC; una unidad generadora de señal de activación configurada para emitir una señal de PWM que es una señal de conmutación de la pluralidad de dispositivos de alimentación; un controlador de corriente configurado para generar un comando de voltaje a partir de un comando de corriente y una corriente medida y para aplicar el comando de voltaje a la unidad generadora de señal de activación; y una unidad generadora configurada para generar un voltaje que compensa una diferencia de potencia entre una entrada y una salida de la unidad convertidora, y para proporcionar el voltaje al controlador de corriente.

50 Preferiblemente, pero no necesariamente, el aparato comprende además un controlador de voltaje configurado para generar el comando de corriente de un marco de referencia síncrono usando el comando de voltaje y un voltaje medido.

55 Preferiblemente, pero no necesariamente, el aparato comprende además una unidad de detección de fase configurada para proporcionar información de ángulo de fase de una potencia de entrada; y una primera unidad convertidora de coordenadas configurada para convertir la potencia de entrada de un marco de referencia estacionario al marco de referencia síncrono y proporcionar la potencia de entrada convertida al controlador de corriente.

60 Preferiblemente, pero no necesariamente, la unidad generadora comprende: una unidad de determinación de magnitud configurada para determinar una magnitud de un voltaje de compensación usando una diferencia de potencia entre la entrada y la salida de la unidad convertidora; primera y segunda unidades de determinación de fase configuradas para determinar una fase del voltaje de compensación; y una segunda unidad convertidora de coordenadas configurada para convertir la magnitud y el voltaje de compensación determinado por fase desde el marco de referencia estacionario al marco de referencia síncrono.

Preferiblemente, pero no necesariamente, la unidad de determinación de magnitud realiza un control proporcional y determina una magnitud del voltaje de compensación de acuerdo con la magnitud de ganancia del control proporcional.

5 Preferiblemente, pero no necesariamente, la unidad de determinación de magnitud divide la diferencia de potencia entre la entrada y la salida de la unidad convertora por una magnitud de una corriente del lado de la fuente de potencia para determinar una magnitud del voltaje de comando.

10 Preferiblemente, pero no necesariamente, la primera unidad de determinación de fase determina una fase usando una función seno.

Preferiblemente, pero no necesariamente, la segunda unidad de determinación de fase determina una fase usando una función coseno.

15 En otro aspecto general de la presente descripción, se proporciona un aparato de control para inversor regenerativo de medio voltaje configurado para reducir una ondulación de un voltaje de enlace de CC de una unidad de celda de potencia que combina las salidas de un inversor de medio voltaje, el aparato comprende: una unidad generadora de voltaje de compensación de potencia configurada para controlar una conmutación de la unidad convertora generando un voltaje que compensa una diferencia de potencia entre una entrada y una salida de la unidad convertora.

20 El aparato de control para el inversor regenerativo de medio voltaje de acuerdo con la presente descripción tiene un efecto ventajoso porque puede reducirse una ondulación de un voltaje de alimentación de enlace de CC y puede eliminarse una ondulación de un voltaje de alimentación de enlace de CC para miniaturizar un capacitor de enlace de CC eliminando un desequilibrio de potencia en el capacitor de enlace de CC utilizando un voltaje adicional calculado por una unidad generadora de voltaje de compensación de potencia.

#### Breve descripción de los dibujos

30 Con el fin de explicar el principio de la presente descripción, a continuación se presentan algunos dibujos adjuntos relacionados con sus modalidades preferidas con fines de ilustración, ejemplificación y descripción, aunque no pretenden ser exhaustivos. Las figuras de los dibujos representan una o más modalidades ejemplares de acuerdo con los conceptos presentes, solo a modo de ejemplo, no a modo de limitaciones. En las figuras, los números de referencia similares se refieren a elementos iguales o similares.

35 Por lo tanto, se comprenderá más fácilmente una amplia variedad de modalidades prácticas y útiles potenciales a través de la siguiente descripción detallada de ciertas modalidades ejemplares, con referencia a los dibujos ejemplares anexos en los que:

La Figura 1 es una vista estructural que ilustra un inversor de medio voltaje de puente H en serie de acuerdo con la técnica anterior;

40 La Figura 2 es una vista estructural que ilustra una unidad de celda de potencia de la Figura 1;

Las Figuras 3a y 3b son respectivamente vistas configurativas detalladas de un controlador de voltaje de enlace de CC de la Figura 2;

La Figura 4 es una vista estructural detallada que ilustra un controlador de corriente de la Figura 2;

La Figura 5 es una vista estructural detallada de una unidad generadora de señal de activación de la Figura 2;

45 La Figura 6 es una vista estructural de una unidad de celda de potencia en un aparato de control para un sistema inversor regenerativo de medio voltaje de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción; y

La Figura 7 es una vista estructural detallada que ilustra una unidad generadora de voltaje de compensación de potencia de la Figura 6 de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

#### 50 Descripción detallada

Las modalidades descritas y sus ventajas se entienden mejor con referencia a las Figuras 1-7 de los dibujos, se usan números similares para partes similares y correspondientes de los diversos dibujos. Otras características y ventajas de las modalidades descritas serán o serán evidentes para un experto en la materia al examinar las siguientes figuras y la descripción detallada. Se pretende que todas esas características y ventajas adicionales se incluyan dentro del alcance de las modalidades divulgadas, y se protejan mediante los dibujos adjuntos. Además, las figuras ilustradas son solo ejemplares y no pretenden afirmar o implicar ninguna limitación con respecto al entorno, la arquitectura o el proceso en el que se pueden implementar diferentes modalidades. Por consiguiente, el aspecto descrito está destinado a abarcar todas las alteraciones, modificaciones y variaciones que entran dentro del alcance y la idea novedosa de la presente invención.

60 Mientras tanto, la terminología utilizada en este documento tiene el propósito de describir implementaciones particulares solamente y no pretende ser limitante de la presente descripción. Los términos "primero", "segundo" y similares, en el presente documento no denotan ningún orden, cantidad o importancia, sino que se usan para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, un segundo elemento constituyente se puede denotar como un primer elemento constituyente sin apartarse del alcance y espíritu de la presente descripción, y de manera similar, un primer elemento

constituyente se puede denotar como un segundo elemento constituyente.

Como se usa en este documento, los términos "un" y "uno" en este documento no denotan una limitación de cantidad, sino que más bien denotan la presencia de al menos uno de los elementos referenciados. Es decir, como se usa en el presente documento, las formas singulares "un", "uno" y "el" están destinadas a incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

Se entenderá que cuando se hace referencia a un elemento como "conectado" o "acoplado" a otro elemento, puede estar directamente conectado o acoplado al otro elemento o pueden estar presentes elementos intermedios. Por el contrario, cuando se hace referencia a un elemento como "conectado directamente" o "acoplado directamente" a otro elemento, no hay elementos intermedios presentes.

Se entenderá además que los términos "comprende" y/o "que comprende" o "incluye" y/o "que incluye" cuando se usan en esta especificación, especifican la presencia de características, regiones, enteros, pasos, operaciones, elementos establecidos, y/o componentes, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, regiones, enteros, pasos, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.

Además, "ilustrativo" simplemente significa un ejemplo, en lugar del mejor. También debe apreciarse que las características, capas y/o elementos representados en este documento se ilustran con dimensiones y/u orientaciones particulares entre sí con fines de simplicidad y facilidad de comprensión, y que las dimensiones y/u orientaciones reales pueden diferir sustancialmente de eso ilustrado.

Es decir, en los dibujos, el tamaño y los tamaños relativos de capas, regiones y/u otros elementos pueden exagerarse o reducirse para mayor claridad. Los números similares se refieren a elementos similares en todas partes y se omitirán las explicaciones que se duplican entre sí. Como se puede usar aquí, los términos "sustancialmente" y "aproximadamente" proporcionan una tolerancia aceptada por la industria para su término correspondiente y/o la relatividad entre artículos.

A continuación, se describirá en detalle un aparato de control para inversor regenerativo de medio voltaje de acuerdo con la presente descripción con referencia a los dibujos adjuntos.

La presente descripción propone un nuevo control de celda de potencia de un inversor de medio voltaje de puente H de serie regenerativa que es uno de los inversores de medio voltaje. El control de celda de potencia propuesto por la presente descripción es capaz de realizar una operación regenerativa, control de factor de potencia de un lado de fuente de energía de entrada y un control de voltaje de salida de enlace de CC. El control del inversor de medio voltaje de acuerdo con la presente descripción limita una ondulación de un voltaje de fuente de energía de enlace de CC para reducir relativamente la capacitancia de una capacidad de enlace de CC, por lo que se puede ahorrar el volumen y el costo de un sistema completo.

Ahora, se describirán en detalle modalidades ejemplares de la presente descripción con referencia a los dibujos adjuntos.

La Figura 6 es una vista estructural de una unidad de celda de potencia en un aparato de control para un sistema inversor regenerativo de medio voltaje de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción, donde se puede aplicar una topología de convertidor de PWM de tipo trifásico convencional. Aunque la unidad de celda de potencia de la Figura 6 se puede aplicar al sistema inversor de la Figura 1, no se descartan las aplicaciones a otros sistemas inversores.

Con referencia a la Figura 1, un inversor regenerativo de medio voltaje (100) de acuerdo con la presente descripción es un inversor que recibe un voltaje, cuyo valor RMS (raíz cuadrática media) es superior a 600 V en voltaje de línea a línea, desde una fuente de energía de entrada (200) y suministra una potencia trifásica a un motor trifásico (300). Preferiblemente, el motor (300) es una máquina de inducción o una máquina síncrona, pero no está limitado a esto.

Un transformador de cambio de fase (110) sirve para proporcionar un aislamiento galvánico entre la fuente de energía de entrada (200) y el inversor regenerativo de medio voltaje (100), para reducir los armónicos de un lado de entrada (terminal) y mejorar una THD (distorsión armónica total) de la corriente de la fuente de energía. Además, el transformador de desplazamiento de fase (11) proporciona una fuente de potencia trifásica a cada celda de potencia (120). El filtro de entrada (12) funciona para reducir los armónicos desde el lado de entrada.

La unidad de celda de potencia (120) recibe la energía del transformador de conmutación de fase (110) y emite voltajes de fase al motor (300). Los voltajes de fase se combinan (sintetizan) como una suma de voltajes de la unidad de celda de potencia de cada fase. Como se ejemplifica en la Figura 1, el voltaje de salida de fase 'a' del inversor de medio voltaje (100) es una suma de los voltajes de salida de la unidad de celda de potencia conectada en serie (120a1, 120a2), un voltaje de salida de la fase 'b' y el de la fase 'c' son respectivamente 120b1 y 120b2, y una suma de voltajes de salida de 120c1 y 120c2. Los voltajes de fase combinados 'a', 'b', 'c' están separados entre sí con una diferencia de fase de 120°.

5 Sin embargo, debería ser evidente para los expertos en la materia que, aunque el inversor regenerativo de medio voltaje configurado con una unidad de celda de potencia de 2 niveles se ejemplifica en la Figura 1, la presente descripción no se limita a ello, y el número de unidades de celda de potencia se puede cambiar según sea necesario, y se puede incluir una pluralidad de unidades de celda de potencia en respuesta a un voltaje de salida.

La presente descripción es generar un comando de voltaje para controlar una unidad convertora de PWM de la unidad de celda de potencia en la Figura 1.

10 Con referencia a la Figura 6, la unidad de celda de potencia (120) según el aparato de control para el inversor regenerativo de medio voltaje comprende un PLL (Lazo de Fijación de Fase, 11), una unidad convertora de coordenadas (12), un inversor (13), un controlador de voltaje de enlace de CC (14), un controlador de corriente (15), una unidad generadora de señal de activación (16), una unidad convertora de PWM (17), un capacitor de enlace de CC (18), una unidad inversora (19) y una unidad generadora de voltaje de compensación de potencia (20).

15 El PLL (11) proporciona información del ángulo de fase de una fuente de energía de entrada introducida en la unidad de celda de potencia (120). La unidad convertora de coordenadas (12) convierte una corriente en un marco de referencia estacionario trifásico en una corriente en un marco de referencia síncrono. El inversor (13) aumenta un voltaje de enlace de CC y mejora una THD (distorsión armónica total) de la corriente.

20 El controlador de voltaje de enlace de CC (14) genera comandos de corriente del eje d y del eje q en el marco de referencia síncrono, utilizando un comando de voltaje de enlace de CC y un voltaje de enlace de CC medido. El controlador de corriente (15) genera un comando de voltaje a partir del comando de corriente recibido del controlador de voltaje de enlace de CC (14) y la corriente real medida.

25 La unidad generadora de señal de activación (16) genera una señal de conmutación de cada dispositivo de potencia en la unidad convertora de PWM (17), y emite una señal de PWM. La unidad convertora de PWM (17), un objeto de control de la presente descripción, convierte la fuente de energía aplicada a un voltaje de CC, usando la señal de PWM de la unidad generadora de señal de activación (16).

30 El capacitor de enlace de CC (18) es para resolver el desequilibrio de potencia en un lado de entrada (terminal) y un lado de salida, y aumenta el voltaje de enlace de CC en el caso de que una potencia de entrada suministrada desde el lado de la fuente de energía sea mayor que una fuente de potencia de salida consumida por una carga, y alternativamente disminuye el voltaje de enlace de CC en un caso inverso. La unidad inversora (19) es preferiblemente un inversor de puente completo monofásico para generar un voltaje de salida a partir del voltaje de enlace de CC del capacitor de enlace de CC (18) a través de interruptores de potencia (19a ~ 19d).

35 La unidad generadora de voltaje de compensación de potencia (20) genera un comando de voltaje para reducir la diferencia entre una entrada y una salida de la unidad convertora de PWM (17), y proporciona el comando de voltaje al controlador de corriente (15).

La Figura 7 es una vista estructural detallada que ilustra una unidad generadora de voltaje de compensación de potencia de la Figura 6 según una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

45 Con referencia a la Figura 7, la unidad generadora de voltaje de compensación de potencia (20) comprende una unidad de determinación de magnitud (21), primera y segunda unidades de determinación de fase (22, 23) y una unidad convertora de coordenadas (24).

50 La unidad de determinación de magnitud (21) realiza un control proporcional para determinar la magnitud de un voltaje de compensación a partir de la diferencia entre una entrada y una salida de la unidad convertora de PWM (17), y se divide por la magnitud de la corriente del lado de la fuente de energía para determinar la magnitud de la voltaje de compensación. Para un ejemplo no limitante, la unidad de determinación de magnitud (21) puede realizar un control proporcional, donde la magnitud del voltaje de compensación puede determinarse por la magnitud de la ganancia proporcional (k).

55 Las primera y segunda unidades de determinación de fase (22, 23) determinan una fase del voltaje de compensación para la compensación de potencia. La primera unidad de determinación de fase (22) usa una función seno y la segunda unidad de determinación de fase (23) usa una función coseno para generar un comando de voltaje para el voltaje de compensación.

60 La unidad convertora de coordenadas (24) convierte el comando de voltaje en el voltaje de compensación determinado por las primera y segunda unidades de determinación de fase (22, 23) del marco de referencia estacionario al marco de referencia síncrono.

65 Ahora, las operaciones en las Figuras 6 y 7 serán descritos. Se puede aprender que la unidad de celda de potencia en la presente descripción es una configuración en la que la unidad generadora de voltaje de compensación de potencia



(20) se agrega a la configuración de la Figura 2.

La unidad generadora de voltaje de compensación de potencia (20) controla una fluctuación del voltaje de la fuente de energía del enlace de CC al agregar un voltaje para compensar una diferencia de potencia entre una entrada y una salida de la unidad convertora de PWM (17), a la salida del controlador de corriente (15). Para generar el comando de compensación de voltaje, se requiere la diferencia de potencia entre una entrada y una salida de la unidad convertora de PWM (17), que puede obtenerse directamente calculando una potencia del capacitor de enlace de CC (18), o mediante el cálculo de una potencia de un lado de entrada de la unidad convertora de PWM (17) y una potencia de un lado de salida de la unidad inversora (19).

La potencia del capacitor de enlace de CC (18) puede determinarse mediante una ecuación de potencia del capacitor como en la siguiente Ecuación 14.

[Ecuación 14]

$$P_{cap} = \frac{C}{2} \frac{dv_d^2}{dt} = P_{entrada} - P_{salida}$$

La aproximación al ignorar los términos de más de dos órdenes en la Ecuación 14 anterior utilizando la Serie de Taylor llega a la siguiente Ecuación 15.

[Ecuación 15]

$$P_{cap} = C v_{d0} \frac{dv_d}{dt}$$

donde, C es una capacitancia del capacitor de enlace de CC (18),  $v_{re}$  es un voltaje de enlace de CC, y  $v_{d0}$  es un punto de funcionamiento del voltaje de enlace de CC.

Las siguientes ecuaciones pueden obtener una potencia del lado de entrada y una potencia del lado de salida.

[Ecuación 16]

$$P_{entrada} = e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c$$

[Ecuación 17]

$$P_{salida} = v_o i_o$$

donde,  $e_a$ ,  $e_b$ ,  $e_c$  y  $i_a$ ,  $i_b$ ,  $i_c$  son respectivamente voltajes y corrientes del lado de entrada. Se puede obtener una diferencia entre una entrada y una salida de forma selectiva, según la configuración del sistema, mediante el cálculo de la potencia del capacitor de enlace de CC (18) o el cálculo de la dirección de una potencia entre un lado de entrada de la unidad convertora de PWM (17) y un lado de salida de la unidad inversora (19). La potencia así obtenida determina la magnitud de la voltaje de comando realizando, mediante la unidad determinante de magnitud (21), el control PI y dividiendo la magnitud de la corriente del lado de la fuente de potencia.

Las primera y segunda unidades de determinación de fase (22, 23) determinan las fases del voltaje de comando cuya magnitud está determinada por la unidad de determinación de magnitud. Las siguientes ecuaciones 18 y 19 representan respectivamente las fases determinadas por las primera y segunda unidades determinantes de fase (22, 23).

[Ecuación 18]

$$\text{sen}(\hat{\theta}_e) = \frac{i_d^s}{\sqrt{i_d^{s2} + i_q^{s2}}}$$

[Ecuación 19]

$$\cos(\hat{\theta}_e) = \frac{i_q^s}{\sqrt{i_d^{s2} + i_q^{s2}}}$$

- 5
- 10
- 15
- La unidad conversora de coordenadas (24) convierte el comando de voltaje determinado por las ecuaciones 17, 18 y 19 en el marco de referencia estacionario y lo agrega a un voltaje de salida del controlador de corriente (15).
- Excepto por el funcionamiento de la unidad generadora de voltaje de compensación de potencia (20), las operaciones de cada elemento constituyente son las mismas que las de la unidad de celda de potencia de la Figura 2, de modo que no se proporciona una descripción más detallada en este documento.
- El aparato de control para inversor regenerativo de medio voltaje de acuerdo con modalidades ejemplares de la presente descripción tiene una aplicabilidad industrial en que un desequilibrio de potencia en un capacitor de enlace de CC puede eliminarse usando un voltaje adicional calculado por una unidad generadora de voltaje de compensación de potencia (20), por lo que la capacitancia de un capacitor de enlace de CC puede miniaturizarse.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un aparato de control para un inversor regenerativo de medio voltaje que incluye una unidad de detección de fase (11) que proporciona información del ángulo de fase de una fuente de energía de entrada, en el que el aparato de control incluye además:  
 una unidad convertidora (17) configurada para incluir una pluralidad de dispositivos de potencia y convertir una potencia trifásica a un voltaje de CC;  
 una unidad generadora de señal de activación (16) configurada para emitir una señal de PWM que es una señal de conmutación de la pluralidad de dispositivos de potencia;  
 10 un controlador de corriente (15) configurado para generar un comando de voltaje a partir de un comando de corriente y una corriente medida y para aplicar el comando de voltaje a la unidad generadora de señal de activación (16); y una unidad generadora (20) configurada para generar un voltaje que compensa una diferencia de potencia entre una entrada y una salida de la unidad convertidora (17),  
 15 caracterizado porque la unidad generadora (20) está configurada además para proporcionar el voltaje al controlador de corriente (15).
- 20 2. El aparato de la reivindicación 1, además caracterizado por:  
 un controlador de voltaje (14) configurado para generar el comando actual de un marco de referencia síncrono usando un comando de voltaje de enlace de CC ( $V_{cc}^*$ ) y un voltaje de enlace de CC medido ( $V_{cc}$ ).
- 25 3. El aparato de la reivindicación 1 o 2, además caracterizado por:  
 una primera unidad convertidora de coordenadas (12) configurada para convertir la potencia de entrada de un marco de referencia estacionario a un marco de referencia síncrono y proporcionar la potencia de entrada convertida al controlador de corriente (15).
- 30 4. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 y 3, caracterizado porque la unidad generadora (20) comprende:  
 una unidad de determinación de magnitud (21) configurada para determinar una magnitud de un voltaje de compensación usando una diferencia de potencia entre la entrada y la salida de la unidad convertidora (17);  
 35 primera y segunda unidades de determinación de fase (22, 23) configuradas para determinar una fase del voltaje de compensación;  
 y  
 una segunda unidad convertidora de coordenadas (24) configurada para convertir la magnitud y el voltaje de compensación determinado por fase desde el marco de referencia estacionario al marco de referencia síncrono.
- 40 5. El aparato de la reivindicación 4, caracterizado porque la unidad de determinación de magnitud (21) realiza un control proporcional y determina una magnitud del voltaje de compensación de acuerdo con la magnitud de ganancia del control proporcional.
- 45 6. El aparato de la reivindicación 4 o 5, caracterizado porque la unidad de determinación de magnitud (21) divide la diferencia de potencia entre la entrada y la salida de la unidad convertidora (17) por una magnitud de una corriente del lado de la fuente de potencia para determinar una magnitud de la voltaje de comando.
7. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 4, 5 y 6, caracterizado porque la primera unidad de determinación de fase (22) determina una fase usando una función seno.
8. El aparato de la reivindicación 7, caracterizado porque la segunda unidad de determinación de fase (23) determina una fase usando una función coseno.

Figura 1

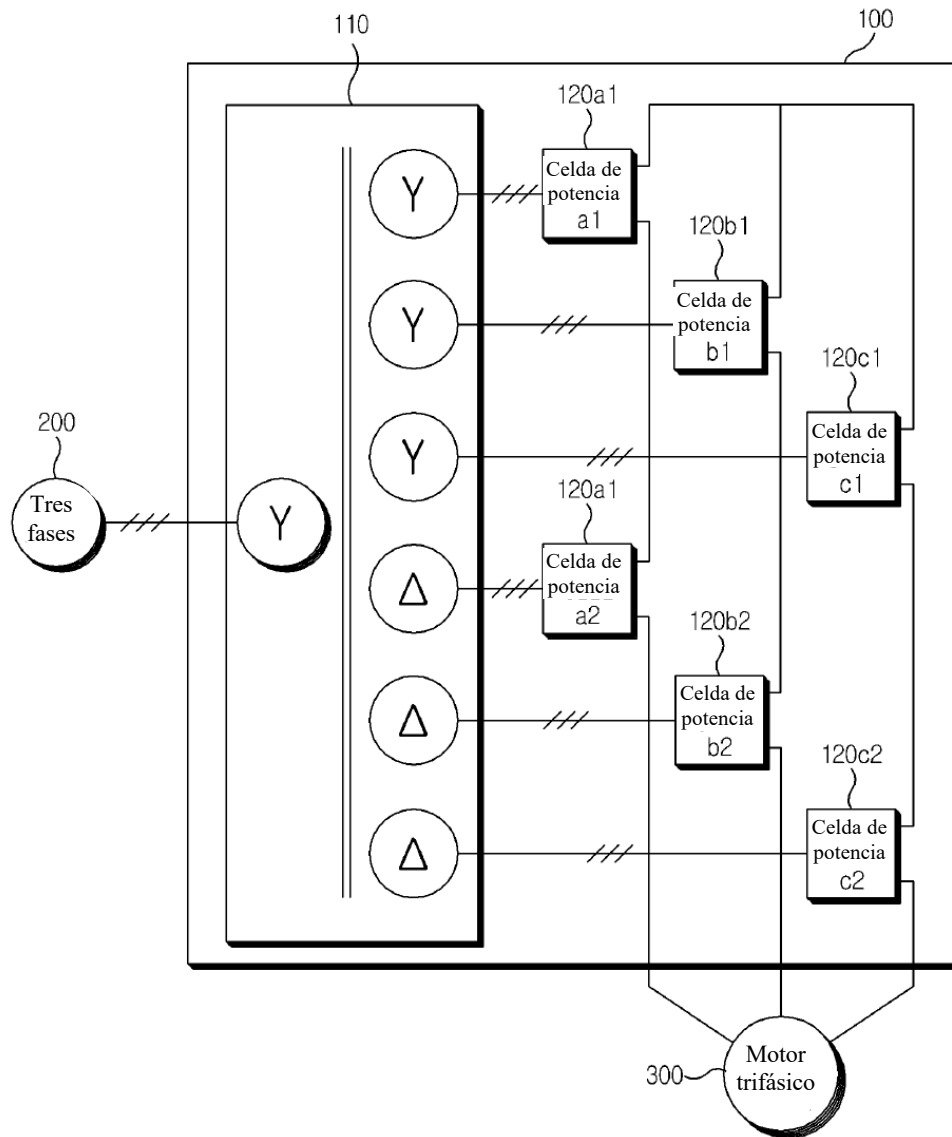


Figura 2

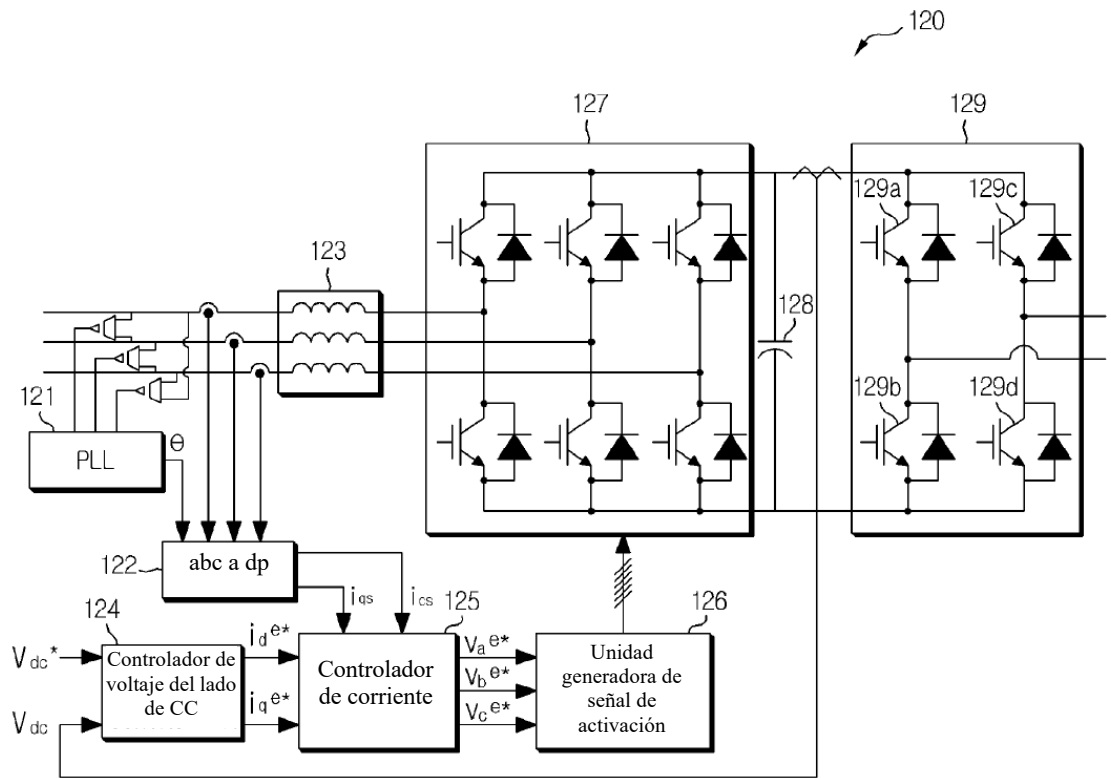


Figura 3A

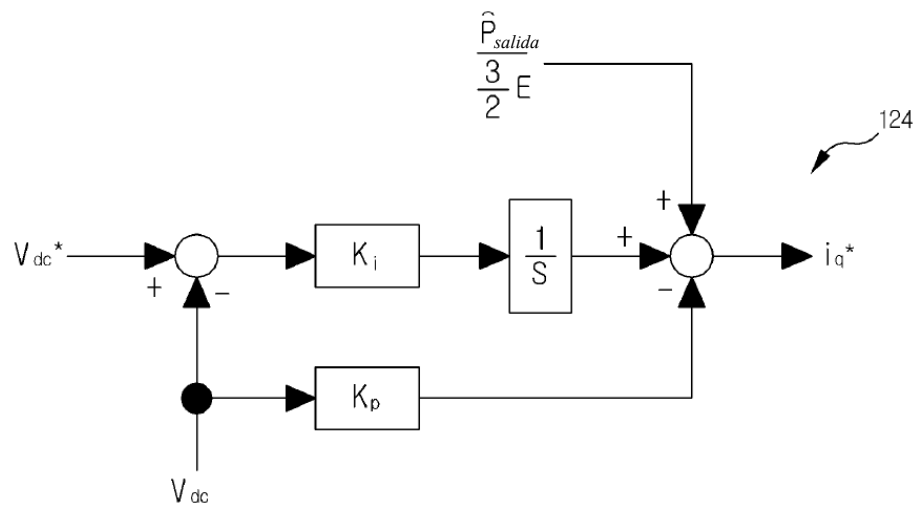


Figura 3B

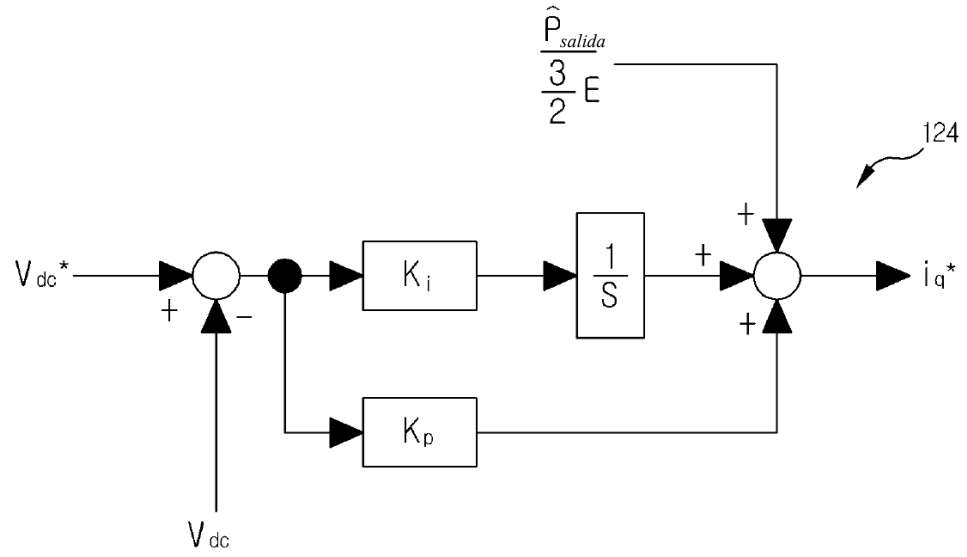


Figura 4

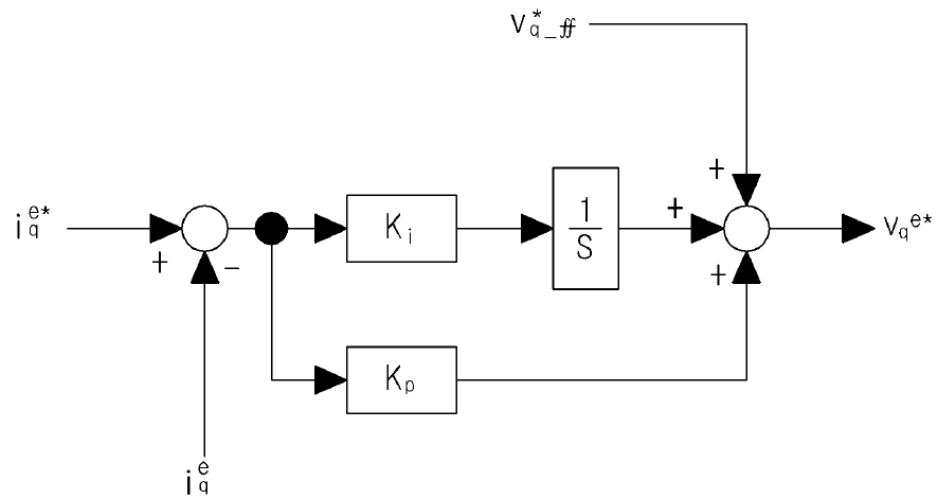
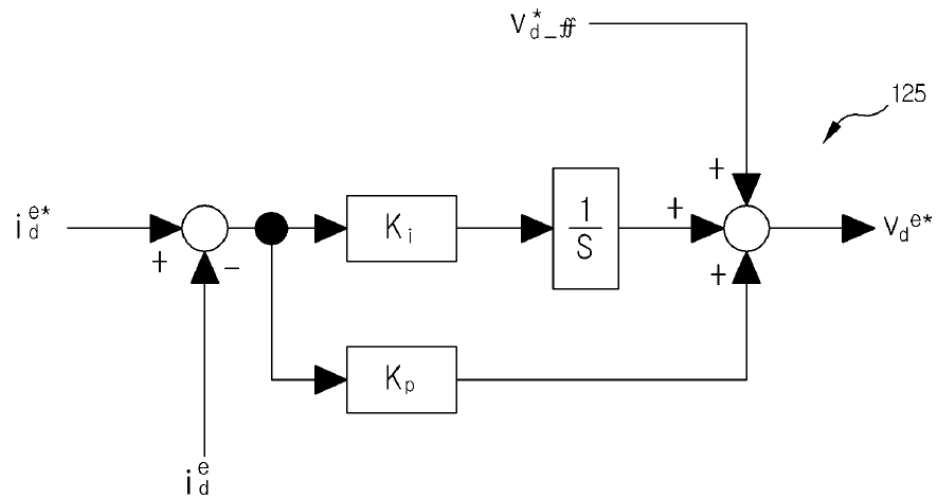


Figura 5

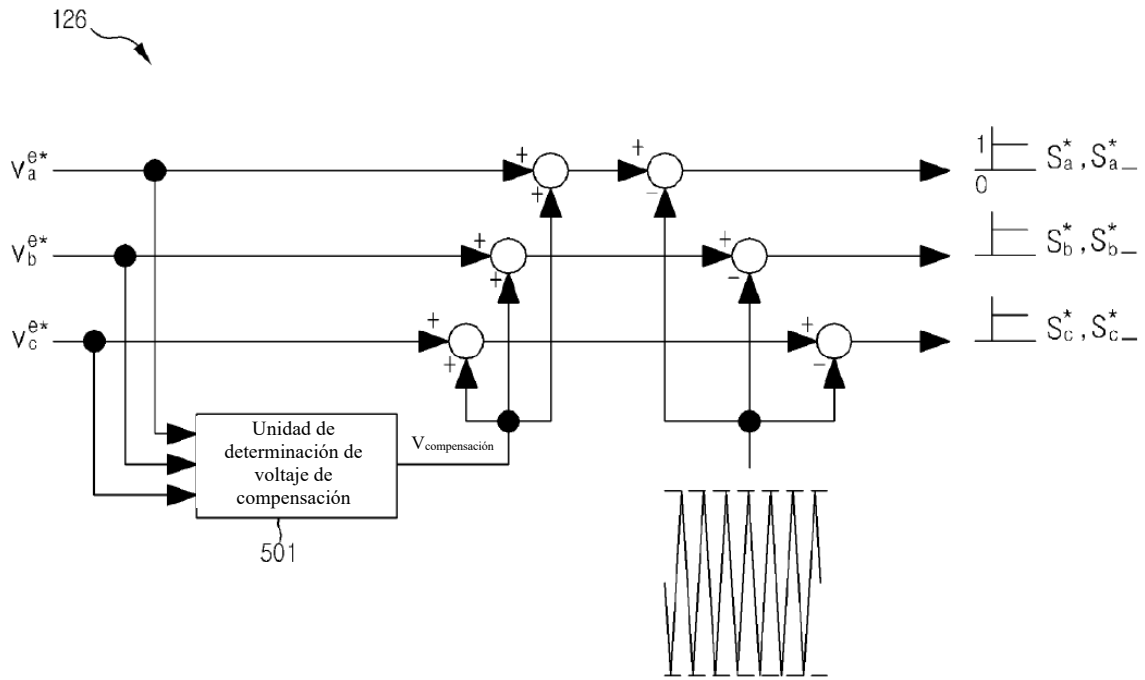




Figura 6

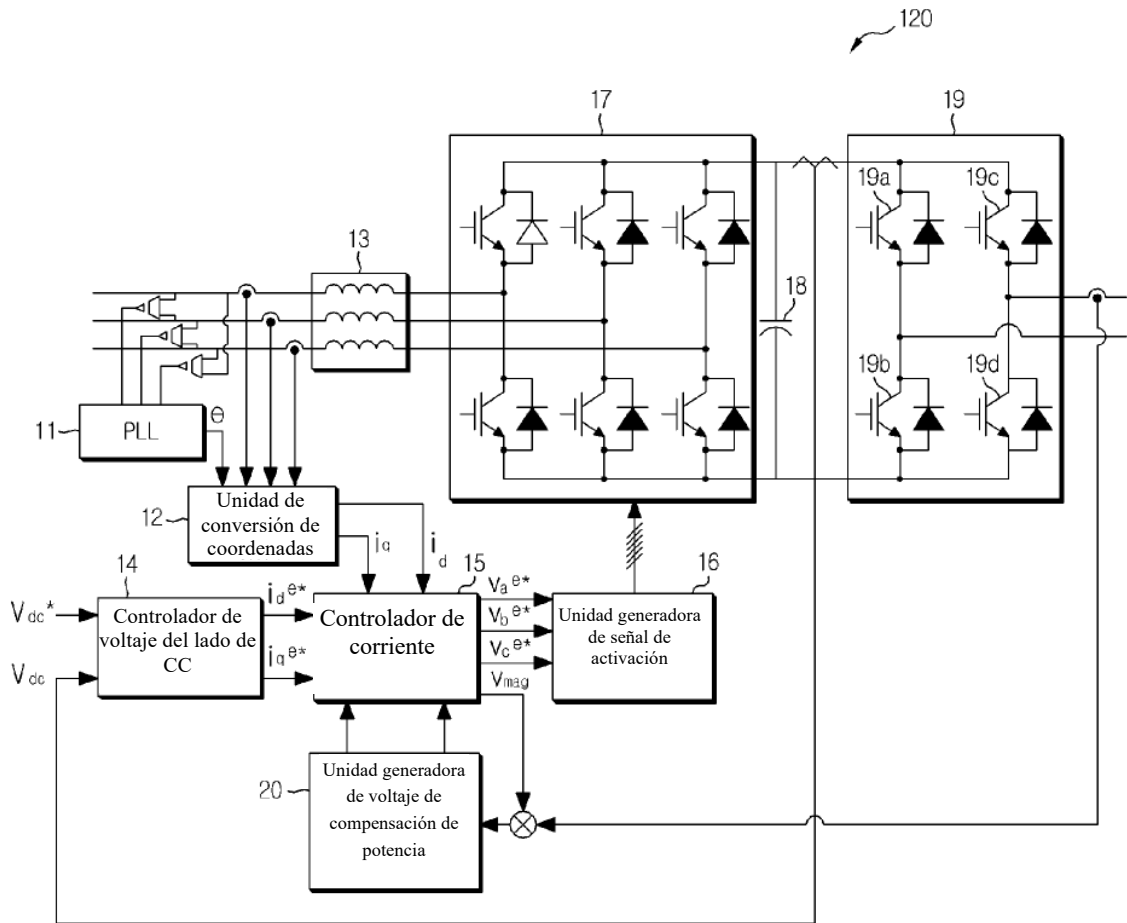


Figura 7

