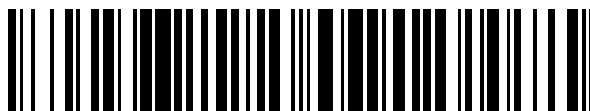


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 752 801**

51 Int. Cl.:

H02M 7/483 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2016** E 16165018 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019** EP 3113350

54 Título: **Convertor modular de múltiples niveles y método para controlar el equilibrio de voltaje del convertor modular de múltiples niveles**

30 Prioridad:

02.07.2015 KR 20150094574

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

06.04.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SON, GUM TAE

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 752 801 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

5 Convertor modular de múltiples niveles y método para controlar el equilibrio de voltaje del convertor modular de múltiples niveles

Antecedentes

10 La presente descripción se refiere a un convertor modular de múltiples niveles, y más particularmente, a un método para controlar el equilibrio de voltaje.

15 Dado que la transmisión de corriente continua de alto voltaje (HVDC) tiene ventajas en comparación con la transmisión de corriente alterna de alto voltaje (HVAC), es posible realizar una transmisión de larga distancia y una conexión de red asíncrona, usar un cable submarino y realizar el control de potencia, sus aplicaciones aumentan constantemente.

20 En un sistema de transmisión HVDC, en el lado de transmisión convierte y transmite la potencia de CA en potencia de CC, y un lado de recepción convierte la potencia de CC en potencia de CA para suministrar la potencia de CA a un consumidor.

25 Por lo tanto, el sistema de transmisión HVDC incluye esencialmente un convertor para convertir la potencia de CA en potencia de CC o convertir la potencia de CC en potencia de CA.

30 Tal convertor incluye seis brazos D1 a D6 como se muestra en la Figura 1. La potencia de CA se convierte en potencia de CC mediante el control de conmutación de los brazos respectivos D1 a D6.

35 Cada uno de los brazos D1 a D5 incluye un interruptor. Sin embargo, hay un límite en un voltaje que puede soportar un solo interruptor.

40 Por lo tanto, recientemente se ha propuesto un convertor modular de múltiples niveles en el que cada uno de los brazos D1 a D6 incluyen una pluralidad de submódulos y, por lo tanto, pueden soportar un alto voltaje mediante el control de conmutación selectiva de cada submódulo.

Cada submódulo incluye dos transistores de compuerta bipolar aislada (IGBT) y un capacitor.

45 **[0009]**El número de submódulos que incluye cada uno de los brazos D1 a D6 puede determinarse según la capacidad de procesamiento del convertor modular de múltiples niveles y puede ser de varios cientos. Sin embargo, no es fácil realizar un control de conmutación selectiva en el submódulo.

50 En particular, el valor de voltaje del capacitor en el submódulo no es fijo debido a una condición de operación, sino que varía. Además, en el caso de que un gran número de submódulos sean fabricados por diferentes fabricantes, la especificación del capacitor de cada submódulo puede ser diferente entre sí. Por lo tanto, la capacitancia del capacitor de cada submódulo puede ser diferente entre sí y debido a tal diferencia en la capacitancia del capacitor, el voltaje de capacitancia del capacitor de cada submódulo puede variar. El valor del capacitor es un voltaje cargado en el capacitor.

55 Dado que el tiempo de carga del voltaje cargado en la capacitancia es diferente entre sí cuando la capacidad de la capacitancia de cada submódulo es diferente entre sí, la frecuencia de conmutación de un submódulo que tiene baja capacitancia aumenta bruscamente, y la frecuencia de conmutación de un submódulo que tiene alta capacidad disminuye bruscamente. Si la frecuencia de conmutación de cada submódulo aumenta o disminuye bruscamente de esta manera, existe un inconveniente en que la vida del IGBT en el submódulo se acorta.

60 Dado que acorta la vida útil del submódulo, existe una necesidad urgente de una tecnología que mantenga constantemente el voltaje del capacitor del submódulo.

65 El documento US 2014/0002048 A1 divulga un método de control de equilibrio de voltaje para convertor modular de múltiples niveles caracterizado porque incluye algunas etapas de la siguiente manera:

1) Determinar que la dirección de la corriente de la pierna es positiva o negativa; 2) Encontrar el submódulo más alto en el estado de salida cuya amplitud de voltaje del capacitor es la máxima, y descubrir que en el estado de derivación su amplitud de voltaje del capacitor es el mínimo; 3) Determinar si es las entradas del submódulo o la operación de derivación; este método evitó la arbitrariedad de conmutación del submódulo y disminuyó la frecuencia de conmutación del submódulo. El control de equilibrio de voltaje del capacitor del submódulo propuesto por el método es más adecuado para aplicarse en el campo del convertor de alto voltaje y gran capacidad que tiene un gran número de submódulos.

El documento EP 2 611 022 A2 describe un método para controlar un convertor de múltiples niveles. En el método de controlar un convertor de múltiples niveles según una modalidad, un submódulo que tiene el voltaje máximo y un submódulo que tiene el voltaje mínimo respectivamente se extraen de entre una pluralidad de submódulos. Se

determina una cantidad de variación de estado de cada uno de la pluralidad de submódulos. Cuando no se determina que la cantidad de variación de estado sea 0, se detecta una dirección de una corriente que fluye a través de la pluralidad de submódulos. Se determina un estado posterior de al menos un submódulo de acuerdo con al menos uno de la cantidad de variación de estado y dirección de la corriente. Posteriormente, un tiempo de disposición para los valores del submódulo se puede reducir de manera eficiente mientras el número de submódulos aumenta en el equilibrio de voltaje.

El documento EP 2 808 991 A2 describe un método para controlar un convertor de múltiples niveles, el método incluye, detectar valores de estado de modulación y direcciones de la corriente de submódulos, y designar, por un submódulo, un número promedio de conmutación para cada período de una forma de onda de salida, en donde la etapa de designar el número promedio de conmutación incluye, agrupar los submódulos de acuerdo con estar en estado ENCENDIDO o en estado APAGADO, comparar el número de submódulos en el estado ENCENDIDO anterior y el número de submódulos en APAGADO estado para obtener una diferencia entre ellos, y cambiar un estado tanto como la diferencia, comparando un submódulo de estado ENCENDIDO que tiene un voltaje alto tanto como un valor predeterminado en estado cargado con un submódulo de estado APAGADO que tiene un voltaje bajo valor, y cambiar los estados comparados de submódulos de estado ON y estado OFF, cuando los valores de submódulos de estado ON son más altos, y comparar un submódulo de estado ON que tiene un voltaje bajo tanto como un valor predeterminado en estado descargado con un submódulo de estado APAGADO que tiene un valor de alto voltaje y que cambia los estados comparados de submódulos de estado ENCENDIDO y estado APAGADO, cuando los valores de los submódulos del estado APAGADO son más altos.

Resumen

Las modalidades se refieren a superar los inconvenientes descritos anteriormente y otros inconvenientes.

Las modalidades proporcionan un convertor modular de múltiples niveles de acuerdo con la reivindicación 11 que puede mantener uniformemente la frecuencia de conmutación de un submódulo incluso cuando varía el voltaje del capacitor del submódulo, para extender la vida útil de un submódulo y un método para controlar el equilibrio de voltaje del convertor modular de múltiples niveles de acuerdo con la reivindicación 1.

En una modalidad, un método para controlar el equilibrio de voltaje de un convertor modular de múltiples niveles incluye recibir, por una unidad de entrada, información de estado en cada uno de los n submódulos en un módulo de brazo; agrupar, por la unidad de entrada, los n submódulos en m grupos de submódulos; recibir, por una unidad de determinación, la primera información de estado en cada uno de los submódulos en uno de los primeros grupos de submódulos, entre la información de estado recibida en cada uno de los n módulos de suma; recibir, por la unidad de determinación, la segunda información de estado en cada uno de los submódulos no incluidos en el primer grupo de submódulos, entre la información de estado en cada uno de los n módulos de suma previamente almacenados en una memoria; controlar, mediante la unidad de determinación, la conmutación de un submódulo utilizando la primera información de estado y la segunda información de estado; y actualizar, por la unidad de determinación, la memoria con la primera información de estado.

En otra modalidad, un convertor modular de múltiples niveles incluye una memoria configurada para almacenar información de estado en cada uno de los n submódulos en un módulo de brazo; una unidad de entrada configurada para recibir la información de estado en cada uno de los n submódulos desde el módulo de brazo para agrupar los n submódulos en m grupos de submódulos; y una unidad de determinación configurada para recibir la primera información de estado en cada uno de los submódulos en uno de los primeros grupos de submódulos, para recibir la segunda información de estado en cada uno de los submódulos no incluidos en el primer grupo de submódulos, entre la información de estado en cada uno de los n módulos de suma almacenados previamente en la memoria, y para determinar el control de conmutación de un submódulo utilizando la primera información de estado y la segunda información de estado.

Los efectos de un terminal de acuerdo con la presente descripción son los siguientes.

De acuerdo con al menos una de las modalidades, dado que la información de peso se aplica al voltaje del submódulo de cada submódulo para mantener uniformemente las frecuencias de conmutación entre una pluralidad de submódulos en un módulo de brazo, existe la ventaja de que es posible mejorar la fiabilidad de un producto a través de la extensión de la vida útil de cada submódulo y de la vida útil del interruptor de cada submódulo.

El alcance adicional de la aplicabilidad de la presente descripción se aclararía a partir de la siguiente descripción detallada. Sin embargo, dado que una persona experta en la técnica puede comprender claramente diversos cambios y modificaciones dentro del alcance de la presente descripción, las modalidades particulares, tales como las modalidades ejemplares, solo deben entenderse como ejemplos.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra un convertor general que es un sistema de transmisión de corriente continua de alto voltaje

(HVDC).

La Figura 2 muestra un convertor modular de múltiples niveles de acuerdo con una modalidad.

La Figura 3 muestra la conexión de un puente de brazo trifásico en un convertor modular de múltiples niveles de acuerdo con una modalidad.

5 La Figura 4 muestra un diagrama de circuito de un submódulo en un brazo.

La Figura 5 muestra una unidad de accionamiento en la Figura 2

La Figura 6 muestra la agrupación de una pluralidad de submódulos.

La Figura 7 muestra cómo se transmite la información por un grupo de submódulos desde una unidad de entrada a una unidad de determinación.

10 Las Figuras 8a y 8b muestran cómo determinar submódulos que tienen voltajes de capacitor mínimos/máximos por cada grupo de estados.

Las Figuras 9a a 9f muestran cómo cambiar los estados de submódulos que tienen voltajes de capacitor mínimos/máximos encontrados por cada grupo de estados.

15 Descripción detallada de las modalidades

En lo sucesivo, las modalidades se describen en detalle con referencia a los dibujos que se adjuntan e independientemente de los números de los dibujos, los mismos componentes o similares se asignan con los mismos números de referencia y, por lo tanto, se omiten las descripciones repetitivas de los mismos. Dado que los sufijos "módulo" y "unidad" para los componentes utilizados en la siguiente descripción se dan e intercambian para facilitar la modalidad de la presente descripción, no tienen significados o funciones distintos. Al describir las modalidades descritas en la presente descripción, se omitirán descripciones detalladas de tecnologías conocidas relacionadas porque oscurecerían el tema de las modalidades descritas en la presente descripción. Además, los dibujos adjuntos se usan para ayudar a comprender fácilmente las modalidades descritas en este documento, pero la idea técnica revelada en la presente descripción no se limita a las mismas. Debe entenderse que también se incluyen todas las variaciones, equivalentes o sustitutos contenidos en el concepto y alcance técnico de la presente descripción.

20 "módulo" y "unidad" para los componentes utilizados en la siguiente descripción se dan e intercambian para facilitar la modalidad de la presente descripción, no tienen significados o funciones distintos. Al describir las modalidades descritas en la presente descripción, se omitirán descripciones detalladas de tecnologías conocidas relacionadas porque oscurecerían el tema de las modalidades descritas en la presente descripción. Además, los dibujos adjuntos se usan para ayudar a comprender fácilmente las modalidades descritas en este documento, pero la idea técnica revelada en la presente descripción no se limita a las mismas. Debe entenderse que también se incluyen todas las variaciones, equivalentes o sustitutos contenidos en el concepto y alcance técnico de la presente descripción.

La Figura 2 muestra un convertor modular de múltiples niveles de acuerdo con una modalidad.

30 Con referencia a la Figura 2, el convertor modular de múltiples niveles de acuerdo con una modalidad puede incluir una unidad de control 10, una pluralidad de unidades de accionamiento 12 a 17 y una pluralidad de módulos de brazo 20 a 25. Como se describe a continuación, cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 puede incluir una pluralidad de submódulos SM₁ a SM_n.

35 La pluralidad de unidades de accionamiento 12 a 17 se puede conectar a la pluralidad de módulos de brazo 20 a 25 por uno a uno.

Por ejemplo, una primera unidad de accionamiento 12 puede estar conectada a un primer módulo de brazo 20 de modo que la información sobre el primer módulo de brazo 20 puede proporcionarse a la primera unidad de accionamiento 12 y una pluralidad de señales de activación que se generan en base a la información en el primer módulo de brazo 20 por la primera unidad de accionamiento 12 puede proporcionarse al primer módulo de brazo 20. Cada uno de los módulos de brazo restantes 21 a 25 también puede recibir una pluralidad de señales de activación desde una unidad de accionamiento correspondiente 13 a 17 de esta manera.

45 Cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n puede incluir un interruptor y un capacitor. La estructura de conexión entre el interruptor y el capacitor se describe a continuación con referencia a la Figura 4. Cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n puede incluir además un tiristor.

50 En el caso de que una sobrecorriente fluya repentinamente hacia cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n, el tiristor puede evitar que una sobrecorriente fluya hacia cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n para evitar daños al interruptor o al capacitor. El interruptor puede incluir, por ejemplo, un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT) pero no está limitado al mismo.

55 Las unidades de accionamiento restantes, tales como las segunda a sexta unidades de accionamiento 13 a 17 pueden realizar la misma operación que la primera unidad de accionamiento 12.

La información en cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 puede incluir información de estado en cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n, una corriente del brazo $i_{brazo}(t)$ y un voltaje del brazo $V_{brazo}(t)$, como se muestra en la Figura 5. La información de estado en cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n puede incluir información de estado de activación/desactivación $g(t)$, un voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$, información de derivación o similar.

60 El voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ puede significar un voltaje cargado en el capacitor en cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n.

65 La unidad de control 10 controla la pluralidad de unidades de accionamiento 12 a 17 y proporciona un voltaje de referencia (véase $V_{ref}(t)$ en la Figura 5) a la pluralidad de unidades de accionamiento 12 a 17.

- La pluralidad de unidades de accionamiento 12 a 17 puede determinar el número de la pluralidad de submódulos SM₁ a SM_n que están conectados a los módulos de brazo 20 a 25 y tienen un estado activado, en función del voltaje de referencia $V_{ref}(t)$ que se proporciona desde la unidad de control 10. El hecho de que cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n tenga un estado activado significa activar el interruptor de cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n.
- 5 Como se describe a continuación, cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n puede incluir al menos un interruptor, por ejemplo, IGBT.
- Como se muestra en la Figura 3, una conexión de puente de brazo trifásico puede incluir, por ejemplo, seis módulos de brazo 20 a 25. Cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 puede incluir una pluralidad de submódulos SM₁ a SM_n. El número de submódulos SM₁ a SM_n en cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 puede ser igual o diferente.
- 10 Cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 puede controlar la activación/desactivación de cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n, recibir y transmitir información a través de la comunicación con cada una de las unidades de accionamiento 12 a 17. Es decir, cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 puede proporcionar información sobre cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 a una unidad de accionamiento correspondiente 12 a 17, y recibir una pluralidad de señales de activación para el cambio de cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n de cada una de las unidades de accionamiento 12 a 17.
- 15 Aunque cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 en la presente descripción incluye submódulos n SM₁ a SM_n, cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 también puede incluir submódulos que son más o menos que submódulos n SM₁ a SM_n.
- 20 La pluralidad de submódulos SM₁ a SM_n en cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 puede conectarse en serie entre sí.
- 25 Cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 puede proporcionar información de estado en cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n, una corriente del brazo $i_{brazo}(t)$ y un voltaje del brazo $V_{brazo}(t)$ a una unidad de accionamiento correspondiente 12 a 17.
- 30 Aunque no se muestra, la pluralidad de submódulos SM₁ a SM_n en cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 puede agruparse con un cierto número de submódulos para ser montados por grupo en una placa.
- Aunque no se muestra, cada uno de los módulos de brazo 20 a 25 también puede incluir una placa principal que tiene una función de comunicación o una función de control además de la placa en la que están montados los submódulos agrupados SM₁ a SM_n, pero la modalidad no está limitada a los mismos. Dicha placa principal puede agregar información de estado en cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n, identificar la corriente del brazo $i_{brazo}(t)$ y el voltaje del brazo $V_{brazo}(t)$, y proporcionar la información de estado en cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n, la corriente del brazo $i_{brazo}(t)$ y el voltaje del brazo $V_{brazo}(t)$ a las unidades de accionamiento 12 a 17. Además, la placa principal puede recibir la pluralidad de señales de activación proporcionadas desde las unidades de accionamiento 12 a 17, proporcionar la pluralidad de señales de activación a un submódulo correspondiente SM₁ a SM_n, y permitir que cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n se active o desactive en respuesta a la pluralidad de señales de activación.
- 35 40 Los módulos de brazo 20 a 25 pueden conectarse a las unidades de accionamiento 12 a 17, respectivamente, mediante cables ópticos para transmitir y recibir información mediante comunicación óptica.
- 45 Cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n puede ser un submódulo de medio tipo (en la Figura 4a) o un submódulo de tipo completo (en la Figura 4b).
- 50 Como se muestra en la Figura 4a, el submódulo de medio tipo puede incluir dos interruptores S1 y S2, dos diodos D1 y D2 y un capacitor C_M .
- Los diodos D1 y D2 pueden conectarse en paralelo a los interruptores S1 y S2, respectivamente, para evitar que una corriente fluya hacia atrás y evitar el mal funcionamiento de los interruptores S1 y S2.
- 55 El capacitor C_M desempeña un papel en la carga de un voltaje que se introduce cuando el primer y segundo interruptores S1 y S2 están activados, y descarga el voltaje cargado cuando el primer y segundo interruptores S1 y S2 están desactivados.
- 60 Los primer y segundo interruptores S1 y S2 pueden activarse o desactivarse mediante las señales de activación que se proporcionan desde las unidades de accionamiento 12 y 17. Cuando los primer y segundo interruptores S1 y S2 están activados, se puede cargar un voltaje de CA en el capacitor C_M .
- 65 Cada uno de los primer y segundo interruptores S1 y S2 pueden ser un IGBT pero no está limitado a ellos.
- Como se muestra en la Figura 4b, el submódulo de tipo completo puede incluir cuatro interruptores S1 a S4, cuatro

diodos D1 a D4 y un capacitor C_M .

Los diodos D1 a D4 pueden conectarse en paralelo a los interruptores S1 a S4, respectivamente.

- 5 Por ejemplo, cuando los primer y segundo interruptores S1 y S4 están activados, se puede cargar un voltaje de CA positivo en el capacitor C_M , y cuando el segundo y tercer interruptores S2 y S3 están activados, se puede cargar un voltaje de CA negativo en el capacitor C_M , pero la modalidad no está limitada a los mismos.

10 El convertor modular de múltiples niveles de la presente descripción también puede incluir dos o más conexiones de puente de brazo trifásico, pero no está limitado a las mismas.

Se describe el método de funcionamiento de las unidades de accionamiento 12 a 17 del convertor modular de múltiples niveles como se describe anteriormente.

- 15 Aunque la Figura 5 representa la unidad de accionamiento 12 por conveniencia de la descripción, las unidades de accionamiento restantes 13 a 17 también pueden configurarse como los mismos componentes que la Figura 5 para realizar la misma función.

20 Con referencia a la Figura 5, la unidad de accionamiento 12 puede incluir una unidad de entrada 110, una memoria 120, una unidad de cálculo de peso 140 y una unidad de determinación 130.

Además, la unidad de accionamiento 12 puede incluir además una unidad de cálculo de diferencia 150 y una unidad de transición de estado 160.

- 25 La unidad de entrada 110 recibe información relacionada, tal como información de estado en cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n, una corriente del brazo $i_{brazo}(t)$ y un voltaje del brazo $V_{brazo}(t)$ que se proporciona desde el módulo de brazo 20. La información de estado en cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n puede incluir información de estado de activación/desactivación $g(t)$, un voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$, información de derivación o similar.

30 Mientras que el módulo de brazo 20 puede generar una corriente del brazo $i_{brazo}(t)$ y un voltaje del brazo $V_{brazo}(t)$, cada una de la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ pueden ser generados por el número de submódulos SM₁ a SM_n en el módulo de brazo 20. Por ejemplo, si el módulo de brazo 20 incluye submódulos n SM₁ a SM_n, cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n puede generar la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$.

35 La unidad de entrada 110 agrupa submódulos n SM₁ a SM_n en m submódulos grupos Grupo₁ a Grupo_m para transmitir, a la unidad de determinación 130, información de estado de activación/desactivación $g(t)$ en submódulos s SM₁ a SM_s en uno de los m sub grupos de módulos Grupo₁ a Grupo_m y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$.

40 Como otra modalidad, la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los n submódulos SM₁ a SM_n pueden, en cada ciclo, actualizarse y almacenarse en la unidad de entrada 110, y la unidad de determinación 130 puede leer la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los submódulos SM₁ a SM_s entre la información de estado de activación/desactivación actualizada $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los n submódulos SM₁ a SM_n. Por ejemplo, cada uno de los grupos de submódulos Grupo₁ a Grupo_m puede incluir 16 submódulos, pero no está limitado a ellos.

45 Si n es 256 y cada uno de los grupos de submódulos Grupo₁ a Grupo_m incluye 16 submódulos SM₁ a Sm₁₆, 256 submódulos SM₁ a SM₂₅₆ pueden agruparse en 16 grupos de submódulos Grupo₁ a Grupo₁₆.

50 Por ejemplo, los primero a decimosexto submódulos SM₁ a SM₁₆ se pueden agrupar como el primer grupo de submódulos Grupo₁, y los decimoséptimo a treinta segundos submódulos SM₁₇ a SM₃₂ se pueden agrupar como el segundo grupo de submódulos Grupo₂. De esta forma, los submódulos 241 a 256 SM₂₄₁ a SM₂₅₆ pueden agruparse como el decimosexto grupo de submódulos Grupo₁₆.

55 La unidad de entrada 110 puede transmitir, a la unidad de determinación 130, la información de estado de activación/desactivación de entrada regular $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los submódulos SM₁ a SM_s en uno de los grupos de submódulos Grupo₁ a Grupo_m que se agrupan con submódulos n SM₁ a SM_n.

60 Como otra modalidad, la unidad de determinación 130 puede leer, directamente desde la unidad de entrada 110, la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los submódulos SM₁ a SM_s entre la activación/desactivación información de estado $g(t)$ y voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los n submódulos SM₁ a SM_n, como se describió anteriormente.

65

Como se muestra en la Figura 7, la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los n submódulos SM_1 a SM_n se transmiten desde el módulo de brazo 20 a la unidad de entrada 110 en el momento t_1 , por ejemplo. La unidad de entrada 110 agrupa submódulos n SM_1 a SM_n en m submódulos grupos Grupo_1 a Grupo_m y luego transmite, a la unidad de determinación 130, la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno del primer al decimosexto submódulos SM_1 a SM_{16} que se agrupan como el primer submódulo grupo Grupo_1.

La información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los submódulos SM_1 a SM_{16} que se agrupan como el primer grupo del submódulo Grupo_1 se transmiten a la memoria 120 para que la memoria 120 se actualiza con la información de estado de activación/desactivación transmitida $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$. Es decir, la información de estado de activación/desactivación $g(t-\Delta t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t-\Delta t)$ de cada uno de los primero a decimosexto submódulos SM_1 a SM_{16} en el primer grupo de submódulos Grupo_1 que se han almacenado previamente en la memoria 120 puede actualizarse con la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los primero a decimosexto submódulos SM_1 a SM_{16} en el primer grupo de submódulos Grupo_1 que se transmiten actualmente al memoria 120.

Posteriormente, se transmiten otros submódulos n SM_1 a SM_n desde el módulo de brazo 20 a la unidad de entrada 110 en el momento t_2 . La unidad de entrada 110 agrupa otros submódulos n SM_1 a SM_n en m grupos de submódulos Grupo_1 a Grupo_m y luego transmite, a la unidad de determinación 130, la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada de uno de los diecisiete a treinta segundos submódulos SM_{17} a SM_{32} que se agrupa como el segundo grupo de submódulos Grupo_1. Además, la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los decimoséptimo a treinta segundos submódulos SM_{17} a SM_{32} que se agrupan como el segundo grupo de submódulos Grupo_2 se transmiten a la memoria 120 de modo que la memoria 120 se actualice con la información de estado de activación/desactivación transmitida $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$. Es decir, la información de estado de activación/desactivación $g(t-\Delta t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t-\Delta t)$ de cada uno de los decimoséptimo a treinta segundos submódulos SM_{17} a SM_{32} en el segundo grupo de submódulos Grupo_2 que se han almacenado previamente en la memoria 120 puede actualizarse con la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los decimoséptimo a treinta segundos submódulos SM_{17} a SM_{32} en el segundo grupo de submódulos Grupo_2 que se transmiten actualmente al memoria 120.

De esta manera, se transmiten submódulos n SM_1 a SM_n desde el módulo de brazo 20 a la unidad de entrada 110 en el momento t_m , por ejemplo. La unidad de entrada 110 agrupa submódulos n SM_1 a SM_n en m submódulos grupos Grupo_1 a Grupo_m y luego transmite, a la unidad de determinación 130, la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno submódulos 241 al 256 SM_{241} a SM_{256} que se agrupan como el grupo del submódulo m -ésimo Grupo_m. La información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los submódulos 241 a 256 submódulos SM_{241} a SM_{256} que se agrupan como el m -ésimo grupo de submódulos Grupo_m se transmiten a la memoria 120 para que la memoria 120 se actualiza con la información de estado de activación/desactivación transmitida $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$. Es decir, la información de estado de activación/desactivación $g(t-\Delta t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t-\Delta t)$ de cada uno de los submódulos 241 a 256 submódulos SM_{241} a SM_{256} en el m -ésimo grupo de submódulos Grupo_m que se han almacenado previamente en la memoria 120 puede actualizarse con la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los submódulos 241 a 256 submódulos SM_{241} a SM_{256} en el grupo de m submódulos-ésimo Grupo_m que se transmiten actualmente al memoria 120.

Como tal, la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los submódulos SM_1 a SM_s en uno de los grupos de m submódulos Grupo_1 a Grupo_m agrupados con submódulos n SM_1 a SM_n que son la entrada m veces para m ciclos puede ingresarse a la unidad de determinación 130 y a la memoria 120 una vez.

Por lo tanto, cada uno de los grupos de m submódulos Grupo_1 a Grupo_m puede transmitirse al menos una vez a la unidad de determinación 130 o la memoria 120 para m ciclos. En la memoria 120, la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los submódulos SM_1 a SM_s en un grupo de submódulos transmitidos al menos una vez durante m ciclos pueden reemplazarse por la información de estado de activación/desactivación $g(t-\Delta t)$ anteriormente transmitida y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t-\Delta t)$ de cada uno de los submódulos SM_1 a SM_s en un grupo de submódulos previamente almacenado en la memoria 120 y actualizado.

La unidad de entrada 110 puede transmitir, a la unidad de cálculo de peso 140, la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de submódulos n SM_1 a SM_n que se transmiten desde el módulo de brazo 20.

La unidad de cálculo de peso 140 puede calcular o generar información de peso $V_{virtual}(t)$ en cada uno de los n submódulos SM_1 a SM_n basándose en la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del

submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los n submódulos SM_1 a SM_n y una corriente del brazo $i_{brazo}(t)$ transmitida desde la unidad de entrada 110 para transmitir la información de peso calculada $V_{virtual}(t)$ a la unidad de determinación 130.

5 La unidad de cálculo de peso 140 y la unidad de determinación 130 pueden configurarse como diferentes módulos de cálculo. Por ejemplo, la unidad de cálculo de peso 140 puede incluir una matriz programable de puertas lógicas (FPGA), y la unidad de determinación 130 puede incluir un procesador de señal digital (DSP).

10 El FPGA puede realizar cálculos paralelos. Por lo tanto, dado que la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de submódulos n SM_1 a SM_n transmitidos a la unidad de cálculo de peso 140 pueden calcularse en paralelo, la velocidad de procesamiento puede mejorarse y, por lo tanto, la unidad de cálculo de peso 140 no tiene una carga significativa.

15 La información de peso $V_{virtual}(t)$ puede estar representada por un valor de voltaje, por ejemplo, un valor de voltaje positivo, un valor de voltaje negativo o 0. En el caso en que la información de peso $V_{virtual}(t)$ es el valor de voltaje positivo, puede agregarse a un voltaje del submódulo correspondiente $V_{sm}(t)$ que se transmite desde la unidad de entrada 110 a la unidad de determinación 130. En el caso de que la información de peso $V_{virtual}(t)$ sea el valor de voltaje negativo, se puede restar de un voltaje del submódulo correspondiente $V_{sm}(t)$ que se transmite desde la unidad de entrada 110 a la unidad de determinación 130. En el caso de que la información de peso $V_{virtual}(t)$ sea 0, un voltaje del submódulo correspondiente $V_{sm}(t)$ que se transmite desde la unidad de entrada 110 a la unidad de determinación 130 puede mantenerse tal cual.

20 Se pueden usar varios algoritmos para calcular la información virtual $V_{virtual}(t)$ por la unidad de cálculo de peso 140, pero estos algoritmos son técnicas ampliamente conocidas.

25 Por ejemplo, se puede usar un algoritmo recursivo de mínimos cuadrados (RLS). Tal algoritmo puede calcular una cantidad de energía en un capacitor modificado (estimado) basado en una relación de fluctuación de energía (una relación entre una capacidad nominal, factor de potencia y fluctuación de voltaje) por un valor de capacitancia nominal para calcular escasez o excedente. La información de peso $V_{virtual}(t)$ se puede calcular para que sea la misma que la capacitancia que varía según la relación entre la fluctuación de energía y la capacitancia.

30 Dado que la información de peso $V_{virtual}(t)$ se agrega/resta de un voltaje del submódulo correspondiente $V_{sm}(t)$ transmitido desde la unidad de entrada 110 a la unidad de determinación 130, o se mantiene, las frecuencias de conmutación entre la pluralidad de submódulos SM_1 a SM_n en el módulo de brazo 20 puede mantenerse uniformemente.

35 La unidad de determinación 130 recibe la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y el voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los submódulos SM_1 a SM_s en un grupo de submódulo transmitido desde la unidad de entrada 110 y la información de estado de activación/desactivación $g(t-\Delta t)$ y voltaje del submódulo $V_{sm}(t-\Delta t)$ de submódulos $n-s$ en cada uno de los grupos de submódulos restantes, excluyendo submódulos s SM_1 a SM_s de entrada desde la unidad de entrada 110 entre submódulos n SM_1 a SM_n almacenados en el memoria 120.

40 La unidad de determinación 130 aplica la información de peso $V_{virtual}(t)$ transmitida desde la unidad de cálculo de peso 140 al voltaje del submódulo $V_{sm}(t)$ de cada uno de los submódulos SM_1 a SM_s en una entrada de grupo de submódulo desde la unidad de entrada 110.

45 Además, la unidad de determinación 130 aplica la información de peso $V_{virtual}(t)$ transmitida desde la unidad de cálculo de peso 140 a los voltajes del submódulo $V_{sm}(t-\Delta t)$ de submódulos $n-s$ en los grupos de submódulos restantes, excluyendo submódulos s SM_1 a SM_s en un grupo de submódulos recibidos desde la memoria 120 y recibidos desde la unidad de entrada 110.

50 La información de peso $V_{virtual}(t)$ calculada a partir de la unidad de cálculo de peso 140 puede generarse para corresponder a cada uno de los n submódulos SM_1 a SM_n .

55 Por ejemplo, en el caso de que la información de peso $V_{virtual}(t)$ sea el valor de voltaje positivo, se puede agregar a los voltajes de submódulo $V_{sm}(t)$ y $V_{sm}(t-\Delta t)$ de cada uno de los submódulos SM_1 a SM_n , en el caso de que la información de peso $V_{virtual}(t)$ sea el valor de voltaje negativo, se puede restar de los voltajes de submódulos $V_{sm}(t)$ y $V_{sm}(t-\Delta t)$ de cada uno de los submódulos SM_1 a SM_n , y en el caso donde la información de peso $V_{virtual}(t)$ es 0, los voltajes del submódulo $V_{sm}(t)$ y $V_{sm}(t-\Delta t)$ de cada uno de los submódulos SM_1 a SM_n pueden mantenerse tal como están.

60 La unidad de determinación 130 agrupa los submódulos SM_1 a SM_n en un grupo de submódulo de estado activado (SM) y un grupo de submódulo de desactivado (SM) basado en la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ en cada uno de los submódulos SM_1 a SM_s en una entrada de grupo de submódulo desde la unidad de entrada 110 e información de estado de activación/desactivación $g(t-\Delta t)$ en cada uno de los submódulos restantes (ns) excluyendo los submódulos s SM_1 a SM_s recibidos de la memoria 120.

Como se muestra en la Figura 8a, es posible identificar el estado de activación/desactivación de cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n a través de la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y $g(t-\Delta t)$ en cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n. El hecho de que cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n tenga un estado activado puede significar que un interruptor en cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n está activado, y el hecho de que cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n está desactivado puede significar que un interruptor en cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n está desactivado.

Por lo tanto, cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n que tienen un estado activado puede agruparse como el grupo SM en estado activado basado en la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y $g(t-\Delta t)$ de cada uno de los grupos de submódulos SM₁ a SM_n.

Del mismo modo, cada uno de los submódulos SM₁ a SM_n que están en estado desactivado puede agruparse como el grupo SM en estado desactivado en función de la información de estado de activación/desactivación $g(t)$ y $g(t-\Delta t)$ de cada uno de los grupos de submódulos SM₁ a SM_n, como se muestra en la Figura 8b.

A diferencia de la descripción anterior, los submódulos SM₁ a SM_n pueden agruparse primero en el grupo SM en estado y en el grupo SM en estado activado y luego es posible aplicar la información de peso $V_{\text{virtual}}(t)$ transmitida desde la unidad de cálculo de peso 140 a los voltajes del submódulo $V_{\text{sm}}(t)$ y $V_{\text{sm}}(t-\Delta t)$ de cada uno de los submódulos en un grupo de submódulos correspondiente, pero la modalidad no está limitada a los mismos.

La unidad de determinación 130 determina un submódulo SM en estado activado (mín) que tiene un voltaje mínimo del submódulo y un submódulo SM en estado activado (máx) que tiene un voltaje máximo de submódulo entre los voltajes de submódulo $V_{\text{sm}}(t)$ y $V_{\text{sm}}(t-\Delta t)$ de la pluralidad de submódulos en el grupo SM en estado activado.

Si, como se muestra en la Figura 8a, los voltajes del submódulo $V_{\text{sm}}(t)$ y $V_{\text{sm}}(t-\Delta t)$ de la pluralidad de submódulos en el grupo SM en estado activado son 3 V, 3 V, 6 V, 5 V, 1 V, ..., 4 V, 5 V, 9 V, respectivamente, 1 V se convierte en el voltaje mínimo y 9 V se convierte en el voltaje máximo, por lo que el submódulo que tiene 1 V puede determinarse como un submódulo de SM en estado activado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo en el grupo SM en estado activado y el submódulo que tiene 9V puede determinarse como un submódulo SM en estado activado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado activado.

Del mismo modo, la unidad de determinación 130 determina un submódulo SM en estado desactivado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo y un submódulo SM en estado activado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo entre los voltajes del submódulo de la pluralidad de submódulos en el grupo SM en estado desactivado.

Si como se muestra en la Figura 8b, los voltajes del submódulo $V_{\text{sm}}(t)$ y $V_{\text{sm}}(t-\Delta t)$ de la pluralidad de submódulos en el grupo SM en estado desactivado son 4 V, 7 V, 2 V, 2 V, 4 V, ..., 8 V, 1 V, 4 V, respectivamente, 1 V se convierte en el voltaje mínimo y 8V se convierte en el voltaje máximo, y por lo tanto el submódulo que tiene 1 V puede determinarse como un submódulo SM en estado desactivado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo en el grupo SM en estado desactivado y el submódulo que tiene 8 V puede determinarse como un submódulo SM en estado desactivado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado desactivado.

El submódulo SM en estado activado determinado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo y el submódulo SM en estado activado (máx) que tiene un voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado activado y el submódulo SM en estado activado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo y el submódulo SM en estado desactivado (máx.) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado desactivado se transmiten a la unidad de transición de estado 160.

La unidad de cálculo de diferencia 150 compara el voltaje de referencia $V_{\text{ref}}(t)$ transmitido desde la unidad de control 10 con el voltaje del brazo $V_{\text{brazo}}(t)$ transmitido desde el módulo de brazo 20 para calcular un valor de diferencia $\text{Diff}(t)$.

El voltaje del brazo $V_{\text{brazo}}(t)$ puede transmitirse, por ejemplo, desde el módulo de brazo 20 a la unidad de cálculo de diferencia 15 a través de la unidad de entrada 110, pero no está limitado al mismo.

Por ejemplo, es posible restar el voltaje del brazo $V_{\text{brazo}}(t)$ del voltaje de referencia $V_{\text{ref}}(t)$ para calcular el valor de diferencia $\text{Diff}(t)$.

Por ejemplo, si el voltaje de referencia $V_{\text{ref}}(t)$ es mayor que el voltaje del brazo $V_{\text{brazo}}(t)$, se puede calcular un valor de diferencia positivo (+) $\text{Diff}(t)$. El valor de diferencia positivo (+) $\text{Diff}(t)$ puede significar que un submódulo específico que está actualmente en un estado desactivado está activado para tener un estado activado. Por ejemplo, en el caso en el que el interruptor de un submódulo específico está actualmente desactivado, el interruptor del submódulo específico puede activarse si el valor de diferencia $\text{Diff}(t)$ es positivo (+).

Por ejemplo, si el voltaje de referencia $V_{\text{ref}}(t)$ es menor que el voltaje del brazo $V_{\text{brazo}}(t)$, se puede calcular un valor de diferencia negativo (-) $\text{Diff}(t)$. El valor de diferencia negativa (-) $\text{Diff}(t)$ puede significar que un submódulo específico

que actualmente tiene un estado activado está inactivo para estar en un estado desactivado. Por ejemplo, en el caso en que el interruptor de un submódulo específico está actualmente activado, el interruptor del submódulo específico puede desactivarse si el valor de diferencia $\text{Diff}(t)$ es negativo (-).

5 Por otro lado, en el caso en el que se calcula el valor de diferencia positivo (+) $\text{Diff}(t)$, un módulo específico que tiene actualmente un estado activado puede desactivarse para estar en un estado desactivado, y en el caso donde el negativo (-) se calcula el valor de diferencia $\text{Diff}(t)$, un módulo específico que está actualmente en un estado desactivado puede activarse para tener un estado activado.

10 La unidad de transición de estado 160 recibe la corriente del brazo $i_{\text{brazo}}(t)$ que se transmite desde el módulo de brazo 20, y el valor de diferencia $\text{Diff}(t)$ que se transmite desde la unidad de cálculo de diferencia 150. La corriente del brazo $i_{\text{brazo}}(t)$ puede transmitirse, por ejemplo, desde el módulo de brazo 20 a la unidad de transición de estado 160 a través de la unidad de entrada 110, pero no está limitada al mismo.

15 Además, la unidad de transición de estado 160 recibe el submódulo SM en estado activado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo y el submódulo SM en estado activado (máx) que tiene el submódulo SM en estado activado en el grupo SM en estado activado y el submódulo SM en estado desactivado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo y el submódulo SM en estado desactivado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado desactivado que se transmiten desde la unidad de determinación 130.

20 La unidad de transición de estado 160 puede cambiar, en función del valor de diferencia $\text{Diff}(t)$ y la corriente del brazo $i_{\text{brazo}}(t)$, el estado de al menos un submódulo SM en estado activado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo y el submódulo SM en estado activado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado activado y el submódulo SM en estado desactivado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo y el submódulo SM en estado desactivado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado desactivado que se transmite desde la unidad de determinación 130.

25 Las Figuras 9a a 9f muestran cómo cambiar los estados de los submódulos que tienen voltajes de capacitor mínimos/máximos encontrados por cada grupo de estados.

30 En las Figuras 9a a 9f, el hecho de que la corriente del brazo $i_{\text{brazo}}(t)$ sea mayor que 0 puede significar que es una corriente directa, y el hecho de que la corriente del brazo $i_{\text{brazo}}(t)$ sea menor que 0 puede significar que es una corriente de retroceso. En otras palabras, el hecho de que la corriente del brazo $i_{\text{brazo}}(t)$ sea mayor que 0 puede significar que está cargada en un submódulo, y el hecho de que la corriente del brazo $i_{\text{brazo}}(t)$ es menor que 0 puede significar que el submódulo está descargado.

35 Las Figuras 9a a 9c muestran un estado en el que un submódulo se carga como una corriente positiva, y las Figuras 9d a 9f muestran un estado en el que el submódulo se descarga como una corriente de retroceso.

40 Como se muestra en la Figura 9a, en el caso en que tanto el valor de diferencia $\text{Diff}(t)$ como la corriente del brazo $i_{\text{brazo}}(t)$ son mayores que 0, la unidad de transición de estado 160 puede cambiar, del estado desactivado al estado activado, el submódulo SM en estado desactivado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo en el grupo SM en estado desactivado entre el submódulo SM en estado activado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo y el submódulo SM en estado activado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado activado y el submódulo SM en estado desactivado (mín) que tienen el voltaje mínimo del submódulo y el submódulo que tiene el voltaje máximo del submódulo SM en estado activado (máx) en el grupo SM en estado desactivado. Por lo tanto, aunque un interruptor en el submódulo SM en estado desactivado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo en el grupo SM en estado desactivado está, en principio, desactivado, un interruptor correspondiente puede activarse porque el submódulo correspondiente se ha cambiado al estado de activado.

50 Como se muestra en la Figura 9b, en el caso en que el valor de diferencia $\text{Diff}(t)$ es menor que 0 y la corriente del brazo $i_{\text{brazo}}(t)$ es mayor que 0, la unidad de transición de estado 160 puede cambiar, del estado activado al estado desactivado, el submódulo SM en estado activado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado activado entre el submódulo SM en estado activado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo y el submódulo SM en estado activado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado activado y el submódulo SM en estado desactivado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo y el submódulo SM en estado desactivado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado desactivado. Por lo tanto, aunque un interruptor en el submódulo SM en estado activado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado activado está, en principio, activado, un interruptor correspondiente puede desactivarse porque se ha desconectado un submódulo correspondiente cambiado al estado desactivado.

60 Como se muestra en la Figura 9c, en el caso en que el valor de diferencia $\text{Diff}(t)$ es 0 y la corriente del brazo $i_{\text{brazo}}(t)$ es mayor que 0, la unidad de transición de estado 160 puede cambiar, del estado activado al estado desactivado, el submódulo SM en estado activado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado activado y cambia, del estado desactivado al estado activado, el submódulo SM en estado desactivado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo en el grupo SM en estado desactivado.

Como se muestra en la Figura 9d, en el caso en que el valor de diferencia $\text{Diff}(t)$ es mayor que 0 y la corriente del brazo (t) es menor que 0, la unidad de transición de estado 160 puede cambiar, del estado desactivado al estado activado, el submódulo que tiene el voltaje máximo del submódulo SM en estado desactivado (máx) en el grupo SM en estado desactivado entre el submódulo que tiene el voltaje mínimo del submódulo SM en estado activado (mín) y el submódulo SM en estado activado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado activado y el submódulo SM en estado desactivado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo y el submódulo que tiene el voltaje máximo del submódulo SM en estado desactivado (máx) en el grupo SM en estado desactivado. Por lo tanto, aunque un interruptor en el submódulo que tiene el voltaje máximo del submódulo SM en estado desactivado (máx) en el grupo SM en estado desactivado está, en principio, desactivado, un interruptor correspondiente puede activarse porque el submódulo correspondiente se ha cambiado al estado de activado.

Como se muestra en la Figura 9e, en el caso en que tanto el valor de diferencia $\text{Diff}(t)$ como la corriente del brazo (t) es menor que 0, la unidad de transición de estado 160 puede cambiar, del estado activado al estado desactivado, el submódulo que tiene el voltaje mínimo del submódulo SM en estado activado (mín) en el grupo SM en estado activado entre el submódulo que tiene el voltaje mínimo del submódulo SM en estado activado (mín) y el submódulo que tiene SM en estado activado (máx) el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado activado y el submódulo SM en estado desactivado (mín) que tiene el voltaje mínimo del submódulo y el submódulo que tiene el voltaje máximo del submódulo SM en estado desactivado (máx) en el grupo SM en estado desactivado. Por lo tanto, aunque un interruptor en el submódulo SM en estado activado (máx) que tiene el voltaje máximo del submódulo en el grupo SM en estado activado, en principio, se enciende, un interruptor correspondiente puede desactivarse porque el submódulo correspondiente se ha cambiado al estado desactivado.

Como se muestra en la Figura 9f, en el caso en que el valor de diferencia $\text{Diff}(t)$ es 9 y la corriente del brazo (t) es menor que 0, la unidad de transición de estado 160 puede cambiar, del estado indicado al estado desactivado, el submódulo tiene el voltaje mínimo del submódulo SM en estado activado (mín) en el grupo SM en estado activado y cambia, del estado desactivado al estado activado, el submódulo tiene el voltaje máximo del submódulo SM en estado desactivado (máx) en el grupo SM en estado desactivado.

Los números n , m y s pueden ser números naturales.

Como se describió anteriormente, dado que la información de peso $V_{\text{virtual}}(t)$ se aplica a los voltajes del submódulo $V_{\text{sm}}(t)$ y $V_{\text{sm}}(t-\Delta t)$ de cada uno de los submódulos SM_1 a SM_n para mantener uniformemente las frecuencias de conmutación entre los submódulos SM_1 a SM_n en el módulo de brazo 20, las modalidades pueden mejorar la fiabilidad de un producto mediante la extensión de la vida útil de cada uno de los submódulos SM_1 a SM_n y de la vida útil del interruptor de cada uno de los submódulos SM_1 a SM_n .

Por lo tanto, la descripción detallada no debe interpretarse como limitativa en todos los aspectos y debe considerarse ejemplar. El alcance de la presente descripción debe definirse por la comprensión razonable de las siguientes reivindicaciones y todos los cambios que caen dentro del alcance equivalente de la presente descripción se incluyen en el alcance de la presente descripción.

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar el equilibrio de voltaje de un convertor modular de múltiples niveles, el método comprende:

5 recibir, por una unidad de entrada (110), información de estado sobre cada uno de los n submódulos en un módulo de brazo (20 a 25);

agrupar, por la unidad de entrada (110), los n submódulos en m grupos de submódulos;

10 recibir, por una unidad de determinación (130), la primera información de estado sobre cada uno de los submódulos en un primer grupo de m submódulos, entre la información de estado recibida sobre cada uno de los n submódulos;

recibir, por la unidad de determinación (130), la segunda información de estado sobre cada uno de los submódulos no incluidos en el primer grupo de submódulos, entre información de estado sobre cada uno de los n submódulos previamente almacenados en una memoria (120); determinar, mediante la unidad de determinación (130), control de conmutación de un submódulo utilizando la primera información de estado y la segunda información de estado; y

15 actualizar la memoria (120) con la primera información de estado,

repetir las etapas anteriores m veces, una vez para cada grupo de submódulos, de modo que se forma ciclos, la información de estado en cada uno de los submódulos en cada uno de los grupos de m submódulos sea recibida una vez por la unidad de determinación (130) o la memoria (120).
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada una de la primera y segunda información de estado comprende información de estado de activación/desactivación ($g(t)$, $g(t-\Delta t)$) y un voltaje del submódulo ($V_{sm}(t)$, $(V_{sm}(t-\Delta t))$).
- 25 3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además calcular información de peso ($V_{virtual}(t)$) en cada uno de los n submódulos basándose en la información de estado en cada uno de los n submódulos.
4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el control de la conmutación del submódulo comprende aplicar la información de peso ($V_{virtual}(t)$) al voltaje del submódulo ($V_{sm}(t)$) en la primera información de estado y el voltaje del submódulo ($V_{sm}(t-Lt)$) en la segunda información de estado.
- 30 5. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la información de peso ($V_{sm}(t-\Delta t)$) comprende un valor de voltaje positivo, un valor de voltaje negativo, y/o, en donde el valor de voltaje se suma y resta del voltaje del submódulo ($V_{sm}(t)$) en la primera información de estado y el voltaje del submódulo ($(V_{sm}(t-\Delta t))$) en la segunda información de estado.
- 35 6. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el control de la conmutación del submódulo comprende además:

40 agrupar, los n submódulos a los que se aplica el peso, en un grupo de submódulos en estado activado y un grupo de submódulos en estado desactivado; y determinar un submódulo SM en estado activado (mín) que tiene un voltaje mínimo del submódulo y un submódulo SM en estado activado (máx) que tiene un voltaje máximo del submódulo entre submódulos en el grupo de submódulos de estado activado y un submódulo SM en estado activado (mín) que tiene un voltaje mínimo del submódulo y un submódulo SM en estado activado (máx) que tiene un voltaje máximo del submódulo entre submódulos en el grupo de submódulos en estado desactivado.
- 45 7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la agrupación de los n submódulos a los que se aplica el peso comprende determinar en base a la información de estado de activación/desactivación ($g(t)$) si cada uno de los n submódulos a los que se aplica el peso tiene un estado activado o desactivado, para permitir que los submódulos se incluyan en el grupo de submódulos de estado activado o el grupo de submódulos de estado desactivado.
- 50 8. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la información de estado en cada uno de los submódulos en los grupos de m submódulos se recibe durante m ciclos.
- 55 9. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además cambiar, en base a información de valor de diferencia y una corriente del brazo del módulo de brazo, un estado de al menos uno de un submódulo SM en estado activado (mín) que tiene un voltaje mínimo del submódulo y un submódulo que tiene un SM en estado activado (máximo) un voltaje máximo del submódulo en el grupo de submódulos y un submódulo SM en estado activado (mínimo) que tiene un voltaje mínimo del submódulo (máximo) que tiene un voltaje máximo del submódulo entre submódulos en el grupo de submódulos en estado desactivado.
- 60 10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en donde la información del valor de diferencia es un valor de diferencia entre un voltaje de referencia transmitido desde una unidad de control y el voltaje del brazo del módulo del brazo.
- 65

11. Un conversor modular de múltiples niveles que comprende:
 una unidad de entrada (110) configurada en un primer ciclo para recibir información de estado en cada uno de los n submódulos desde el módulo de brazo para agrupar los n submódulos en m grupos de submódulos;
 una memoria (120) configurada en un primer ciclo para actualizar la primera información de estado en cada uno de los submódulos en un primer grupo de m submódulos; y
 una unidad de determinación (130) configurada en un primer ciclo para:
 recibir la primera información de estado en cada uno de los submódulos en uno de los grupos de m submódulos,
 recibir segunda información de estado en cada uno de los submódulos no incluidos en el primer grupo de submódulos, entre información de estado en cada uno de los n submódulos previamente almacenados en la memoria (120), y
 determinar el control de conmutación de un submódulo utilizando la primera información de estado y la segunda información de estado,
 en donde la unidad de entrada (110), la memoria (120) y la unidad de determinación (130) están configuradas para repetir las etapas anteriores m veces, una vez para cada grupo de submódulos, de modo que para m ciclos, la información de estado en cada uno de los submódulos en cada uno de los grupos de m submódulos son recibidos una vez por la unidad de determinación (130) o la memoria (120).
12. El conversor modular de múltiples niveles de acuerdo con la reivindicación 11, en donde cada una de las primera y segunda informaciones de estado comprende información de estado de activación/desactivación ($g(t)$, $g(t-\Delta t)$) y un voltaje del submódulo ($V_{sm}(t)$, $(V_{sm}(t-\Delta t))$), y además comprende:
 una unidad de cálculo de peso (140) configurada para calcular la información de peso ($V_{virtual}(t)$) en cada uno de los n submódulos, en base a la información de estado en cada uno de los n submódulos.
13. El conversor modular de múltiples niveles de acuerdo con la reivindicación 12, en donde la información de peso ($V_{virtual}(t)$) comprende un valor de voltaje positivo, un valor de voltaje negativo y/o,
 en donde la unidad de determinación (130) suma y resta el valor de voltaje a y del voltaje del submódulo en la primera información de estado y el voltaje del submódulo en la segunda información de estado, y determina en base a la información de estado de activación/desactivación si cada uno de los submódulos a los que se aplica el peso tienen un estado activado o desactivado, para permitir que los submódulos se incluyan en un grupo de submódulos de estado activado o un grupo de submódulos de estado desactivado.
14. El conversor modular de múltiples niveles de acuerdo con la reivindicación 13, en donde la unidad de determinación (130) agrupa, en base a un resultado de la determinación, los n submódulos a los que se aplica el peso, en el grupo de submódulos de estado activado y el grupo de submódulos de estado desactivado, y determina un submódulo SM en estado activado (mín) que tiene un voltaje mínimo del submódulo y un submódulo SM en estado activado (máx) que tiene un voltaje máximo del submódulo entre submódulos en el grupo de submódulos en estado activado y un submódulo SM en estado activado (mín) que tiene un voltaje mínimo del submódulo y un submódulo SM en estado activado (máx) que tiene un voltaje máximo del submódulo entre submódulos en el grupo de submódulos de estado desactivado.

Figura 1

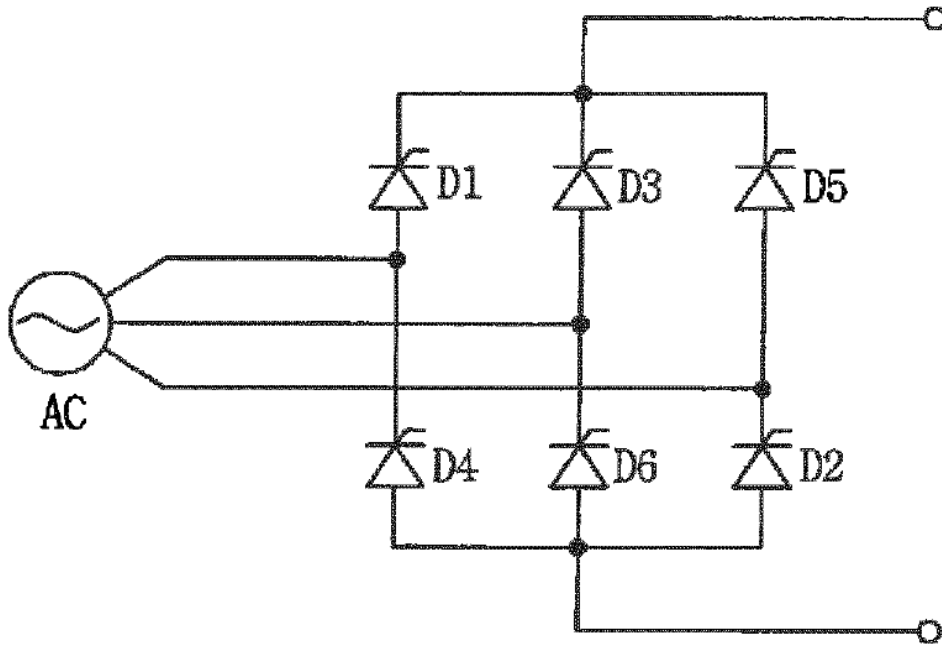


Figura 2

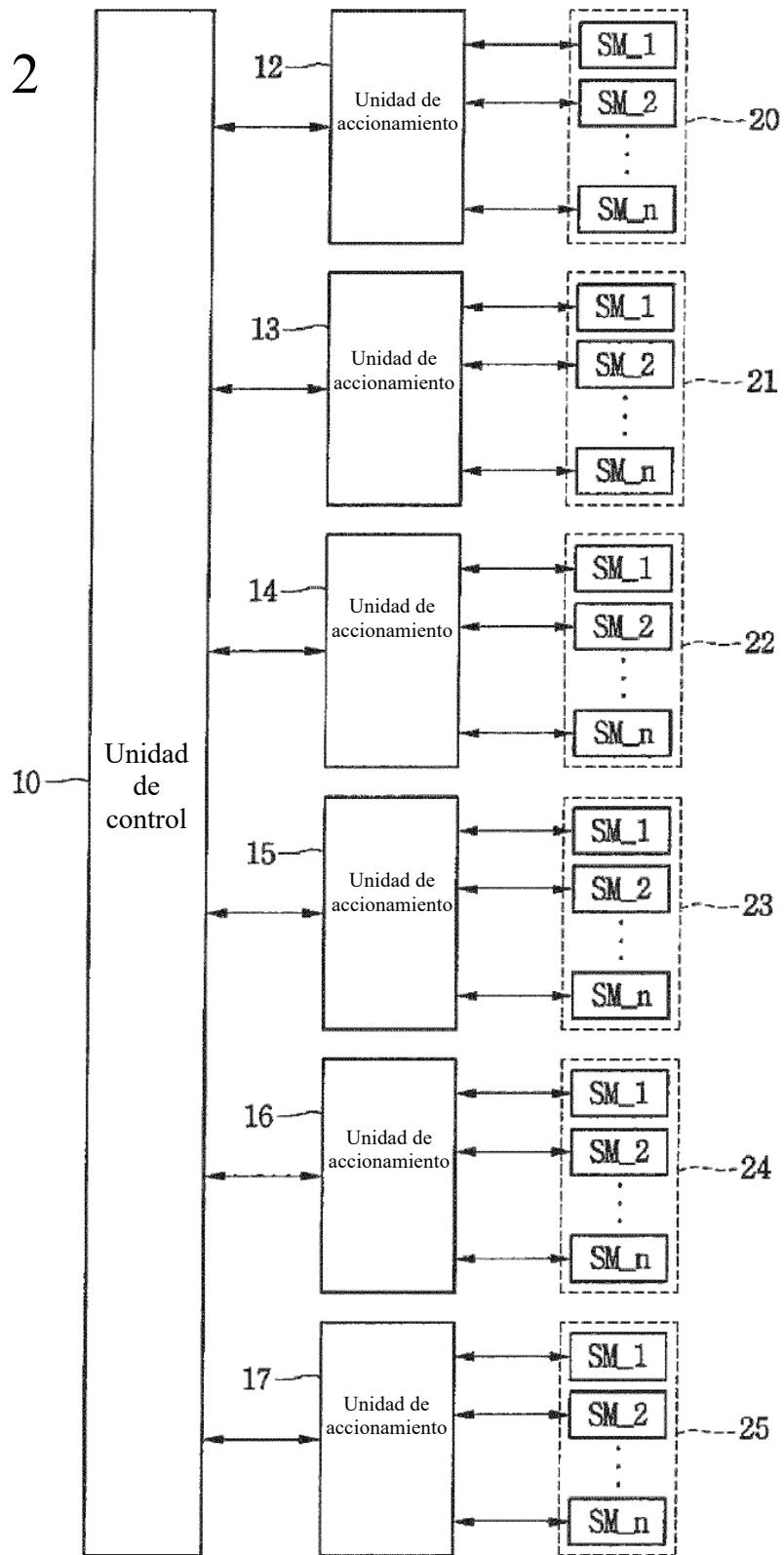


Figura 3

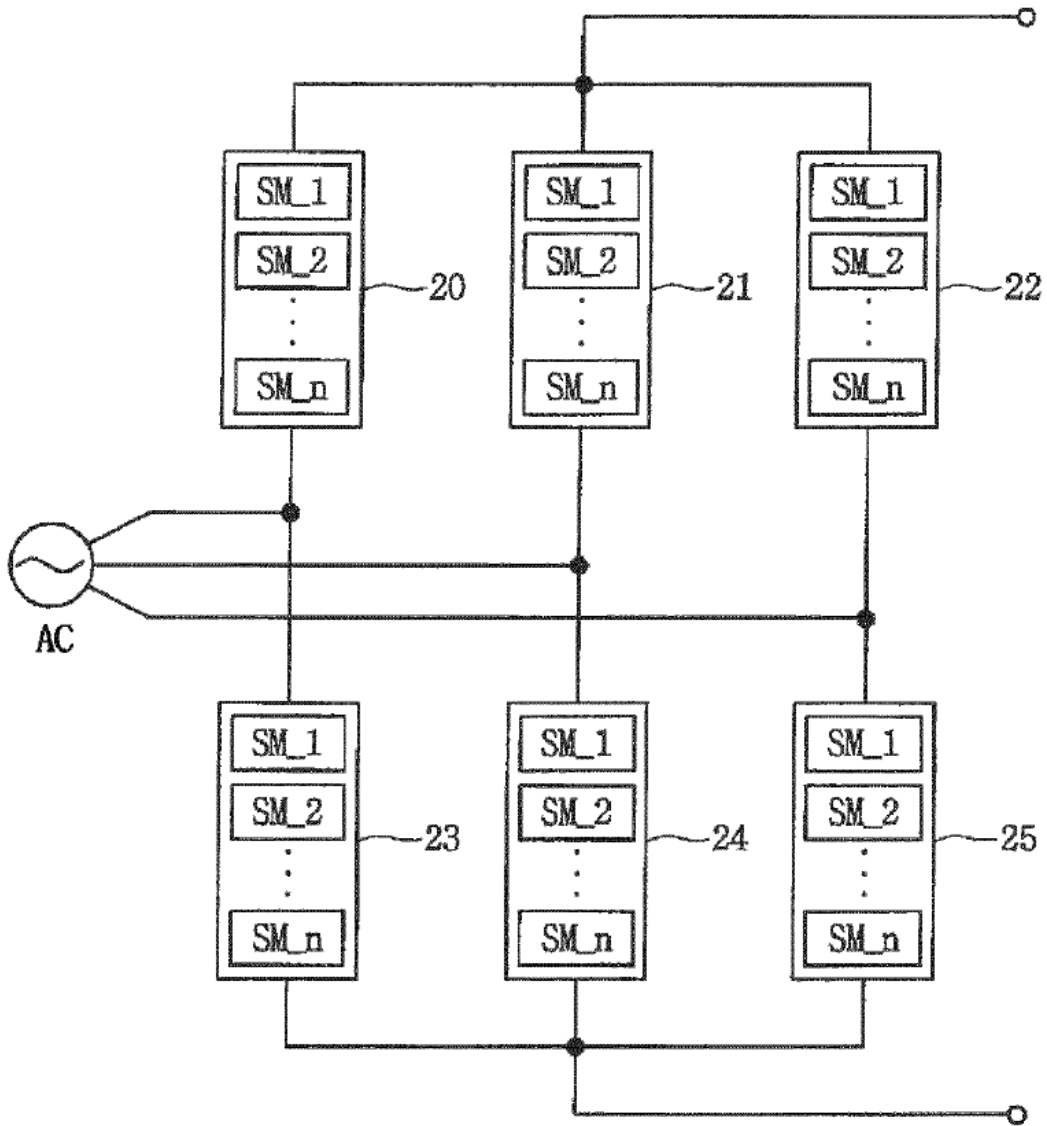
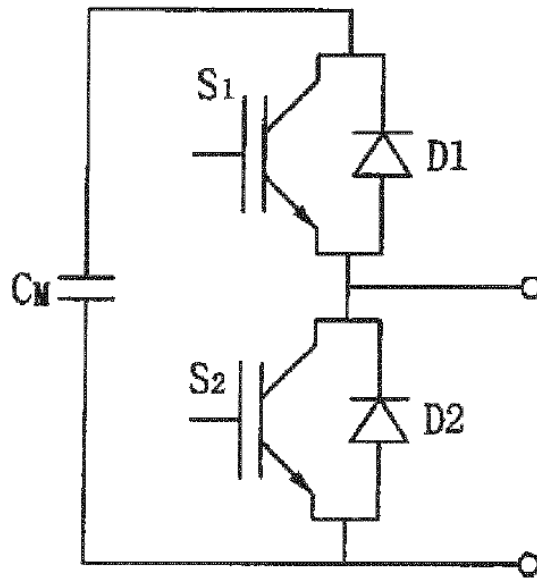
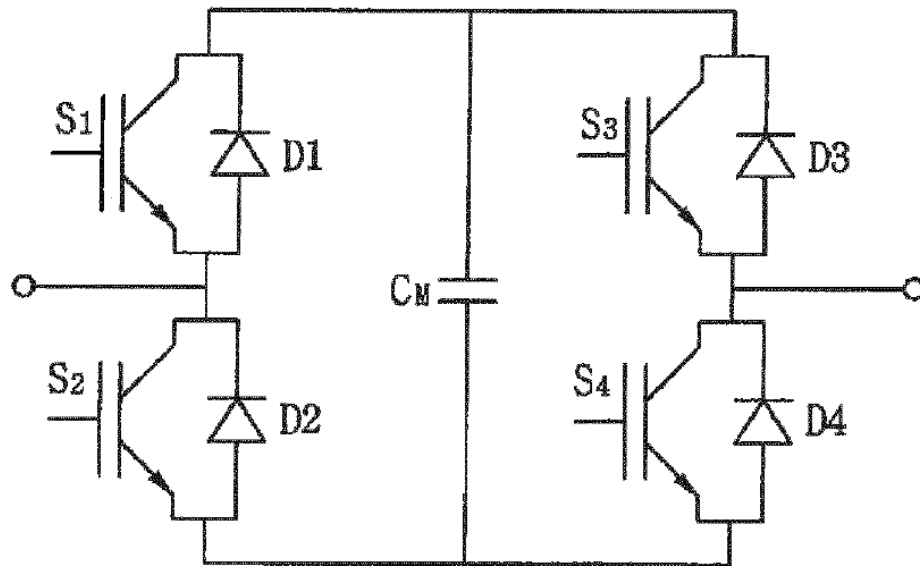


Figura 4



(a)



(b)

Figura 5

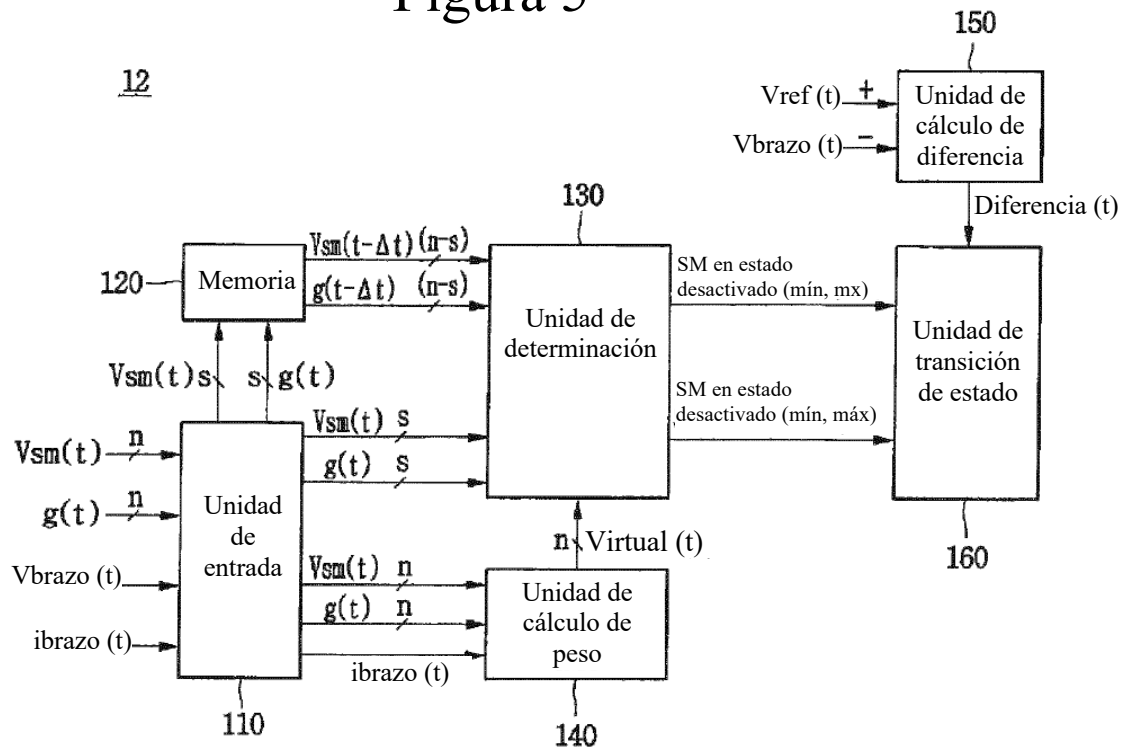


Figura 6

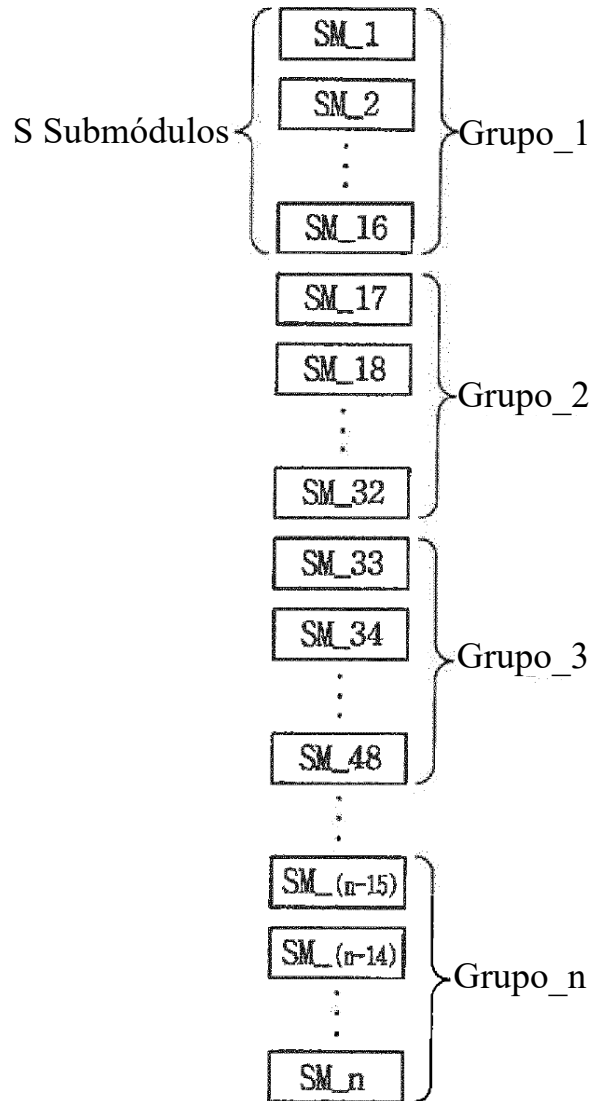


Figura 7

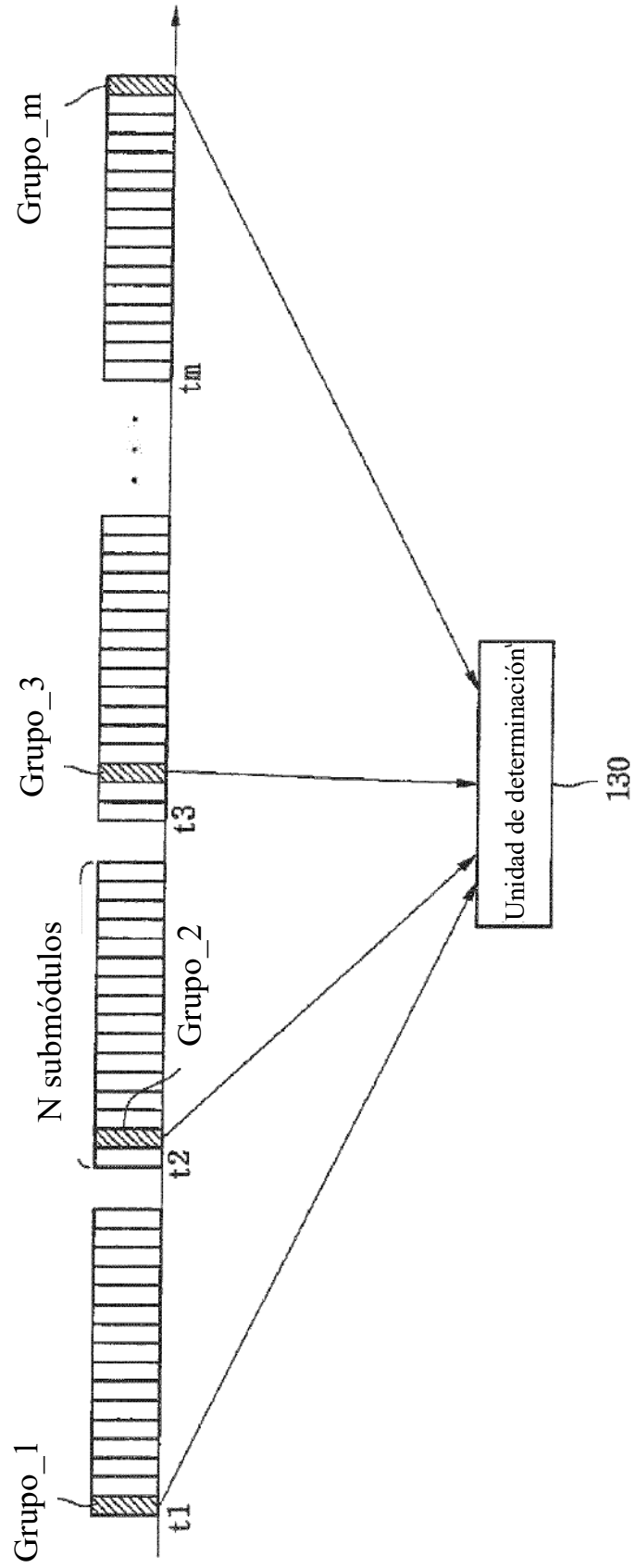


Figura 8A

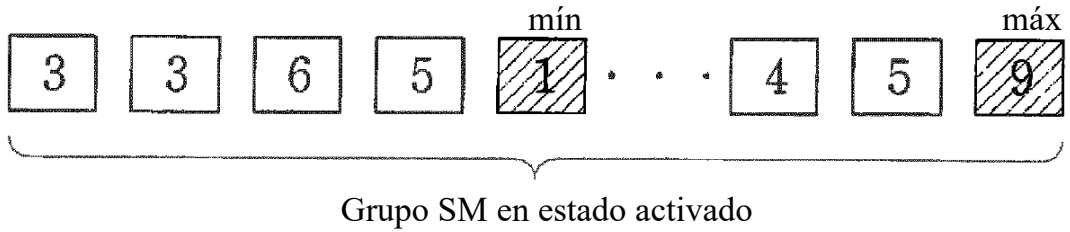


Figura 8B

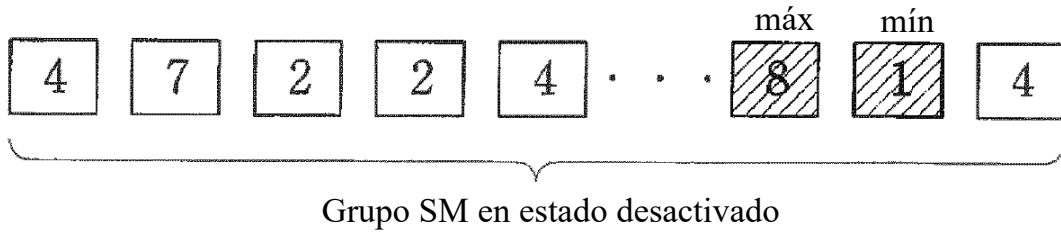


Figura 9

