

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 998 334**

51 Int. Cl.:

**H02M 3/335** (2006.01)

**H02M 1/00** (2006.01)

**H02M 3/00** (2006.01)

**H02J 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.04.2021 PCT/CN2021/089402**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2022 WO22222147**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2021 E 21904632 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2024 EP 4102708**

54 Título: **Procedimiento y aparato de control de convertidor y medio de almacenamiento legible**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.02.2025**

73 Titular/es:

**CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY  
(HONG KONG) LIMITED (100.00%)  
Level 19, China Building 29 Queen's Road Central  
Central, Central And Western District, HK**

72 Inventor/es:

**GAO, JINFENG;  
LIN, GUIYING;  
HE, WEICHEN;  
DAN, ZHIMIN;  
HANG, LIJUN;  
HE, YUANBIN;  
CHEN, KE y  
LIAO, JIARUI**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 998 334 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato de control de convertidor y medio de almacenamiento legible

### 5 SECTOR TÉCNICO

Esta solicitud se refiere al campo de las tecnologías de control de circuitos y, en particular, a un procedimiento de control de convertidor, un aparato de control de convertidor y un medio de almacenamiento legible.

### 10 ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

15 Un convertidor incluye una pluralidad de tubos de conmutación. El convertidor convierte el voltaje controlando el encendido o apagado de los tubos de conmutación. Para implementar el control de estabilización de voltaje, los convertidores suelen estar provistos de unidades de control de estabilización de voltaje para una salida de voltaje estable.

En la técnica anterior, el control de estabilización de voltaje se implementa controlando intermitentemente el encendido o apagado de los tubos de conmutación. Sin embargo, en este procedimiento de control, la precisión del control es deficiente y la eficiencia del control de estabilización de voltaje no es ideal.

20 El documento CN 112087140 A describe un convertidor CC-CC de resonancia de dos etapas de conmutación automática multimodo de eficiencia mejorada. Este convertidor conocido comprende un circuito de conversión y un circuito de control. El circuito de control comprende un módulo de muestreo de voltaje, un módulo PWM, un módulo PFM/PSM, un módulo de lógica de control y un módulo de accionamiento. Este convertidor conocido combina los tres modos de control de PFM, PSM y PWM.

25 El documento WO 2021071708 A1 describe aspectos de un control de modulación híbrido para convertidores de CC a CA. En particular, describe un procedimiento implementado por ordenador para generar una forma de onda, que comprende determinar un patrón de modulación híbrido que separa el control de activación de conmutación en una pluralidad de zonas de control para un semiciclo de la forma de onda, en el que una primera zona de control controla una pluralidad de conmutadores de acuerdo con una primera técnica de modulación y una segunda zona de control controla la pluralidad de conmutadores de acuerdo con una segunda técnica de modulación; y controlar una pluralidad de conmutadores de un convertidor resonante de acuerdo con el patrón de modulación híbrido para generar la forma de onda.

30 WOO-YOUNG CHOI ET AL: "A hybrid switching scheme for LLC series-resonant half-bridge dc-dc converter in a wide load range", APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION (APEC), 2010 VIGÉSIMO QUINTA REUNIÓN ANUAL DEL IEEE, IEEE, PISCATAWAY, NJ, EE. UU., 21 de febrero de 2010 (21-02-2010), páginas 1494-1497, XP031649628, describe un esquema de conmutación híbrido para un convertidor CC-CC de medio puente resonante en serie LLC (SRHB). Este concepto conocido del esquema de conmutación híbrido propuesto cambia el modo de conmutación para mejorar la eficiencia energética en un amplio intervalo de cargas. El convertidor SRHB conocido funciona en tres modos de conmutación diferentes según la condición de carga de salida. El control digital del sistema facilita la implementación del esquema de conmutación híbrido propuesto.

### 45 CARACTERÍSTICAS

Esta solicitud tiene por objeto dar a conocer un procedimiento de control de convertidor, un aparato de control de convertidor y un medio de almacenamiento legible para implementar un control de estabilización de voltaje eficiente y de alta precisión.

50 Según un primer aspecto, esta solicitud da a conocer un procedimiento de control de convertidor con las características de la reivindicación independiente 1.

55 En la técnica anterior, el control intermitente existente es un control de bucle abierto, lo que conduce a una precisión de control deficiente. Comparativamente, en esta solicitud, el valor de salida del control de bucle cerrado en tiempo real se determina en función del voltaje de entrada en tiempo real y el voltaje de salida en tiempo real, y el control de bucle cerrado del tubo de conmutación se implementa en función del valor de salida del control de bucle cerrado en tiempo real. Esto mejora la precisión del control en comparación con el control de bucle abierto. Además, se implementa una conmutación sin interrupciones entre las al menos tres estrategias de control preestablecidas en función del valor de salida del control de bucle cerrado en tiempo real, de modo que se puede generar un voltaje estable cuando cambia una carga. Una estrategia de control correspondiente al control de bucle cerrado es simple (por ejemplo, no se impone un requisito alto en la selección de un umbral de onda de conmutación para el tubo de conmutación) y la eficiencia del control de estabilización de voltaje es alta, implementando así un control de estabilización de voltaje eficiente.

65

Según un segundo aspecto, esta solicitud da a conocer un aparato de control de convertidor con las características de la reivindicación independiente 2.

5 En la técnica anterior, el control intermitente existente es un control de bucle abierto, lo que conduce a una precisión de control deficiente. Comparativamente, en esta solicitud, el valor de salida del control de bucle cerrado en tiempo real se determina en función del voltaje de entrada en tiempo real y el voltaje de salida en tiempo real, y el control de bucle cerrado del tubo de conmutación se implementa en función del valor de salida del control de bucle cerrado en tiempo real. Esto mejora la precisión del control en comparación con el control de bucle abierto. Además, se implementa una conmutación sin interrupciones entre las al menos tres estrategias de control preestablecidas en función del valor de salida del control de bucle cerrado en tiempo real, de modo que se puede generar un voltaje estable cuando cambia una carga. Una estrategia de control correspondiente al control de bucle cerrado es simple (por ejemplo, no se impone un requisito alto en la selección de un umbral de onda de conmutación para el tubo de conmutación) y la eficiencia del control de estabilización de voltaje es alta, implementando así un control de estabilización de voltaje eficiente.

15 Según un tercer aspecto, esta solicitud da a conocer un medio de almacenamiento legible por ordenador con las características de la reivindicación independiente 3.

20 En la técnica anterior, el control intermitente existente es un control de bucle abierto, lo que conduce a una precisión de control deficiente. Comparativamente, en esta solicitud, el valor de salida del control de bucle cerrado en tiempo real se determina en función del voltaje de entrada en tiempo real y el voltaje de salida en tiempo real, y el control de bucle cerrado del tubo de conmutación se implementa en función del valor de salida del control de bucle cerrado en tiempo real. Esto mejora la precisión del control en comparación con el control de bucle abierto. Además, se implementa una conmutación sin interrupciones entre las al menos tres estrategias de control preestablecidas en función del valor de salida del control de bucle cerrado en tiempo real, de modo que se puede generar un voltaje estable cuando cambia una carga. Una estrategia de control correspondiente al control de bucle cerrado es simple (por ejemplo, no se impone un requisito alto en la selección de un umbral de onda de conmutación para el tubo de conmutación) y la eficiencia del control de estabilización de voltaje es alta, implementando así un control de estabilización de voltaje eficiente.

### 30 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

35 Para describir las soluciones técnicas en las realizaciones de esta solicitud con mayor claridad, a continuación, se describen brevemente los dibujos adjuntos necesarios para describir las realizaciones de esta solicitud. Como se apreciará, los dibujos adjuntos en la siguiente descripción muestran solo algunas realizaciones de esta solicitud, y un experto en la materia aún puede obtener otros dibujos de los dibujos adjuntos sin realizar esfuerzos creativos.

40 La Figura 1 es un diagrama esquemático de una relación de conexión entre un convertidor y un controlador dado a conocer en una realización de esta solicitud;

45 La Figura 2 es un diagrama de flujo de un procedimiento de control de convertidor divulgado en una realización de esta solicitud; y

La Figura 3 es un diagrama de bloques estructural de módulos funcionales de un aparato de control de convertidor dado a conocer en una realización de esta solicitud.

En los dibujos adjuntos, las figuras no se dibujan a escala.

### 50 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

55 A continuación, se describen más en detalle las realizaciones de esta solicitud con referencia a los dibujos e implementaciones que la acompañan. La descripción detallada y los dibujos adjuntos de las siguientes realizaciones se utilizan para ilustrar a modo de ejemplo el principio de esta solicitud, pero no pueden destinarse a limitar el alcance de esta solicitud, es decir, esta solicitud no se limita a las realizaciones descritas.

60 En las descripciones de esta solicitud, debe entenderse que, a menos que se especifique otra cosa, "pluralidad de" significa más de dos; orientaciones o relaciones de posición indicadas con los términos "arriba", "abajo", "izquierda", "derecha", "interior", "abajo", "izquierda", "derecha", "dentro", "y "en el interior". "exterior", y similares, se limitan a simplificar la descripción de esta solicitud con un el fin de tener una descripción fácil, en lugar de indicar o dar a entender que un aparato o una pieza debe tener una dirección particular o debe ser construido y operado en una orientación particular. Por lo tanto, esto no se interpretará como ninguna limitación de esta solicitud. Además, los términos "primero", "segundo", "tercero", y similares están destinados solamente a un propósito de descripción, y no se entenderán como una indicación o implicación de importancia relativa. "Vertical" no es estrictamente vertical, sino dentro del intervalo de error permisible. "Paralelo" no es estrictamente paralelo, sino dentro del intervalo de error permisible.

Los términos de orientación que aparecen en la siguiente descripción son todas las direcciones mostradas en las figuras, y no limitan la estructura específica de la solicitud. En las descripciones de esta solicitud, también debe notarse que, a menos que se especifique y defina explícitamente lo contrario, los términos "montado", "interconectado" y "conectado" deben interpretarse de manera amplia, por ejemplo, pueden estar conectados de manera fija, o conectados de manera desmontable, o conectados integralmente, o pueden estar conectados directamente, o conectados indirectamente a través de un medio intermedio. Un experto en la materia podrá entender los significados específicos de estos términos en esta solicitud basándose en las situaciones específicas.

Un procedimiento de control de convertidor proporcionado en una realización de esta solicitud puede aplicarse a un controlador de convertidor. Para facilitar la comprensión, la Figura 1 es un diagrama esquemático de un convertidor y un controlador. El controlador incluye un módulo de muestreo de voltaje, un controlador de bucle cerrado y un módulo de control de tubo de conmutación. El convertidor incluye un tubo de conmutación. Diferentes convertidores tienen tubos de conmutación con diferentes cantidades y modos de conexión. El convertidor puede ser un controlador de conversión resonante aislado (es decir, un convertidor CLLLC) o un controlador de puente completo desfasado, es decir, un convertidor PSHB (puente de fase).

El convertidor puede aplicarse a varios dispositivos de carga para convertir señales transmitidas por fuentes de señal (por ejemplo, baterías) de los dispositivos de carga. Los dispositivos de carga, por ejemplo, pueden ser pilas de carga de corriente continua, pilas de carga inteligentes o similares.

El módulo de muestreo de voltaje está conectado al convertidor y está configurado para recolectar un voltaje de entrada en tiempo real y un voltaje de salida en tiempo real del convertidor. El controlador de bucle cerrado está conectado al módulo de muestreo de voltaje y está configurado para determinar una estrategia de control de bucle cerrado. El módulo de control del tubo de conmutación está conectado al controlador de bucle cerrado y al tubo de conmutación del convertidor por separado y está configurado para controlar el tubo de conmutación en función de la estrategia de control de bucle cerrado determinada por el controlador de bucle cerrado. El módulo de control del tubo de conmutación puede entenderse como un accionamiento del convertidor.

En esta realización de esta solicitud, el controlador de bucle cerrado es un controlador PID (Proportion Integration Differentiation, controlador proporcional-integral-derivativo). El controlador PID incluye una unidad proporcional P, una unidad integral I y una unidad derivativa D. Un algoritmo de control de bucle cerrado correspondiente al controlador PID es un algoritmo de control PID.

Con base en la introducción anterior a un escenario de aplicación, la Figura 2 es un diagrama de flujo de un procedimiento de control de convertidor proporcionado en una realización de esta solicitud. El procedimiento de control incluye las siguientes etapas.

Etapas 210: Obtener un voltaje de entrada en tiempo real y un voltaje de salida en tiempo real de un convertidor.

Etapas 220: Determinar un valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real correspondiente del convertidor con base en el voltaje de entrada en tiempo real y el voltaje de salida en tiempo real utilizando un algoritmo de control de bucle cerrado preestablecido.

Etapas 230: Determinar una estrategia de control en tiempo real de un tubo de conmutación a partir de al menos tres estrategias de control preestablecidas en función del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real.

Etapas 240: Control del tubo de conmutación en función de la estrategia de control en tiempo real.

En la técnica anterior, el control intermitente existente es un control de bucle abierto, lo que conduce a una precisión de control deficiente. Comparativamente, en esta realización de esta solicitud, se determina un valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real en función de un voltaje de entrada en tiempo real y un voltaje de salida en tiempo real, y se implementa un control de bucle cerrado de un tubo de conmutación en función del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real. Esto mejora la precisión del control en comparación con el control de bucle abierto. Además, se implementa una conmutación sin interrupciones entre al menos tres estrategias de control preestablecidas en función del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real, de modo que se pueda emitir un voltaje estable cuando cambia una carga. Una estrategia de control correspondiente al control de bucle cerrado es simple (por ejemplo, no se impone un requisito alto en la selección de un umbral de onda de conmutación para el tubo de conmutación) y la eficiencia del control de estabilización de voltaje es alta, implementando así un control de estabilización de voltaje eficiente.

A continuación, se presenta una implementación detallada de la Etapa 210 a la Etapa 240.

En la Etapa 210, un controlador puede obtener el voltaje de entrada en tiempo real y el voltaje de salida en tiempo real del convertidor mediante el uso de un módulo de muestreo de voltaje. El voltaje de salida en tiempo real puede ser un voltaje de muestreo en un lado de salida del convertidor, y el voltaje de entrada en tiempo real puede ser un voltaje de referencia en un lado de entrada del convertidor.

5 En la Etapa 220, el controlador puede calcular el voltaje de entrada en tiempo real y el voltaje de salida en tiempo real mediante el uso de un algoritmo de control de bucle cerrado incorporado (es decir, un algoritmo de control de bucle cerrado preestablecido) en un controlador de bucle cerrado para determinar el valor de salida del control de bucle cerrado en tiempo real.

10 Se puede entender que, diferentes controladores de bucle cerrado corresponden a diferentes algoritmos de control de bucle cerrado. Por ejemplo, un controlador de bucle cerrado PID corresponde a un algoritmo de control PID. En esta realización de esta solicitud, si se utiliza el algoritmo de control PID, una dimensión del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real finalmente determinado es el tiempo, y se define como PID.out en este documento.

15 En la etapa 230, las al menos tres estrategias de control preestablecidas incluyen al menos tres de una estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos, una estrategia de control de modulación por ancho de pulsos, una estrategia de control de modulación por densidad de pulsos y una estrategia de control de modulación por fase de pulsos.

20 La estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos también se conoce como estrategia de control PFM (modulación por frecuencia de pulsos). Esta estrategia de control puede cambiar una ganancia de salida del convertidor ajustando una frecuencia de conmutación del tubo de conmutación, donde la ganancia de salida = voltaje de salida en tiempo real/voltaje de entrada en tiempo real. Una frecuencia de conmutación más alta produce una ganancia de salida menor. Por lo tanto, cuando se modula la frecuencia de conmutación, la ganancia de salida cambia en consecuencia y el voltaje de salida en tiempo real también cambia en consecuencia.

25 La estrategia de control de modulación por ancho de pulsos también se conoce como estrategia de control PWM (modulación por ancho de pulso). Esta estrategia de control puede disminuir un voltaje de salida ajustando un ciclo de trabajo de salida de pulsos. En esta estrategia de control, la frecuencia de conmutación puede ser fija y el ciclo de trabajo puede estar dentro de un intervalo fijo.

30 La estrategia de control de modulación por densidad de pulsos también se conoce como estrategia de control PDM (modulación por densidad de pulsos). Esta estrategia de control puede ajustar (disminuir) aún más el voltaje de salida ajustando una densidad de salida de pulsos, donde la densidad de salida de pulsos puede entenderse como una cantidad de salidas de pulsos. En esta estrategia de control, la frecuencia de conmutación puede ser fija y el ciclo de trabajo puede ser un valor fijo.

35 La estrategia de control de modulación por fase de pulsos también se conoce como estrategia de control PPM (modulación por fase de pulsos). Esta estrategia de control puede cambiar la ganancia de salida ajustando un ángulo de desfase entre dos patas del convertidor. Un ángulo de desfase mayor produce una ganancia de salida menor. En esta estrategia de control, el ciclo de trabajo puede ser fijo.

40 En esta realización de esta solicitud, al menos tres de las cuatro estrategias de control anteriores se conmutan de manera flexible y suave en función del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real para implementar un control de estabilización de voltaje eficiente y de alta precisión.

45 Se puede aprender de las introducciones a las estrategias de control que diferentes estrategias de control corresponden a diferentes modos de control de parámetros. Por lo tanto, en una implementación opcional, la etapa 240 incluye: modular un parámetro del tubo de conmutación en función de la estrategia de control en tiempo real, donde el parámetro del tubo de conmutación incluye al menos un parámetro de una frecuencia de conmutación, un ciclo de trabajo y un ángulo de desfase.

50 Se puede entender que diferentes convertidores tienen diferentes estructuras de circuito. Por lo tanto, diferentes convertidores tienen diferentes implementaciones de determinación de una estrategia de control y diferentes implementaciones de la estrategia de control. En esta realización de esta solicitud, se presentan por separado una forma de determinar la estrategia de control (es decir, la implementación de la Etapa 230) y una implementación de la estrategia de control (es decir, la implementación de la Etapa 240) para un convertidor de corriente continua resonante aislado y un convertidor de puente completo desfasado.

55 En una implementación opcional que no está explícitamente abarcada por la redacción de las reivindicaciones, el convertidor es un convertidor de corriente continua resonante aislado. En este caso, la Etapa 230 incluye: si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es mayor o igual que un primer valor preestablecido, determinar la estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos como la estrategia de control en tiempo real; si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es menor que el primer valor preestablecido y mayor que un segundo valor preestablecido, determinar la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos como la estrategia de control en tiempo real, donde el primer valor preestablecido es mayor que el segundo valor preestablecido; o si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es menor o igual que el segundo valor preestablecido, determinar la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos como la estrategia de control en tiempo real.

- 5 El primer valor preestablecido puede ser un ciclo mínimo (que es un recíproco de una frecuencia de conmutación máxima) para el control de accionamiento por parte del módulo de control del tubo de conmutación. Se puede entender que, debido a una limitación en una condición de hardware, una frecuencia de conmutación del tubo de conmutación no puede ser infinita. Hay un valor máximo. En la aplicación real, el primer valor preestablecido puede determinarse en función del hardware (por ejemplo, un circuito de control de hardware o un tubo de conmutación). En esta realización de esta solicitud no se limita un valor específico. En este caso, el primer valor preestablecido puede definirse como  $T_{min}$ .
- 10 El primer valor preestablecido es mayor que el segundo valor preestablecido. En una implementación opcional, el segundo valor preestablecido puede ser  $A \times T_{min}$ . Un valor de A varía de 0 a 1. Por ejemplo, el valor de A puede ser 0,2. En la aplicación real, un valor específico de A puede determinarse en función del hardware. Esto no está limitado en esta realización de esta solicitud.
- 15 En este caso, para el convertidor de corriente continua resonante aislado, cuando varía el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real, las tres estrategias de control, la estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos, la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos y la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos, se conmutan suavemente. Esto puede garantizar una salida de voltaje estable cuando cambia una carga. Por ejemplo, la estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos se utiliza primero para ajustar un voltaje de salida. Luego, cuando se necesita disminuir aún más el voltaje de salida, se utiliza la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos para disminuir el voltaje de salida. Finalmente, cuando se necesita apagar una onda, se utiliza la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos para apagar la onda. En un proceso de control completo, el voltaje de salida cambia suavemente.
- 20
- 25 Por ejemplo, cuando PID.out es mayor o igual a  $T_{min}$ , el módulo de control del tubo de conmutación utiliza la estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos para controlar el tubo de conmutación; cuando PID.out es menor que  $T_{min}$  y mayor que  $A \times T_{min}$ , el módulo de control del tubo de conmutación utiliza la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos para controlar el tubo de conmutación; y cuando PID.out es menor o igual que  $A \times T_{min}$ , el módulo de control del tubo de conmutación utiliza la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos para controlar el tubo de conmutación.
- 30
- 35 Cuando la estrategia de control en tiempo real es la estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos, la Etapa 240 incluye: modular una frecuencia de conmutación del tubo de conmutación a un recíproco del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real; y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a un primer ciclo de trabajo preestablecido.
- 40 El primer ciclo de trabajo preestablecido puede establecerse en función de un escenario de aplicación real. Esto no está limitado en esta realización de esta solicitud. Por ejemplo, el primer ciclo de trabajo preestablecido puede ser del 50 %.
- 45 En consecuencia, la frecuencia de conmutación del tubo de conmutación es  $1/T_{min}$ . La frecuencia de conmutación puede entenderse como la frecuencia de conmutación máxima.
- Se puede aprender que, en la estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos, el voltaje de salida se puede ajustar modulando la frecuencia de conmutación y fijando el ciclo de trabajo. Una frecuencia de conmutación más alta produce una ganancia menor.
- 50 Cuando la estrategia de control en tiempo real es la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos, la etapa 240 incluye: modular una frecuencia de conmutación del tubo de conmutación a un recíproco del primer valor preestablecido; y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación en función del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real y el primer valor preestablecido.
- 55 La relación entre el ciclo de trabajo, el valor de salida del control de bucle cerrado en tiempo real y el primer valor preestablecido puede ser: ciclo de trabajo =  $(PID.out \times B) / T_{min}$ . El valor de B varía de 0 a 1. Por ejemplo, el valor de A puede ser 0,5. En la aplicación real, el valor de B puede determinarse en función de un intervalo de valores del ciclo de trabajo del tubo de conmutación. El intervalo de valores del ciclo de trabajo puede estar sujeto a una forma de onda de prueba real. En esta realización de esta solicitud, el intervalo de valores del ciclo de trabajo puede ser del 10 % al 50 %. Cuando un valor del ciclo de trabajo es inferior al 10 %, no se puede activar un circuito de hardware del convertidor de corriente continua resonante aislado.
- 60 En consecuencia, la frecuencia de conmutación del tubo de conmutación es  $1/T_{min}$ .
- 65 En esta estrategia de control, cuando la frecuencia de conmutación del tubo de conmutación es fija, un ciclo de trabajo más pequeño produce un voltaje de salida más bajo. Como resultado, se puede reducir el voltaje de salida.

5 Cuando la estrategia de control en tiempo real es la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos, la Etapa 240 incluye: si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es igual al segundo valor preestablecido, modular una frecuencia de conmutación del tubo de conmutación a un recíproco del primer valor preestablecido, y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a un segundo ciclo de trabajo preestablecido; o si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es menor que el segundo valor preestablecido, modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a 0.

10 El segundo ciclo de trabajo preestablecido puede ser un ciclo de trabajo mínimo que puede hacer que el convertidor se encienda. Por ejemplo, el segundo ciclo de trabajo preestablecido puede ser del 10 %. En consecuencia, la frecuencia de conmutación del tubo de conmutación es  $1/T_{\min}$ .

15 En la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos, existen dos casos. En un caso,  $PID.out$  es igual a  $A \times T_{\min}$ . En este caso, la frecuencia de conmutación del tubo de conmutación se modula a la frecuencia de conmutación máxima y el segundo ciclo de trabajo preestablecido garantiza que el convertidor se pueda encender. Esto puede reducir el voltaje de salida. En el otro caso,  $PID.out$  es menor que  $A \times T_{\min}$ . En este caso, el ciclo de trabajo puede controlarse para que sea 0, es decir, una onda se apaga directamente. Esto puede hacer que el voltaje de salida disminuya continuamente. El controlador continúa tomando una decisión. Por ejemplo, el controlador puede usar nuevamente la estrategia de control de modulación por frecuencia de pulso.

20 La estrategia de control de modulación por densidad de pulsos puede entenderse como cambiar una densidad de salida de pulsos, es decir, cambiar una cantidad de salidas de pulso. Cuando la frecuencia de conmutación y el ciclo de trabajo son fijos, una cantidad menor de salidas de pulso produce un voltaje de salida más bajo. Esto puede ajustar el voltaje de salida.

25 Para las tres estrategias de control anteriores, cuando se necesita disminuir el voltaje de salida, el controlador generalmente usa primero la estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos. Cuando la frecuencia de conmutación alcanza la frecuencia máxima de conmutación, la frecuencia de conmutación se fija en la frecuencia máxima de conmutación. Ahora se utiliza la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos. Cuando el ciclo de trabajo alcanza el valor mínimo (el segundo ciclo de trabajo preestablecido), la frecuencia de conmutación fija es la frecuencia máxima de conmutación y el ciclo de trabajo fijo es el valor mínimo. Se utiliza la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos.

35 En la aplicación real, por ejemplo, se supone que el convertidor se aplica a una pila de carga de corriente continua. Cuando la pila de carga de corriente continua carga un vehículo eléctrico, primero se debe realizar una prueba de aislamiento. En esta condición de trabajo, la pila de carga de corriente continua comienza sin carga. Generalmente, el voltaje de salida más bajo es 250 V. En este caso, la estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos se puede utilizar primero para aumentar la frecuencia de conmutación a la frecuencia máxima (por ejemplo, 390 kHz) y mantener la frecuencia de conmutación en la frecuencia máxima para obtener una ganancia de salida mínima de la pila de carga de corriente continua. Sin embargo, el voltaje de referencia (es decir, el voltaje en el lado de entrada) es menor que un voltaje de muestreo real (es decir, un voltaje en el lado de salida). La pila de carga de corriente continua puede determinar, en función del valor de salida de control de bucle cerrado, utilizar la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos y la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos para reducir aún más el voltaje. Esto implementa una modulación mixta para satisfacer un requisito de voltaje de salida más bajo de 250 V para un dispositivo.

45 Por lo tanto, cuando el convertidor de corriente continua resonante aislado tiene un voltaje de salida bajo o una carga ligera, por ejemplo, cuando la pila de carga de corriente continua está cargando un vehículo, a un voltaje de batería bajo o al final de la carga, se puede utilizar una estrategia de control mixta que incluye modulación por frecuencia de pulsos, modulación por ancho de pulsos y modulación por densidad de pulsos para implementar una salida de voltaje estable.

50 En otra implementación, el convertidor es un convertidor de puente completo desfasado. En este caso, la Etapa 230 incluye: si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es menor que un tercer valor preestablecido, determinar la estrategia de control de modulación por fase de pulsos como la estrategia de control en tiempo real; si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es mayor que el tercer valor preestablecido, determinar la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos como la estrategia de control en tiempo real; o si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real y el tercer valor preestablecido satisfacen una relación preestablecida, determinar la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos como la estrategia de control en tiempo real.

60 El tercer valor preestablecido es un ángulo de desplazamiento de fase máximo de un tubo de conmutación del convertidor de puente completo desfasado. Se supone que el tercer valor preestablecido se define como  $PSH_{\max}$ , que puede representarse por un ángulo de desplazamiento de fase correspondiente al pulso  $T_{\text{prd}}/2$ , donde  $T_{\text{prd}}$  es un ciclo de forma de onda de pulso y es un valor fijo. Por lo tanto, un valor específico del tercer valor preestablecido depende del circuito de control de hardware y del tubo de conmutación. El valor específico no está limitado en esta realización de esta solicitud.

5 En una implementación opcional, cuando se utiliza la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos,  $T_{prd}/2 - (PID.out - PSH_{max})$  es menor o igual que  $(C \times T_{prd})$ . Por lo tanto, la relación preestablecida se puede representar como PID.out igual o mayor que  $(T_{prd}/2 - C \times T_{prd} + PSH_{max})$ . Se puede preestablecer un valor de C en función de una situación de circuito de hardware real, y varía de 0 a 1. Según la presente invención, el valor de C es 0,1.

10 Por ejemplo, cuando un valor de PID.out es menor que  $PSH_{max}$  (el ángulo de desplazamiento de fase máximo), se utiliza la estrategia de control de modulación por fase de pulsos; cuando el valor de PID.out es mayor que  $PSH_{max}$ , se utiliza la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos; y cuando  $PID.out = T_{prd}/2 - C \times T_{prd} + PSH_{max}$ , se utiliza la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos.

15 Se puede aprender que, para el convertidor de puente completo desfasado, cuando el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real varía, las tres estrategias de control, la estrategia de control de modulación por fase de pulso, la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos y la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos, se conmutan suavemente. Esto puede garantizar una salida de voltaje estable cuando cambia una carga. Por ejemplo, la estrategia de control de modulación por fase de pulso se utiliza primero para ajustar el voltaje de salida. Luego, cuando se necesita disminuir aún más el voltaje de salida, se utiliza la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos para disminuir el voltaje de salida. Finalmente, cuando se necesita apagar una onda, se utiliza la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos para apagar la onda. En un proceso de control completo, el voltaje de salida cambia suavemente.

20 Si la estrategia de control en tiempo real es la estrategia de control de modulación por fase de pulsos, la Etapa 240 incluye: ajustar un ángulo de desplazamiento de fase de una forma de onda de pulso entre dos patas del convertidor de puente completo desfasado, modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a un tercer ciclo de trabajo preestablecido y modular una frecuencia de conmutación del tubo de conmutación a una frecuencia preestablecida.

25 El tercer ciclo de trabajo preestablecido puede ser un ciclo de trabajo máximo del tubo de conmutación, por ejemplo, 50 %. La frecuencia preestablecida puede ser una frecuencia de conmutación máxima del tubo de conmutación u otra frecuencia. En la aplicación real, el tercer ciclo de trabajo preestablecido y la frecuencia preestablecida pueden determinarse en función de un escenario de aplicación específico (por ejemplo, con referencia a una situación de forma de onda real). Esto no está limitado en esta realización de esta solicitud.

30 En la estrategia de control de modulación por fase de pulsos, la ganancia de salida se cambia ajustando el ángulo de desfase entre dos patas del convertidor de puente completo desfasado. Un ángulo de desfase mayor produce una ganancia de salida menor.

35 Durante la modulación por ángulo de desfase, el ángulo de desfase puede aumentarse gradualmente. Cuando el ángulo de desfase aumenta, PID.out cambia en consecuencia y el controlador puede cambiar la estrategia de control del tubo de conmutación en consecuencia. Por lo tanto, puede que no sea necesario establecer un valor objetivo de modulación por ángulo de desfase en la modulación por ángulo de desfase.

40 Si la estrategia de control en tiempo real es la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos, la Etapa 240 incluye: ajustar un ángulo de desfase de una forma de onda de pulso entre dos patas del convertidor de puente completo desfasado a un tercer valor preestablecido; y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación en función del tercer valor preestablecido y el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real.

45 El tercer valor preestablecido es  $PSH_{max}$  (es decir, el ángulo de desfase máximo) introducido en la realización anterior. Un procedimiento de modulación por ciclo de trabajo puede ser modular el ciclo de trabajo a  $T_{prd}/2 - (PID.out - PSH_{max})$ .

50 Durante la modulación por ciclo de trabajo, de manera similar al convertidor de corriente continua resonante aislado, es posible que un circuito de hardware del convertidor de puente completo desfasado no se pueda activar cuando el ciclo de trabajo es menor que el ciclo de trabajo mínimo. Por lo tanto, se requiere que  $T_{prd}/2 - (PID.out - PSH_{max})$  sea mayor que el ciclo de trabajo mínimo.

55 En la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos, el voltaje de salida se ajusta ajustando el ciclo de trabajo de salida de pulsos. Cuando el ángulo de desfase se fija en el ángulo de desfase máximo, un ciclo de trabajo más pequeño produce un voltaje de salida más bajo. El ciclo de trabajo se puede ajustar en un intervalo de 10 % a 50 %.

60 Si la estrategia de control en tiempo real es la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos, la Etapa 240 incluye: ajustar un ángulo de desfase de una forma de onda de pulso entre dos patas del convertidor de puente completo desfasado al tercer valor preestablecido, y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a un cuarto ciclo de trabajo preestablecido; o modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a 0.

65 El cuarto ciclo de trabajo preestablecido puede ser el ciclo de trabajo mínimo en la realización anterior.

Si  $T_{prd}/2 - (PID.out - PSH_{max})$  es igual a  $(C \times T_{prd})$ , el ángulo de desfase puede fijarse en  $PSH_{max}$  y el ciclo de trabajo puede fijarse en el cuarto ciclo de trabajo preestablecido. Si  $T_{prd}/2 - (PID.out - PSH_{max})$  es menor que  $(C \times T_{prd})$ , el ciclo de trabajo puede modularse a 0, es decir, una onda se apaga directamente. Esto puede hacer que el voltaje de salida disminuya continuamente. El controlador continúa determinando el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real para cambiar la estrategia de control nuevamente.

En la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos, el ángulo de desfase puede ajustarse y el ciclo de trabajo puede fijarse, es decir, la onda no se apaga. Alternativamente, el ciclo de trabajo puede modularse a 0, es decir, la onda se apaga. Un procedimiento de modulación es cambiar una densidad de salida de pulsos, lo que puede entenderse como cambiar una cantidad de salidas de pulsos. Cuando la frecuencia de conmutación y el ciclo de trabajo son fijos, una cantidad menor de salidas de pulsos produce un voltaje de salida más bajo. Esto puede controlar el voltaje de salida.

Por lo tanto, en esta realización de esta solicitud, además de la estrategia de control mixta anterior, se utiliza una estrategia de control mixta que incluye modulación por fase de pulso, modulación por ancho de pulsos y modulación por densidad de pulsos para implementar la salida de estabilización de voltaje.

Un módulo de obtención 310 está configurado para obtener un voltaje de entrada en tiempo real y un voltaje de salida en tiempo real del convertidor. Un módulo de control 320 está configurado para determinar un valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real correspondiente al convertidor en función del voltaje de entrada en tiempo real, el voltaje de salida en tiempo real y un algoritmo de control de bucle cerrado preestablecido, determinar una estrategia de control en tiempo real de un tubo de conmutación a partir de al menos tres estrategias de control preestablecidas en función del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real y controlar el tubo de conmutación en función de la estrategia de control en tiempo real.

En esta realización de esta solicitud, el módulo de control 320 está configurado específicamente para: si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es mayor o igual que un primer valor preestablecido, determinar una estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos como la estrategia de control en tiempo real; si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es menor que el primer valor preestablecido y mayor que un segundo valor preestablecido, determinar una estrategia de control de modulación por ancho de pulsos como la estrategia de control en tiempo real, donde el primer valor preestablecido es mayor que el segundo valor preestablecido; o si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es menor o igual que el segundo valor preestablecido, determinar una estrategia de control de modulación por densidad de pulsos como la estrategia de control en tiempo real.

En esta realización de esta solicitud, el módulo de control 320 está configurado específicamente, además, para: modular una frecuencia de conmutación del tubo de conmutación a un recíproco del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real; y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a un primer ciclo de trabajo preestablecido.

En esta realización de esta solicitud, el módulo de control 320 está configurado, además, específicamente para: modular una frecuencia de conmutación del tubo de conmutación a un recíproco del primer valor preestablecido; y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación en función del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real y el primer valor preestablecido.

En esta realización de esta solicitud, el módulo de control 320 está configurado, además, específicamente para: si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es igual al segundo valor preestablecido, modular una frecuencia de conmutación del tubo de conmutación a un recíproco del primer valor preestablecido, y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a un segundo ciclo de trabajo preestablecido; o si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es menor que el segundo valor preestablecido, modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a 0.

En esta realización de esta solicitud, el módulo de control 320 está configurado, además, específicamente para: si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es menor que un tercer valor preestablecido, determinar una estrategia de control de modulación por fase de pulso como la estrategia de control en tiempo real; si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real es mayor que el tercer valor preestablecido, determinar la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos como la estrategia de control en tiempo real; o si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real y el tercer valor preestablecido satisfacen una relación preestablecida, determinar la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos como la estrategia de control en tiempo real.

En esta realización de esta solicitud, el módulo de control 320 está configurado, además, específicamente para: ajustar un ángulo de desfase de una forma de onda de pulso entre dos patas de un convertidor de puente completo desfasado; y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a un tercer ciclo de trabajo preestablecido, y modular una frecuencia de conmutación del tubo de conmutación a una frecuencia preestablecida.

5 En esta realización de esta solicitud, el módulo de control 320 está configurado, además, específicamente para: ajustar un ángulo de desfase de una forma de onda de pulso entre dos patas de un convertidor de puente completo desfasado al tercer valor preestablecido; y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación en función del tercer valor preestablecido y el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real.

10 En esta realización de esta solicitud, el módulo de control 320 está configurado, además, específicamente para: ajustar un ángulo de desfase de una forma de onda de pulso entre dos patas de un convertidor de puente completo desfasado al tercer valor preestablecido, y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a un cuarto ciclo de trabajo preestablecido; o modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a 0.

15 En esta realización de esta solicitud, el módulo de control 320 está configurado, además, específicamente para: modular un parámetro del tubo de conmutación en función de la estrategia de control en tiempo real, donde el parámetro del tubo de conmutación incluye al menos un parámetro de una frecuencia de conmutación, un ciclo de trabajo y un ángulo de desfase.

20 Un aparato de control de convertidor 300 corresponde al procedimiento de control de convertidor de la realización anterior, y sus módulos se corresponden uno a uno con las etapas del procedimiento de control de convertidor. Por lo tanto, los módulos se implementan con referencia a las implementaciones de las etapas de la realización anterior y no se repiten en el presente documento.

25 Con base en el mismo concepto inventivo, una realización de esta solicitud proporciona, además, un medio de almacenamiento legible, donde el medio de almacenamiento legible almacena un programa informático, y cuando el programa informático se ejecuta mediante un ordenador, se implementa el procedimiento de control de convertidor descrito en las realizaciones anteriores.

30 Aunque esta solicitud se ha descrito con referencia a las realizaciones preferentes, se pueden realizar varias modificaciones a esta solicitud sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

En particular, siempre que no haya ningún conflicto estructural, las diversas características técnicas mencionadas en las realizaciones se pueden combinar de cualquier manera. La presente solicitud no se limita a las realizaciones específicas dadas a conocer en esta memoria descriptiva, sino que incluye todas las soluciones técnicas que entran dentro del alcance de las reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control de convertidor para un convertidor de puente completo desfasado, en el que un convertidor comprende un tubo de conmutación y el procedimiento de control comprende:
- 5 obtener un voltaje de entrada en tiempo real y un voltaje de salida en tiempo real del convertidor mediante un módulo de obtención;
- determinar un valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real correspondiente del convertidor en función del voltaje de entrada en tiempo real y del voltaje de salida en tiempo real mediante el uso de un algoritmo de control PID de bucle cerrado preestablecido;
- 10 determinar una estrategia de control en tiempo real del tubo de conmutación a partir de al menos tres estrategias de control preestablecidas en función del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real;
- controlar el tubo de conmutación en función de la estrategia de control en tiempo real y en el que las al menos tres estrategias de control preestablecidas comprenden al menos tres de una estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos, una estrategia de control de modulación por ancho de pulsos, una
- 15 estrategia de control de modulación por densidad de pulsos y una estrategia de modulación por fase de pulso, en el que el convertidor es un convertidor de puente completo desfasado, en el que la determinación de una estrategia de control en tiempo real del tubo de conmutación del convertidor a partir de al menos tres estrategias de control preestablecidas en función del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real comprende:
- 20 si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real, PID.out, es menor que un tercer valor preestablecido, PSHmax, determinar la estrategia de control de modulación por fase de pulso como la estrategia de control en tiempo real;
- si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real, PID.out, es mayor que el tercer valor preestablecido, PSHmax, determinar la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos como la estrategia de control en tiempo real; o
- 25 si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real, PID.out, es igual o mayor que  $T_{prd}/2 - 0,1 \times T_{prd} + PSH_{max}$ , donde  $T_{prd}$  es un ciclo de forma de onda de pulso y  $PSH_{max}$  es un ángulo de desplazamiento de fase, que se representa por un ángulo de desplazamiento de fase correspondiente al pulso  $T_{prd}/2$ , determinar la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos como la estrategia de control en tiempo real, en el que controlar el tubo de conmutación en función de la estrategia de control de modulación por fase de pulso comprende:
- 30 ajustar un ángulo de desfase de una forma de onda de pulso entre dos patas del convertidor de puente completo desfasado; y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a un tercer ciclo de trabajo preestablecido, y modular una frecuencia de conmutación del tubo de conmutación a una frecuencia preestablecida; y controlar el tubo de conmutación en función de la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos comprende:
- 35 ajustar un ángulo de desfase de una forma de onda de pulso entre dos patas del convertidor de puente completo desfasado al tercer valor preestablecido, PSHmax; y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación en función del tercer valor preestablecido y del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real; y controlar el tubo de conmutación en función de la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos que comprende:
- 40 ajustar un ángulo de desfase de una forma de onda de pulso entre dos patas del convertidor de puente completo desfasado al tercer valor preestablecido, y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a un cuarto ciclo de trabajo preestablecido; o modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a 0.
- 45 2. Aparato de control de convertidor para un convertidor de puente completo desfasado, en el que el convertidor comprende un tubo de conmutación, y el aparato de control comprende:
- un módulo de obtención, configurado para obtener un voltaje de entrada en tiempo real y un voltaje de salida en tiempo real del convertidor; y un módulo de control, configurado para:
- 50 determinar un valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real correspondiente del convertidor en función del voltaje de entrada en tiempo real y el voltaje de salida en tiempo real mediante el uso de un algoritmo de control PID de bucle cerrado preestablecido; determinar una estrategia de control en tiempo real del tubo de conmutación a partir de al menos tres estrategias de control preestablecidas en función del valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real; y controlar el tubo de conmutación basándose en la estrategia de control en tiempo real, particularmente
- 55 en el que el módulo de control está configurado, además, específicamente para:
- modular un parámetro del tubo de conmutación basándose en la estrategia de control en tiempo real, en el que el parámetro del tubo de conmutación comprende al menos un parámetro de una frecuencia de conmutación, un ciclo de trabajo y un ángulo de desfase
- 60 en el que las al menos tres estrategias de control preestablecidas comprenden al menos tres de una estrategia de control de modulación por frecuencia de pulsos, una estrategia de control de modulación por ancho de pulsos, una estrategia de control de modulación por densidad de pulsos y una estrategia de control de modulación por fase de pulso, en el que el convertidor es un convertidor de puente completo desfasado en el que la determinación de una estrategia de control en tiempo real del tubo de conmutación del convertidor a partir de al menos tres estrategias de control preestablecidas basadas en el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real comprende:

- si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real, PID.out, es menor que un tercer valor preestablecido, PSHmax, determinar la estrategia de control de modulación por fase de pulso como la estrategia de control en tiempo real;
- 5 si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real, PID.out, es mayor que el tercer valor preestablecido, PSHmax, determinar la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos como la estrategia de control en tiempo real; o
- 10 si el valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real, PID.out es igual o mayor que  $T_{prd}/2 - 0,1 \times T_{prd} + PSH_{max}$ , donde  $T_{prd}$  es un ciclo de forma de onda de pulso y PSHmax es un ángulo de desfase, que se representa por un ángulo de desfase correspondiente al pulso  $T_{prd}/2$ , determinar la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos como la estrategia de control en tiempo real, en el que controlar el tubo de conmutación en función de la estrategia de control de modulación por fase de pulso comprende:
- ajustar un ángulo de desfase de una forma de onda de pulso entre dos patas del convertidor de puente completo desfasado; y
- 15 modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a un tercer ciclo de trabajo preestablecido, y modular una frecuencia de conmutación del tubo de conmutación a una frecuencia preestablecida; y
- controlar el tubo de conmutación en base a la estrategia de control de modulación por ancho de pulsos comprende:
- ajustar un ángulo de desfase de una forma de onda de pulso entre dos patas del convertidor de puente completo desfasado al tercer valor preestablecido; y
- 20 modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación en base al tercer valor preestablecido y al valor de salida de control de bucle cerrado en tiempo real; y
- controlar el tubo de conmutación en base a la estrategia de control de modulación por densidad de pulsos comprende:
- ajustar un ángulo de desfase de una forma de onda de pulso entre dos patas del convertidor de puente completo desfasado al tercer valor preestablecido, y modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a un cuarto ciclo de trabajo preestablecido; o
- 25 modular un ciclo de trabajo del tubo de conmutación a 0.

3. Medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene almacenado en él un programa informático que comprende instrucciones para hacer que el aparato de control del convertidor de la reivindicación 2 ejecute las etapas del procedimiento de la reivindicación 1.

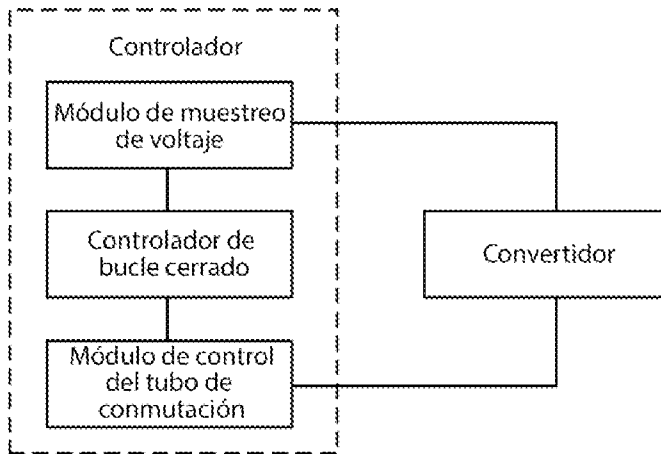


FIG. 1

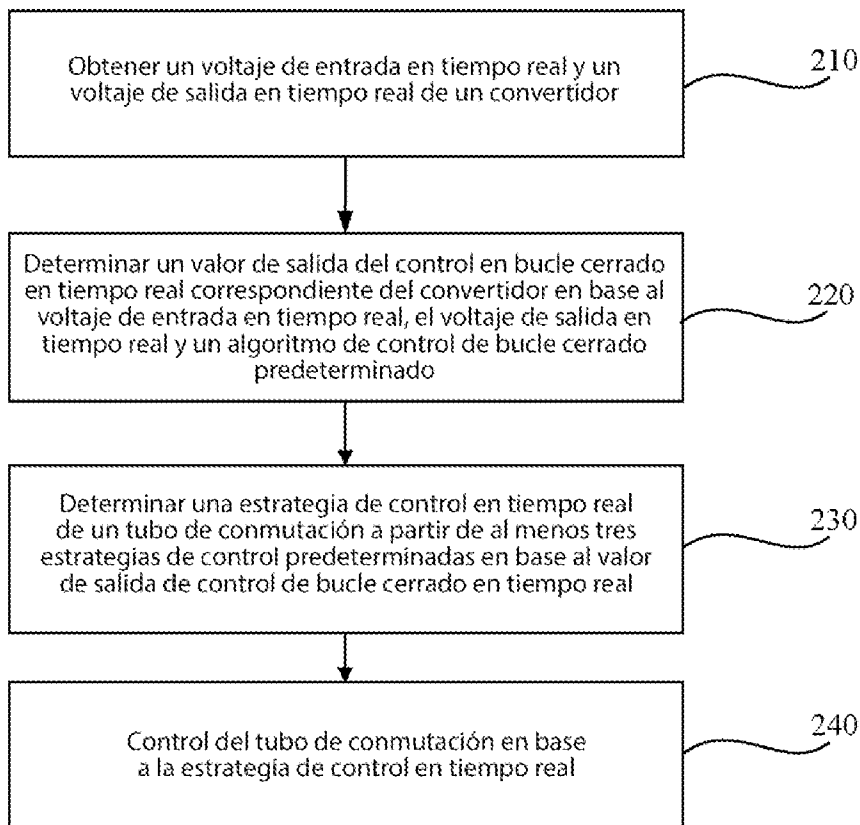


FIG. 2

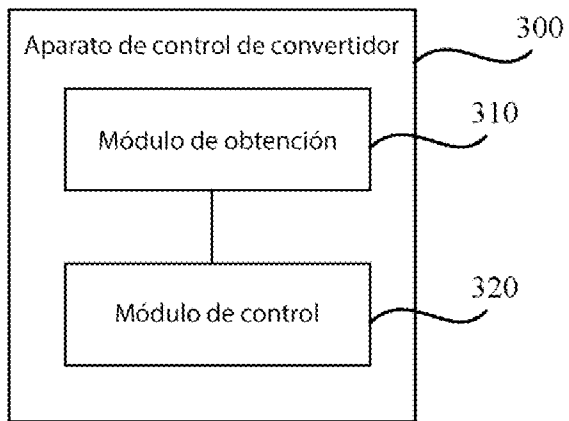


FIG. 3