

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 944 297**

51 Int. Cl.:

**H02M 1/12** (2006.01)

**H02M 7/06** (2006.01)

**H03K 17/567** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2018** **E 18214165 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2023** **EP 3506474**

54 Título: **Método y aparato de control de convertidor monofásico**

30 Prioridad:

**26.12.2017 CN 201711438629**

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

**20.06.2023**

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)**  
**Huawei Administration Building, Bantian,**  
**Longgang District**  
**Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**LIU, FANGCHENG;**  
**XIN, KAI y**  
**LIU, YUNFENG**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

**ES 2 944 297 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

Método y aparato de control de convertidor monofásico

## 5 Campo técnico

Esta solicitud se refiere al campo de las tecnologías de electrónica, y en particular, a un método y un aparato de control de convertidor monofásico.

## 10 Antecedentes

En un caso ideal, una tensión del bus del lado de corriente continua se divide por igual entre los condensadores en serie del lado de corriente continua de un convertidor monofásico. Sin embargo, en un caso real, debido a factores como un error de capacitancia o características inconsistentes de los dispositivos interruptores, existe una desviación entre las tensiones de los capacitores en un bus del lado de corriente continua. Como resultado, el potencial del punto neutro del sistema fluctúa. En otras palabras, el potencial del punto neutro del sistema está desequilibrado. Cuando el potencial del punto neutro del sistema está desequilibrado, la calidad de una forma de onda de salida se ve afectada y aumenta el estrés de la tensión en un transistor de conmutación específico, y el transistor de conmutación se daña en un caso grave. Con base en esto, se proporciona un método de control de convertidor monofásico y específicamente: la obtención de un vector de tensión de un sistema de corriente alterna monofásico; la obtención de otro vector de tensión ortogonal al vector de tensión a través de un enlace de retardo de tiempo; la conversión de los dos vectores de tensión en ondas moduladas trifásicas; la generación, con base en un método existente de Modulación de Ancho de Pulso Discontinuo (DPWM) de un sistema de corriente alterna trifásico, un componente de modo común que necesita ser inyectado en las ondas moduladas trifásicas; la realización de la superposición sobre una onda modulada inicial del sistema monofásico y el componente de modo común inyectado, para generar una onda modulada; y el control de la activación y de un estado de encendido/apagado de un dispositivo interruptor con base en la onda modulada. Sin embargo, el enlace de retardo de tiempo en el método de control de convertidor monofásico anterior aumenta el retardo del sistema, reduce la velocidad de respuesta del sistema y afecta una característica de control del sistema. Además, un convertidor monofásico de dos niveles carece de la capacidad de equilibrio del potencial del punto neutro del sistema.

El documento CN 203761293U divulga un controlador de equilibrio de potencial de punto neutro inversor de tres niveles monofásico. El inversor comprende: un lazo de control y un lazo principal, en donde el lazo principal comprende un brazo izquierdo con cuatro elementos de conmutación izquierdos y cuatro elementos de conmutación derechos. El controlador comprende: una unidad de detección de tensión/corriente y una unidad de control de impulsos.

## Resumen

40 La invención se establece mediante el conjunto de reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones de la presente invención son para proporcionar un método y aparato de control de convertidor monofásico según las reivindicaciones independientes, para mejorar la capacidad de equilibrio del potencial del punto neutro del sistema, la velocidad de respuesta del sistema y la fiabilidad del sistema.

45 En la presente invención, el sistema de control obtiene la onda modulada en modo común con base en las ondas moduladas iniciales de dos brazos puente del convertidor monofásico (a saber, la onda modulada inicial de la primera fase y la onda modulada inicial de la segunda fase). Esto puede evitar el uso de un proceso de algoritmo de una tercera fase virtual, reduciendo así un retraso de tiempo y mejorando la velocidad de respuesta del sistema y la fiabilidad del sistema. Además, el sistema de control puede ajustar la magnitud y la pendiente de cambio de un componente de modo común con base en la tensión correspondiente al nivel del bus positivo del lado de corriente continua y la tensión correspondiente al nivel del bus negativo del lado de corriente continua, y ajustar aún más un rango de tiempo de acción de un método DPWM del sistema, mejorando así la capacidad de equilibrio potencial del punto neutro del sistema.

## 55 Breve descripción de los dibujos

Para describir con mayor claridad las soluciones técnicas en las realizaciones de esta solicitud o de la técnica anterior, a continuación, se describen los dibujos acompañantes necesarios para describir las realizaciones de esta solicitud o de los antecedentes.

60 La Figura 1 es un diagrama arquitectónico esquemático de un sistema de control de convertidor monofásico divulgado en una realización de esta solicitud;

La Figura 2 es un diagrama estructural esquemático de un sistema fotovoltaico monofásico de tres niveles conectado a la red divulgado en una realización de esta solicitud;

65 La Figura 3 es un diagrama de flujo esquemático de un método de control de convertidor monofásico divulgado en una realización de esta solicitud;

La Figura 4 es un diagrama esquemático de una tasa de cambio de onda modulada en modo común divulgado en una realización de esta solicitud;

La Figura 5 es un diagrama esquemático de una tasa de cambio de onda modulada en modo común divulgado en otra realización de esta solicitud;

5 La Figura 6 es un diagrama de forma de onda esquemático de una onda modulada inicial divulgada en una realización de esta solicitud;

La Figura 7A es un diagrama de forma de onda esquemático de una onda modulada en modo común divulgado en una realización de esta solicitud;

10 La Figura 7B es un diagrama de forma de onda esquemático de una onda modulada en modo común divulgado en otra realización de esta solicitud;

La Figura 7C es un diagrama de forma de onda esquemático de una onda modulada en modo común divulgado en otra realización de esta solicitud;

La Figura 8A es un diagrama de forma de onda esquemático de una onda modulada por ancho de pulso divulgado en una realización de esta solicitud;

15 La Figura 8B es un diagrama de forma de onda esquemático de una onda modulada por ancho de pulso divulgado en otra realización de esta solicitud;

La Figura 8C es un diagrama de forma de onda esquemático de una onda modulada por ancho de pulso divulgado en otra realización de esta solicitud;

20 La Figura 9 es un diagrama esquemático de una fluctuación relativa del potencial de punto neutro divulgado en una realización de esta solicitud; y

La Figura 10 es un diagrama estructural esquemático de un aparato de control de convertidor monofásico divulgado en una realización de esta solicitud.

#### Descripción de las realizaciones

25 A continuación, se describen las realizaciones de esta solicitud con referencia a los dibujos acompañantes en las realizaciones de esta solicitud.

30 Para una mejor comprensión de un método y aparato de control de convertidor monofásico divulgado en las realizaciones de esta solicitud, a continuación, se describe primero una arquitectura de red aplicable a las realizaciones de esta solicitud. La Figura 1 es un diagrama arquitectónico esquemático de un sistema de control de convertidor monofásico divulgado en una realización de esta solicitud. Como se muestra en la Figura 1, el sistema de control del convertidor monofásico puede incluir un convertidor monofásico, una unidad de muestreo de tensión, una unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común, una unidad de cálculo de onda modulada en modo común, una unidad de muestreo de corriente, una unidad de control, y una unidad de modulación de la portadora. El convertidor monofásico se conecta por separado a la unidad de muestreo de tensión, la unidad de muestreo de corriente y la unidad de modulación de la portadora. La unidad de muestreo de tensión está conectada a la unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común. La unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común está conectada a la unidad de cálculo de onda modulada en modo común. La unidad de muestreo de corriente está conectada a la unidad de control. La unidad de control está conectada por separado a la unidad de cálculo de onda modulada en modo común y a la unidad de modulación de la portadora.

45 La unidad de muestreo de tensión está configurada para obtener, del convertidor monofásico, una tensión correspondiente a un nivel de bus positivo del lado de corriente continua y una tensión correspondiente a un nivel de bus negativo del lado de corriente continua, y enviar la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua a la unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común.

50 La unidad de muestreo de corriente está configurada para obtener una corriente de salida (por ejemplo,  $i_g$  en la Figura 2) del convertidor monofásico y enviar la corriente de salida a la unidad de control.

55 La unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común está configurada para realizar el cálculo en la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua (por ejemplo,  $V_1$  en la Figura 2), la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua (por ejemplo,  $V_2$  en la Figura 2), y un valor de referencia de tensión sobre la tensión correspondiente a un primer nivel y la tensión correspondiente a un segundo nivel, para obtener una tasa de cambio de onda modulada en modo común ( $K$ ) y enviar la tasa de cambio de onda modulada en modo común a la unidad de cálculo de onda modulada en modo común.

60 La unidad de control está configurada para realizar el cálculo de la corriente de salida y un valor de referencia de corriente, para obtener una onda modulada inicial de la primera fase del convertidor monofásico y una onda modulada inicial de la segunda fase del convertidor monofásico, y enviar la onda modulada inicial de la primera fase y la onda modulada inicial de la segunda fase a la unidad de cálculo de onda modulada en modo común.

La unidad de cálculo de onda modulada en modo común está configurada para realizar cálculos en la onda modulada inicial de la primera fase, la onda modulada inicial de la segunda fase y la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener una onda modulada en modo común.

5 La onda modulada inicial de la primera fase y la onda modulada inicial de la segunda fase emitidas por la unidad de control, y la onda modulada en modo común emitida por la unidad de cálculo de onda modulada en modo común se procesan para obtener un pulso onda de amplitud modulada. La onda modulada por ancho de pulso se envía a la unidad de modulación de la portadora.

10 La unidad de modulación de la portadora está configurada para enviar una señal de activación al convertidor monofásico con base en la onda modulada por ancho de pulso, para controlar diferentes estados de encendido/apagado de los conjuntos de interruptores (por ejemplo,  $S_a$  y  $S_b$  en la Figura 2) en el convertidor monofásico, de modo que el convertidor monofásico produzca diferentes tensiones.

15 Un diagrama estructural esquemático de un sistema fotovoltaico monofásico conectado a la red de tres niveles que se muestra en la Figura 2 se utiliza como ejemplo. El sistema fotovoltaico monofásico de tres niveles conectado a la red puede incluir un panel fotovoltaico, un convertidor monofásico y una red eléctrica de corriente alterna. Un lado de corriente continua del convertidor monofásico está conectado al panel fotovoltaico, y un lado de corriente alterna del convertidor monofásico está conectado a la red eléctrica de corriente alterna mediante un inductor de filtro (por ejemplo, L1 o L2). El sistema fotovoltaico monofásico de tres niveles conectado a la red convierte una corriente continua generada por el panel fotovoltaico en una corriente alterna e introduce la corriente alterna en la red eléctrica de corriente alterna.

20 En el convertidor monofásico mostrado en la Figura 2, un electrodo positivo de un condensador C1 está conectado por separado al panel fotovoltaico, un conjunto de interruptores  $S_a$  y un conjunto de interruptores  $S_b$ ; un electrodo negativo del condensador C1 está conectado por separado a un electrodo positivo de un condensador C2, al conjunto de interruptores  $S_a$  y al conjunto de interruptores  $S_b$ ; un electrodo negativo del condensador C2 está conectado por separado al panel fotovoltaico, al conjunto de interruptores  $S_a$  y al conjunto de interruptores  $S_b$ ; el conjunto de interruptores  $S_a$  está conectado a un inductor de filtro L1; el inductor de filtro L1 está conectado a la red eléctrica de corriente alterna; el conjunto de interruptores  $S_b$  está conectado a un inductor de filtro L2; y el inductor de filtro L2 está conectado a la red eléctrica de corriente alterna. Una salida de corriente por el inductor de filtro L1 (o L2) es una corriente de salida  $i_g$ .

25 En un lado del bus de corriente continua del convertidor monofásico, la división de tensión se implementa usando los dos capacitores  $C_1$  y  $C_2$ . Los brazos de puente de dos fases implementan la conversión de energía eléctrica entre el lado de corriente continua y el lado de corriente alterna usando los conjuntos de interruptores  $S_a$  y  $S_b$ . Se pueden emitir tres niveles en un puerto de corriente alterna controlando diferentes estados de encendido/apagado de los conjuntos de interruptores de los brazos del puente. Por ejemplo, si  $S_a$  está conectado a un punto de bus positivo P, un nivel de salida por una fase A (es decir, una primera fase) es un nivel de bus positivo; si  $S_a$  está conectado a un punto neutro O del bus, un nivel de salida por una fase A es un nivel cero; o si  $S_a$  está conectado a un punto de bus negativo N, un nivel de salida por una fase A es un nivel negativo. Para otro ejemplo, si  $S_b$  está conectado a un punto de bus positivo P, un nivel de salida por una fase B (es decir, una segunda fase) es un nivel de bus positivo; si  $S_b$  está conectado a un punto neutro O del bus, un nivel de salida por una fase B es un nivel cero; o si  $S_b$  está conectado a un punto de bus negativo N, un nivel de salida por una fase B es un nivel negativo.

35 Cabe señalar que un sistema de almacenamiento de energía monofásico tiene una estructura similar a la del sistema fotovoltaico monofásico de tres niveles conectado a la red. Después que el panel fotovoltaico de la Figura 2 se reemplaza con una batería de almacenamiento, se obtiene un diagrama estructural esquemático del sistema de almacenamiento de energía monofásico. El sistema de almacenamiento de energía monofásico se utiliza para implementar el intercambio de energía bidireccional entre una red eléctrica de corriente alterna y una batería de almacenamiento.

40 Con base en el diagrama arquitectónico esquemático del sistema de control del convertidor monofásico que se muestra en la Figura 1, la Figura 3 muestra un método de control de convertidor monofásico según una realización de esta solicitud. El método incluye, pero no se limita a los siguientes pasos.

45 Paso S301: Realizar el cálculo de una tensión correspondiente a una salida de primer nivel por un convertidor monofásico, una tensión correspondiente a una salida de segundo nivel por un convertidor monofásico y un valor de referencia de tensión sobre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel, para obtener una tasa de cambio de onda modulada en modo común del convertidor monofásico, donde el primer nivel es un nivel de bus positivo del lado de corriente continua, y el segundo nivel es un nivel de bus negativo del lado de corriente continua.

50 En concreto, el sistema de control obtiene un valor absoluto de una diferencia entre la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua del convertidor monofásico y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua del convertidor monofásico, y realiza cálculos sobre el valor absoluto

de la diferencia y el valor de referencia de tensión, para obtener la tasa de cambio de onda modulada en modo común. El valor absoluto de la diferencia es inversamente proporcional a la tasa de cambio de onda modulada en modo común. Por ejemplo, el valor de referencia de tensión puede ser un valor medio aritmético de la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua.

Hay dos maneras de calcular la tasa de cambio de onda modulada en modo común. Para más detalles, consulte las siguientes descripciones.

1. Una primera forma de calcular la tasa de cambio de onda modulada en modo común puede ser: obtener el valor absoluto de la diferencia entre la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua; dividir el valor absoluto de la diferencia por el valor de referencia de la tensión, para obtener un cociente; y cuando el cociente es menor o igual que un primer umbral preestablecido, determinar que la tasa de cambio de onda modulada en modo común es un primer valor; cuando el cociente es mayor que un primer umbral preestablecido pero menor o igual que un segundo umbral preestablecido, determinar que la tasa de cambio de onda modulada en modo común es un segundo valor; o cuando el cociente es mayor que un segundo umbral preestablecido, determinar que la tasa de cambio de onda modulada en modo común es un tercer valor, donde el segundo valor es menor que el primer valor, y el tercer valor es menor que el segundo valor.

En esta realización de esta solicitud, la tasa de cambio de onda modulada en modo común disminuye con un aumento en la desviación entre la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua. Una relación entre la tasa de cambio de onda modulada en modo común y la desviación es una función por partes. Por ejemplo, la forma de calcular la tasa de cambio de onda modulada en modo común se puede mostrar de la siguiente manera:

$$K = \begin{cases} 0,5 & \frac{|V_1 - V_2|}{V_{dref}} > 10\% \\ 0,7 & 10\% \geq \frac{|V_1 - V_2|}{V_{dref}} > 5\% \\ 1 & 5\% \geq \frac{|V_1 - V_2|}{V_{dref}} \end{cases}$$

K representa la tasa de cambio de onda modulada en modo común,  $V_1$  representa la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua,  $V_2$  representa la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua y  $V_{dref}$  representa el valor de referencia de tensión. Por ejemplo, el primer umbral preestablecido puede ser del 5 %, el segundo umbral preestablecido puede ser del 10 %, el primer valor puede ser 1, el segundo valor puede ser 0,7 y el tercer valor puede ser 0,5. En la Figura 4 se muestra un diagrama esquemático de la tasa de cambio de onda modulada en modo común obtenida usando la función por partes anterior. Cuando el cociente obtenido al dividir el valor absoluto de la diferencia por el valor de referencia de tensión es menor o igual al 5 %, se determina que la tasa de cambio de onda modulada en modo común es 1; cuando el cociente obtenido al dividir el valor absoluto de la diferencia por el valor de referencia de la tensión es superior al 5 % pero inferior o igual al 10 %, se determina que la tasa de cambio de la onda modulada en modo común es 0,7; o cuando el cociente obtenido al dividir el valor absoluto de la diferencia por el valor de referencia de la tensión es superior al 10 %, se determina que la tasa de cambio de onda modulada en modo común es 0,5.

Cabe señalar que el primer umbral preestablecido, el segundo umbral preestablecido, el primer valor, el segundo valor y el tercer valor en esta realización de esta solicitud son solo ejemplos. Por ejemplo, el primer umbral preestablecido puede ser del 6 %, el segundo umbral preestablecido puede ser del 11 %, el primer valor puede ser 1, el segundo valor puede ser 0,8 y el tercer valor puede ser 0,3, y así sucesivamente. Esta realización de esta solicitud no se limita a esto.

2. Una segunda forma de calcular la tasa de cambio de onda modulada en modo común puede ser: obtener el valor absoluto de la diferencia entre la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua; multiplicar el valor absoluto de la diferencia por un coeficiente de ajuste preestablecido, para obtener un cuarto valor; restar el cuarto valor del valor de referencia de la tensión, para obtener un quinto valor; y dividir el quinto valor por el valor de referencia de la tensión, para obtener la tasa de cambio de onda modulada en modo común.

En esta realización de esta solicitud, la tasa de cambio de onda modulada en modo común disminuye con un aumento en la desviación entre la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua. Una relación entre la tasa de cambio

de onda modulada en modo común y la desviación es una relación lineal inversamente proporcional. Por ejemplo, la forma de calcular la tasa de cambio de onda modulada en modo común se puede mostrar de la siguiente manera:

$$K = 1 - \frac{|V_1 - V_2| * C_v}{V_{dcref}}$$

K representa la tasa de cambio de onda modulada en modo común,  $V_1$  representa la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua,  $V_2$  representa la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua,  $V_{dcref}$  representa el valor de referencia de tensión, y  $C_v$  representa el coeficiente de ajuste preestablecido. Por ejemplo,  $C_v$  puede ser 10. En la Figura 5 puede mostrarse un diagrama esquemático de la tasa de cambio de onda modulada en modo común obtenida usando la fórmula anterior. Cuando el valor absoluto de la diferencia entre la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua es 0, se determina que la tasa de cambio de onda modulada en modo común modulado es 1. En una relación mutua, mostrada en la Figura 5, entre la tasa de cambio de onda modulada en modo común y el valor absoluto de la diferencia entre la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua, una pendiente es  $C_v/V_{dcref}$ .

Cabe señalar que el coeficiente de ajuste preestablecido en esta realización de esta solicitud incluye, pero no se limita a 10. Por ejemplo, el coeficiente de ajuste predeterminado puede ser 8, 15 o similar. Esta realización de esta solicitud no se limita a esto.

Paso S302: Realizar el cálculo de una onda modulada inicial de la primera fase del convertidor monofásico, una onda modulada inicial de la segunda fase del convertidor monofásico y la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener una onda modulada en modo común.

En una implementación, el sistema de control puede realizar cálculos sobre la onda modulada inicial de la segunda fase y la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener una primera onda modulada, y comparar la onda modulada inicial de la primera fase con la primera onda modulada, para obtener la onda modulada en modo común. Un diagrama de forma de onda esquemático de una onda modulada inicial que se muestra en la Figura 6 se utiliza como ejemplo. Tanto la onda modulada inicial de la primera fase como la onda modulada inicial de la segunda fase son ondas sinusoidales. La amplitud de la onda modulada inicial de la primera fase en cualquier momento es mayor o igual a -1 pero menor o igual a 1, y la amplitud de la onda modulada inicial de la segunda fase en cualquier momento es mayor o igual a -1 pero menor o igual a 1. La onda modulada inicial de la primera fase y la onda modulada inicial de la segunda fase cumplen la siguiente relación: Una suma de la amplitud de la onda modulada inicial de la primera fase en cualquier momento y la amplitud de la onda modulada inicial de la segunda fase en el momento es cero, es decir,  $V_a = -V_b$ , donde  $V_a$  representa la onda modulada inicial de la primera fase y  $V_b$  representa la onda modulada inicial de la segunda fase.

Una implementación específica en la que el sistema de control calcula sobre la onda modulada inicial de la segunda fase y la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener la primera onda modulada puede ser: restar la onda modulada inicial de la segunda fase de una onda modulada de una salida de tercer nivel por el convertidor monofásico, para obtener una segunda onda modulada del convertidor monofásico, y multiplicar la segunda onda modulada por la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener la primera onda modulada, donde el tercer nivel es un nivel cero. Cabe señalar que la onda modulada del tercer nivel en esta realización de esta solicitud se puede obtener después de realizar el procesamiento de normalización en la onda modulada del tercer nivel de salida por el convertidor monofásico. En otras palabras, una tensión de la onda modulada de tercer nivel en esta realización de esta solicitud en cualquier momento es 0. En este caso, la primera onda modulada puede ser  $-KxV_b = KxV_a$ .

Entonces, una implementación específica en la que el sistema de control compara la onda modulada inicial de la primera fase con la primera onda modulada, para obtener la onda modulada en modo común puede ser: restar la onda modulada inicial de la primera fase de una onda modulada de primera nivel, para obtener una tercera onda modulada del convertidor monofásico; restar la onda modulada inicial de la primera fase de una onda modulada de segundo nivel, para obtener una cuarta onda modulada del convertidor monofásico; y comparar la primera onda modulada, la tercera onda modulada y la cuarta onda modulada, para determinar la onda modulada en modo común, donde la amplitud de la onda modulada en modo común en cualquier momento es la amplitud con un valor absoluto mínimo entre la amplitud de la primera onda modulada en el momento, la amplitud de la tercera onda modulada en el momento y la amplitud de la cuarta onda modulada en el momento.

Cabe señalar que la onda modulada del primer nivel en esta realización de esta solicitud se puede obtener después de realizar el procesamiento de normalización en la onda modulada del primer nivel emitido por el convertidor monofásico. En otras palabras, una tensión de la onda modulada de primer nivel en esta realización de esta solicitud en cualquier momento es 1. En este caso, la tercera onda modulada puede ser  $1 - V_a$ . La onda modulada del segundo

nivel en esta realización de esta solicitud se puede obtener después de realizar el procesamiento de normalización en la onda modulada del segundo nivel emitido por el convertidor monofásico. En otras palabras, una tensión de la onda modulada del segundo nivel en esta realización de esta solicitud en cualquier momento es  $-1$ . En este caso, la tercera onda modulada puede ser  $-1 \cdot V_a$ .

5 Cuando  $k = 1$ , se puede mostrar en la Figura 7A un diagrama esquemático de forma de onda de la onda modulada en modo común obtenida utilizando el método anterior. Cuando  $k = 0,7$ , se puede mostrar en la Figura 7B un diagrama esquemático de forma de onda de la onda modulada en modo común obtenida utilizando el método anterior. Cuando  $k = 0,5$ , se puede mostrar en la Figura 7C un diagrama esquemático de forma de onda de la onda modulada en modo común obtenida utilizando el método anterior. Puede aprenderse de la Figura 7A a la Figura 7C que independientemente de un grado de desviación entre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel, la onda modulada en modo común obtenida es continua y no tiene un cambio de paso, y una tasa de cambio de la onda modulada en modo común más pequeña indica un valor máximo más pequeño de una cantidad de inyección de modo común y un cambio más suave entre un valor máximo positivo y un valor máximo negativo.

En otra implementación, el sistema de control puede realizar cálculos sobre la onda modulada inicial de la primera fase y la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener una séptima onda modulada del convertidor monofásico, y comparar la onda modulada inicial de la segunda fase con la séptima onda modulada, para obtener la onda modulada en modo común. La onda modulada inicial de la primera fase (es decir, una onda modulada de fase A) y la onda modulada inicial de la segunda fase (es decir, una onda modulada de fase B) en esta realización de esta solicitud pueden mostrarse en la Figura 6.

Una implementación específica en la que el sistema de control calcula sobre la onda modulada inicial de la primera fase y la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener la séptima onda modulada del convertidor monofásico puede ser: restar la onda modulada inicial de la primera fase de una onda modulada de un tercer nivel, para obtener una octava onda modulada del convertidor monofásico, y multiplicar la octava onda modulada por la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener la séptima onda modulada. En otras palabras, la séptima onda modulada puede ser  $-KxV_a$ .

Entonces, una implementación específica en la que el sistema de control compara la onda modulada inicial de la segunda fase con la séptima onda modulada, para obtener la onda modulada en modo común puede ser: restar la onda modulada inicial de la segunda fase de una onda modulada de primer nivel, para obtener una novena onda modulada; restar la onda modulada inicial de la segunda fase de una onda modulada de segundo nivel, para obtener una décima onda modulada; y comparar la séptima onda modulada, la novena onda modulada y la décima onda modulada, para determinar la onda modulada en modo común, donde la amplitud de la onda modulada en modo común en cualquier momento es la amplitud con un valor absoluto mínimo entre la amplitud de la séptima onda modulada en el momento, la amplitud de la novena onda modulada en el momento, y la amplitud de la décima onda modulada en el momento. La novena onda modulada puede ser  $1 - V_b = 1 + V_a$ , y la décima onda modulada puede ser  $-1 - V_b = -1 + V_a$ .

La onda modulada en modo común obtenida usando el método anterior es simétrica con las ondas moduladas en modo común que se muestran en la Figura 7A a la Figura 7C en un eje lateral. Independientemente de un grado de desviación entre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel, la onda modulada en modo común obtenida es continua y no tiene un cambio de paso, y una tasa de cambio de onda modulada en modo común más pequeña indica un valor máximo más pequeño de una cantidad de inyección de modo común y un cambio más suave entre un valor máximo positivo y un valor máximo negativo.

Paso S303: Realizar el cálculo sobre la onda modulada inicial de la primera fase, la onda modulada inicial de la segunda fase y la onda modulada en modo común, para obtener una onda modulada por ancho de pulso.

Específicamente, el sistema de control puede sumar la onda modulada inicial de la primera fase y la onda modulada en modo común para obtener una quinta onda modulada, y sumar la onda modulada inicial de la segunda fase y la onda modulada en modo común para obtener una sexta onda modulada. La quinta onda modulada y la sexta onda modulada forman la onda modulada por ancho de pulso.

65 Cuando el cociente obtenido al dividir el valor absoluto de la diferencia entre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel por el valor de referencia de la tensión es menor o igual al 5 %, un diagrama esquemático de forma de onda de una onda modulada por ancho de pulso obtenida puede mostrarse en la Figura 8A, donde  $v_{a\_mod}$  representa la quinta onda modulada y  $v_{b\_mod}$  representa la sexta onda modulada.  $v_{a\_mod}$  tiene estados de fijación obvios 1 y  $-1$ , y  $v_{b\_mod}$  tiene un estado de fijación obvio 0. Los tres estados de fijación aparecen alternativamente, para asegurar que en todo momento existe una fase cuyo brazo de puente se encuentra en estado de fijación. Un tiempo de fijación de la fase A representa el 70 % de un ciclo de frecuencia de potencia completo.

5 Cuando el cociente obtenido al dividir el valor absoluto de la diferencia entre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel por el valor de referencia de la tensión es mayor al 5 % pero menor o igual al 10 %, puede mostrarse en la Figura 8B un diagrama esquemático de forma de onda de una onda modulada por ancho de pulso obtenido.  $V_{a\_mod}$  tiene estados de fijación obvios 1 y -1, pero  $V_{b\_mod}$  ya no tiene un estado de fijación 0. Un tiempo de fijación de la fase A se acorta al 62 % de un ciclo de frecuencia de potencia completo.

10 Cuando el cociente obtenido al dividir el valor absoluto de la diferencia entre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel por el valor de referencia de la tensión es mayor al 10 %, un diagrama esquemático de forma de onda de una onda modulada por ancho de pulso obtenida se puede mostrar en la Figura 8C. El tiempo de fijación de la fase A se reduce aún más a solo el 54 % de un ciclo de frecuencia de potencia completo.

15 Después de la Figura 8A, la Figura 8B, y la Figura 8C, se puede aprender que el método de control del convertidor monofásico proporcionado en esta solicitud se puede usar para ajustar de manera adaptativa un método de modulación con base en una desviación potencial del punto neutro del sistema (en otras palabras, un grado de desviación entre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel). Cuando la desviación potencial del punto neutro del sistema es relativamente grande, la relación de estado de fijación de DPWM puede reducirse automáticamente, para mejorar la capacidad de equilibrio del potencial del punto neutro del sistema; y cuando la desviación potencial del punto neutro del sistema es relativamente pequeña, la relación de estado de fijación de DPWM puede incrementarse automáticamente para reducir la pérdida de conmutación del sistema.

25 Cuando  $K=1, 0,5$  o  $0,7$ , en la Figura 9 puede mostrarse una fluctuación relativa del potencial del punto neutro. Se puede aprender que cuando  $k = 1$ , el valor máximo de la fluctuación del potencial del punto neutro de un sistema es el más grande; cuando  $K=0,7$ , un valor máximo de la fluctuación del potencial del punto neutro del sistema es el 86 % del valor máximo obtenido cuando  $k=1$ ; y cuando  $K=0,5$ , el valor máximo de la fluctuación del potencial del punto neutro del sistema disminuye considerablemente, y es sólo el 77 % del valor máximo obtenido cuando  $k=1$ . Si un valor de  $K$  disminuye aún más, el valor máximo de la fluctuación del potencial del punto neutro del sistema disminuye aún más. Esto puede indicar que el método de control del convertidor monofásico proporcionado en esta solicitud puede cambiar la fluctuación del potencial del punto neutro del sistema ajustando la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para cambiar aún más la capacidad de equilibrio del potencial del punto neutro del sistema.

35 En el método descrito en la Figura 3, el cálculo se realiza sobre la tensión correspondiente al primer nivel, la tensión correspondiente al segundo nivel y el valor de referencia de la tensión, para obtener la tasa de cambio de onda modulada en modo común; y el cálculo se realiza sobre la onda modulada inicial de la primera fase, la onda modulada inicial de la segunda fase y la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener la onda modulada en modo común. Esto puede evitar el uso de un proceso de algoritmo de una tercera fase virtual, reduciendo así un retraso de tiempo y mejorando la velocidad de respuesta del sistema y la fiabilidad del sistema. Además, la magnitud y la pendiente de cambio de un componente de modo común se pueden ajustar con base en la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel, y se puede ajustar aún más el rango de tiempo de acción de un método DPWM del sistema, mejorando así la capacidad de equilibrio del potencial del punto neutro del sistema.

45 Lo anterior describe en detalle el método de las realizaciones de esta solicitud, y lo siguiente proporciona un aparato de las realizaciones de esta solicitud.

50 La Figura 10 es un diagrama estructural esquemático de un aparato de control de convertidor monofásico de acuerdo con esta solicitud. El aparato de control de convertidor monofásico está configurado para realizar el método en la realización que se muestra en la Figura 3. El aparato de control de convertidor monofásico puede incluir una unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común 1001, una unidad de cálculo de onda modulada en modo común 1002, y una unidad de cálculo de onda modulada de ancho de pulso 1003. Una descripción detallada de cada unidad es la siguiente:

55 La unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común 1001 está configurada para realizar el cálculo en una tensión correspondiente a una salida de primer nivel mediante un convertidor monofásico, una tensión correspondiente a una salida de segundo nivel mediante el convertidor monofásico, y un valor de referencia de tensión sobre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel, para obtener una tasa de cambio de onda modulada en modo común del convertidor monofásico, donde el primer nivel es un nivel de bus positivo del lado de corriente continua, y el segundo nivel es un nivel de bus negativo del lado de corriente continua.

65 La unidad de cálculo de onda modulada en modo común 1002 está configurada para realizar el cálculo en una onda modulada inicial de la primera fase del convertidor monofásico, una onda modulada inicial de la segunda fase del

convertidor monofásico y la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener una onda modulada en modo común del convertidor monofásico.

5 La unidad de cálculo de onda modulada por ancho de pulso 1003 está configurada para realizar cálculos sobre la onda modulada inicial de la primera fase, la onda modulada inicial de la segunda fase y la onda modulada en modo común, para obtener una onda modulada por ancho de pulso.

10 Opcionalmente, la unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común 1001 está configurada específicamente para:

15 obtener un valor absoluto de una diferencia entre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel; y  
realizar cálculos sobre el valor absoluto de la diferencia y el valor de referencia de tensión, para obtener la tasa de cambio de onda modulada en modo común, donde el valor absoluto de la diferencia es inversamente proporcional a la tasa de cambio de onda modulada en modo común.

20 Opcionalmente, la unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común 1001 calcula sobre el valor absoluto de la diferencia y el valor de referencia de tensión, para obtener la tasa de cambio de onda modulada en modo común, y está específicamente configurada para:

dividir el valor absoluto de la diferencia por el valor de referencia de la tensión, para obtener un cociente; y  
cuando el cociente es menor o igual que un primer umbral preestablecido, determinar que la tasa de cambio de onda modulada en modo común es un primer valor.

25 Opcionalmente, después de dividir el valor absoluto de la diferencia por el valor de referencia de tensión, para obtener el cociente, la unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común 1001 se configura además para:

30 cuando el cociente es mayor que el primer umbral preestablecido pero menor o igual que un segundo umbral preestablecido, determinar que la tasa de cambio de onda modulada en modo común es un segundo valor, donde el segundo valor es menor que el primer valor.

35 Opcionalmente, después de dividir el valor absoluto de la diferencia por el valor de referencia de tensión, para obtener el cociente, la unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común 1001 se configura además para:

cuando el cociente es mayor que el segundo umbral preestablecido, determinar que la tasa de cambio de onda modulada en modo común es un tercer valor, donde el tercer valor es menor que el segundo valor.

40 Opcionalmente, la unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común 1001 calcula sobre el valor absoluto de la diferencia y el valor de referencia de tensión, para obtener la tasa de cambio de onda modulada en modo común, y está específicamente configurada para:

45 multiplicar el valor absoluto de la diferencia por un coeficiente de ajuste prefijado, para obtener un cuarto valor;  
restar el cuarto valor del valor de referencia de la tensión, para obtener un quinto valor; y  
dividir el quinto valor por el valor de referencia de la tensión para obtener la tasa de cambio de onda modulada en modo común.

50 Opcionalmente, la unidad de cálculo de onda modulada en modo común 1002 está configurada específicamente para:

55 realizar cálculos sobre la onda modulada inicial de la segunda fase y la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener una primera onda modulada; y  
comparar la onda modulada inicial de la primera fase con la primera onda modulada, para obtener la onda modulada en modo común.

60 Opcionalmente, la unidad de cálculo de onda modulada en modo común 1002 calcula sobre la onda modulada inicial de la segunda fase y la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener la primera onda modulada, y está específicamente configurada para:

65 restar la onda modulada inicial de la segunda fase de una onda modulada de un tercer nivel de salida por el convertidor monofásico, para obtener una segunda onda modulada del convertidor monofásico, y multiplicar la segunda onda modulada por la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener la primera onda modulada, donde el tercer nivel es un nivel cero.

La unidad de cálculo de onda modulada en modo común 1002 compara la onda modulada inicial de la primera fase con la primera onda modulada, para obtener la onda modulada en modo común, y está configurada específicamente para:

- 5 restar la onda modulada inicial de la primera fase de una onda modulada de primer nivel, para obtener una tercera onda modulada del convertidor monofásico;
- restar la onda modulada inicial de la primera fase de una onda modulada de segundo nivel, para obtener una cuarta onda modulada del convertidor monofásico; y
- 10 comparar la primera onda modulada, la tercera onda modulada y la cuarta onda modulada, para determinar la onda modulada en modo común, donde la amplitud de la onda modulada en modo común en cualquier momento es la amplitud con un valor absoluto mínimo entre la amplitud de la primera onda modulada en el momento, la amplitud de la tercera onda modulada en el momento y la amplitud de la cuarta onda modulada en el momento.

15 Opcionalmente, la amplitud de la onda modulada del primer nivel en cualquier momento, la amplitud de la onda modulada del segundo nivel en cualquier momento, la amplitud de la onda modulada del tercer nivel en cualquier momento, la amplitud de la onda modulada inicial de la primera fase en cualquier momento, o la amplitud de la onda modulada inicial de la segunda fase en cualquier momento es mayor o igual a -1 pero menor o igual a 1.

20 Opcionalmente, la onda modulada por ancho de pulso incluye una quinta onda modulada y una sexta onda modulada; y la unidad de cálculo de onda modulada por ancho de pulso 1003 está configurada específicamente para:

- 25 sumar la onda modulada inicial de la primera fase y la onda modulada en modo común juntas, para obtener la quinta onda modulada; y
- sumar la onda modulada inicial de la segunda fase y la onda modulada en modo común juntas, para obtener la sexta onda modulada.

Cabe señalar que, para la implementación de cada módulo, se puede hacer referencia además a una descripción correspondiente de la realización mostrada en la Figura 3 correspondientemente.

30 Se debe señalar que la división de unidades en las realizaciones de esta solicitud es un ejemplo, y es simplemente una división de función lógica, y puede haber otra división en la implementación real. Las unidades funcionales en las realizaciones de esta solicitud pueden integrarse dentro de una unidad, o cada una de las unidades puede existir sola físicamente, o dos o más unidades se integran en un módulo. La unidad integrada puede implementarse en forma de hardware, o puede implementarse en forma de un módulo de función de software.

35 Todas o algunas de las realizaciones anteriores pueden implementarse mediante software, hardware, microprograma o cualquier combinación de estos. Cuando se utiliza software para implementar las realizaciones, las realizaciones pueden implementarse total o parcialmente en forma de un producto de programa informático. El producto de programa informático incluye una o más instrucciones de ordenador. Cuando las instrucciones del programa informático se cargan y ejecutan en un ordenador, se generan todos o algunos de los procedimientos o funciones de acuerdo con las realizaciones de esta solicitud. El ordenador puede ser un ordenador de propósito general, un ordenador dedicado, una red de ordenadores, u otro aparato programable. Las instrucciones de ordenador pueden almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador o pueden transmitirse desde un medio de almacenamiento legible por ordenador a otro medio de almacenamiento legible por ordenador. Por ejemplo, las instrucciones de ordenador pueden transmitirse desde un sitio web, ordenador, servidor o centro de datos a otro sitio web, ordenador, servidor o centro de datos de manera cableada (por ejemplo, un cable coaxial, una fibra óptica o una línea de abonado digital) o inalámbrica (por ejemplo, infrarrojos, radio o microondas).

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de control de convertidor monofásico, en donde el convertidor monofásico convierte una corriente continua en corriente alterna, y en donde el método comprende:

5            calcular (S301) una tasa de cambio de onda modulada en modo común del convertidor monofásico con base en una tensión correspondiente a una salida de primer nivel del convertidor monofásico, una tensión correspondiente a una salida de segundo nivel del convertidor monofásico, y un valor de referencia de tensión sobre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel, en donde el primer nivel es un nivel de bus positivo del lado de corriente continua, y el segundo nivel es un nivel de bus negativo del lado de corriente continua, y en donde el valor de referencia de tensión es un valor promedio aritmético de la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua;

10            calcular (S302) una onda modulada en modo común del convertidor monofásico con base en una onda modulada inicial de la primera fase del convertidor monofásico, una onda modulada inicial de la segunda fase del convertidor monofásico y la tasa de cambio de onda modulada de modo común, en donde tanto la onda modulada inicial de la primera fase como la onda modulada inicial de la segunda fase son ondas sinusoidales, y la suma de la amplitud de la onda modulada inicial de la primera fase en cualquier momento y la amplitud de la onda modulada inicial de la segunda fase en el momento es cero, y la onda modulada inicial de la primera fase y la onda modulada inicial de la segunda fase son ondas moduladas iniciales de dos brazos de puente del convertidor monofásico;

15            calcular (S303) una onda modulada por ancho de pulso del convertidor monofásico con base en la onda modulada inicial de la primera fase, la onda modulada inicial de la segunda fase y la onda modulada en modo común; y

20            enviar una señal de activación al convertidor monofásico con base en la onda modulada por ancho de pulso, para controlar diferentes estados de encendido/apagado de los conjuntos de interruptores en el convertidor monofásico, de modo que el convertidor monofásico emita diferentes tensiones;

25            en donde el cálculo (S301) de una tasa de cambio de onda modulada en modo común del convertidor monofásico con base en una tensión correspondiente a una salida de primer nivel por un convertidor monofásico, una tensión correspondiente a una salida de segundo nivel por el convertidor monofásico, y un valor de referencia de tensión sobre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel comprende:

35            obtener un valor absoluto de una diferencia entre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel; y

40            calcular la tasa de cambio de onda modulada en modo común con base en el valor absoluto de la diferencia y el valor de referencia de tensión, en donde la tasa de cambio de onda modulada en modo común disminuye con un aumento en la desviación entre la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el cálculo de la tasa de cambio de onda modulada en modo común con base en el valor absoluto de la diferencia y el valor de referencia de tensión comprende:

45            dividir el valor absoluto de la diferencia por el valor de referencia de la tensión, para obtener un cociente; y

              cuando el cociente es menor o igual a un primer umbral preestablecido, determinar que la tasa de cambio de onda modulada en modo común es un primer valor.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde luego de dividir el valor absoluto de la diferencia por el valor de referencia de tensión, para obtener un cociente, el método comprende, además:
- 50            cuando el cociente es mayor que el primer umbral preestablecido pero menor o igual que un segundo umbral preestablecido, determinar que la tasa de cambio de onda modulada en modo común es un segundo valor, en donde el segundo valor es menor que el primer valor.

4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde luego de dividir el valor absoluto de la diferencia por el valor de referencia de tensión, para obtener un cociente, el método comprende, además:
- 55            cuando el cociente es mayor que el segundo umbral preestablecido, determinar que la tasa de cambio de onda modulada en modo común es un tercer valor, en donde el tercer valor es menor que el segundo valor.

5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el valor absoluto de la diferencia es inversamente proporcional a la tasa de cambio de onda modulada en modo común.

6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el cálculo de la tasa de cambio de onda modulada en modo común con base en el valor absoluto de la diferencia y el valor de referencia de tensión comprende:

65            multiplicar el valor absoluto de la diferencia por un coeficiente de ajuste preestablecido, para obtener un cuarto valor;

restar el cuarto valor del valor de referencia de la tensión, para obtener un quinto valor; y dividir el quinto valor por el valor de referencia de tensión, para obtener la tasa de cambio de onda modulada en modo común.

- 5 7. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el cálculo (S302) de una onda modulada en modo común del convertidor monofásico con base en una onda modulada inicial de la primera fase del convertidor monofásico, una onda modulada inicial de la segunda fase del convertidor monofásico, y la tasa de cambio de onda modulada en modo común comprende:

10 calcular una primera onda modulada del convertidor monofásico con base en la onda modulada inicial de la segunda fase y la tasa de cambio de onda modulada en modo común; y comparar la onda modulada inicial de la primera fase con la primera onda modulada, para obtener la onda modulada en modo común.

- 15 8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el cálculo de una primera onda modulada del convertidor monofásico con base en la onda modulada inicial de la segunda fase y la tasa de cambio de onda modulada en modo común comprende:

20 restar la onda modulada inicial de la segunda fase de una onda modulada de una salida de tercer nivel del convertidor monofásico, para obtener una segunda onda modulada del convertidor monofásico, y multiplicar la segunda onda modulada por la tasa de cambio de onda modulada en modo común, para obtener la primera onda modulada, en donde el tercer nivel es un nivel cero; y la comparación de la onda modulada inicial de la primera fase con la primera onda modulada, para obtener la onda modulada en modo común comprende:

25 restar la onda modulada inicial de la primera fase de una onda modulada de primer nivel, para obtener una tercera onda modulada del convertidor monofásico; restar la onda modulada inicial de la primera fase de una onda modulada del segundo nivel, para obtener una cuarta onda modulada del convertidor monofásico; y  
30 comparar la primera onda modulada, la tercera onda modulada y la cuarta onda modulada, para determinar la onda modulada en modo común, en donde la amplitud de la onda modulada en modo común en cualquier momento es la amplitud con un valor absoluto mínimo entre la amplitud de la primera onda modulada en el momento, la amplitud de la tercera onda modulada en el momento y la amplitud de la cuarta onda modulada en el momento.

- 35 9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la amplitud de la onda modulada del primer nivel en cualquier momento, la amplitud de la onda modulada del segundo nivel en cualquier momento, la amplitud de la onda modulada del tercer nivel en cualquier momento, la amplitud de la onda modulada inicial de la primera fase en cualquier momento, o la amplitud de la onda modulada inicial de la segunda fase en cualquier momento es mayor o igual a -1 pero menor o igual a 1.

- 40 10. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la onda modulada por ancho de pulso comprende una quinta onda modulada y una sexta onda modulada; y el cálculo de una onda modulada por ancho de pulso del convertidor monofásico con base en la onda modulada inicial de la primera fase, la onda modulada inicial de la segunda fase y la onda modulada en modo común comprende:

45 sumar la onda modulada inicial de la primera fase y la onda modulada en modo común juntas, para obtener la quinta onda modulada; y  
50 sumar la onda modulada inicial de la segunda fase y la onda modulada en modo común juntas, para obtener la sexta onda modulada.

- 55 11. Un aparato de control de convertidor monofásico para controlar un convertidor monofásico, en donde el convertidor monofásico convierte una corriente continua en corriente alterna, y en donde el aparato comprende:

una unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común (1001), configurada para calcular una tasa de cambio de onda modulada en modo común del convertidor monofásico con base en una tensión correspondiente a una salida de primer nivel por el convertidor monofásico, una tensión correspondiente a una salida de segundo nivel por el convertidor monofásico, y un valor de referencia de tensión sobre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión correspondiente al segundo nivel, en donde el primer nivel es un nivel de bus positivo del lado de corriente continua, y el segundo nivel es un nivel de bus negativo del lado de corriente continua, y en donde el valor de referencia de tensión es un valor promedio aritmético de la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de corriente continua y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua;

65 una unidad de cálculo de onda modulada en modo común (1002), configurada para calcular una onda modulada en modo común del convertidor monofásico con base en una onda modulada inicial de la primera

- 5 fase del convertidor monofásico, una onda modulada inicial de la segunda fase del convertidor monofásico, y la  
 tasa de cambio de onda modulada en modo común, en donde tanto la onda modulada inicial de la primera fase  
 como la onda modulada inicial de la segunda fase son ondas sinusoidales, y una suma de amplitud de la onda  
 modulada inicial de la primera fase en cualquier momento y la amplitud de la onda modulada inicial de la  
 segunda fase en el momento es cero, y la onda modulada inicial de la primera fase y la onda modulada inicial  
 de la segunda fase son ondas moduladas iniciales de dos brazos de puente del convertidor monofásico;  
 una unidad de cálculo de onda modulada por ancho de pulso (1003), configurada para calcular una onda  
 modulada por ancho de pulso del convertidor monofásico con base en la onda modulada inicial de la primera  
 fase, la onda modulada inicial de la segunda fase y la onda modulada en modo común; y  
 10 una unidad de modulación de portadora configurada para enviar una señal de activación al convertidor  
 monofásico con base en la onda modulada por ancho de pulso, para controlar diferentes estados de  
 encendido/apagado de los conjuntos de interruptores en el convertidor monofásico, de modo que el convertidor  
 monofásico emita diferentes tensiones;  
 en donde la unidad de cálculo de tasa de cambio de onda modulada en modo común (1001) está configurada  
 15 específicamente para:
- obtener un valor absoluto de una diferencia entre la tensión correspondiente al primer nivel y la tensión  
 correspondiente al segundo nivel; y  
 calcular la tasa de cambio de onda modulada en modo común con base en el valor absoluto de la diferencia y  
 20 el valor de referencia de tensión, en donde la tasa de cambio de onda modulada en modo común disminuye  
 con un aumento en la desviación entre la tensión correspondiente al nivel de bus positivo del lado de  
 corriente continua y la tensión correspondiente al nivel de bus negativo del lado de corriente continua.
12. El aparato de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la unidad de cálculo de tasa de cambio de onda  
 25 modulada en modo común (1001) está configurada además para:
- dividir el valor absoluto de la diferencia por el valor de referencia de la tensión, para obtener un cociente; y  
 cuando el cociente es menor o igual que un primer umbral preestablecido, determinar que la tasa de cambio de  
 onda modulada en modo común es un primer valor.  
 30
13. El aparato de acuerdo con la reivindicación 12, en donde después de dividir el valor absoluto de la diferencia por  
 el valor de referencia de tensión, para obtener el cociente, la unidad de cálculo de tasa de cambio de onda  
 modulada en modo común (1001) se configura además para:  
 cuando el cociente es mayor que el primer umbral preestablecido pero menor o igual que un segundo umbral  
 35 preestablecido, determinar que la tasa de cambio de onda modulada en modo común es un segundo valor, en  
 donde el segundo valor es menor que el primer valor.
14. El aparato de acuerdo con la reivindicación 13, en donde después de dividir el valor absoluto de la diferencia por  
 el valor de referencia de tensión, para obtener el cociente, la unidad de cálculo de tasa de cambio de onda  
 40 modulada en modo común (1001) se configura además para:  
 cuando el cociente es mayor que el segundo umbral preestablecido, determinar que la tasa de cambio de onda  
 modulada en modo común es un tercer valor, en donde el tercer valor es menor que el segundo valor.

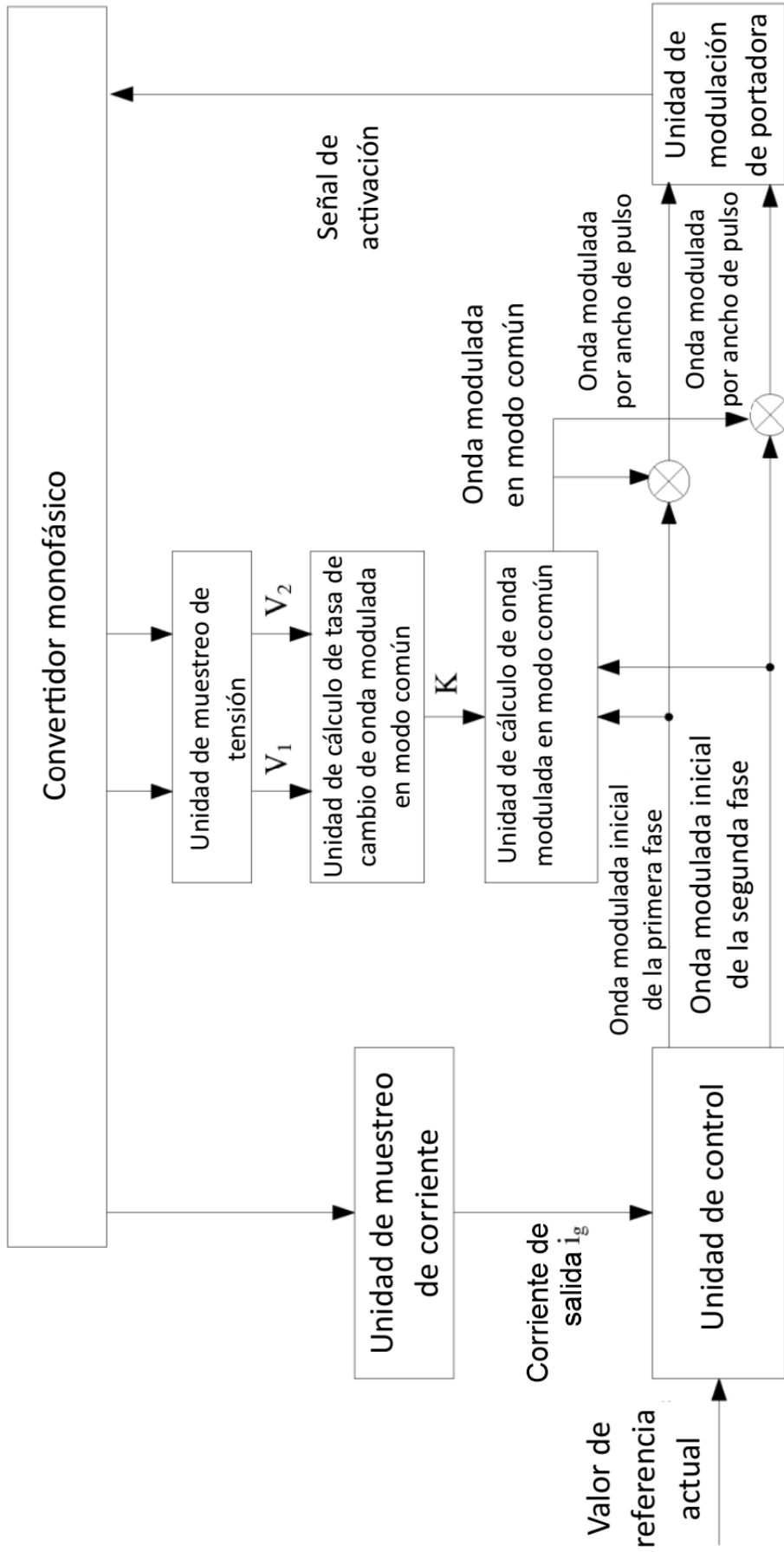


FIGURA 1

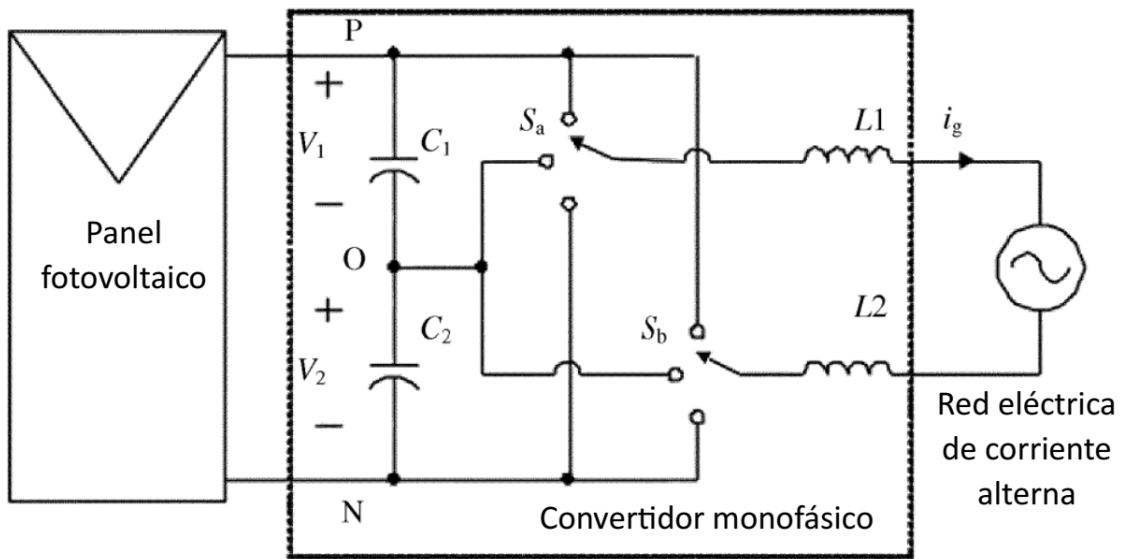


FIGURA 2

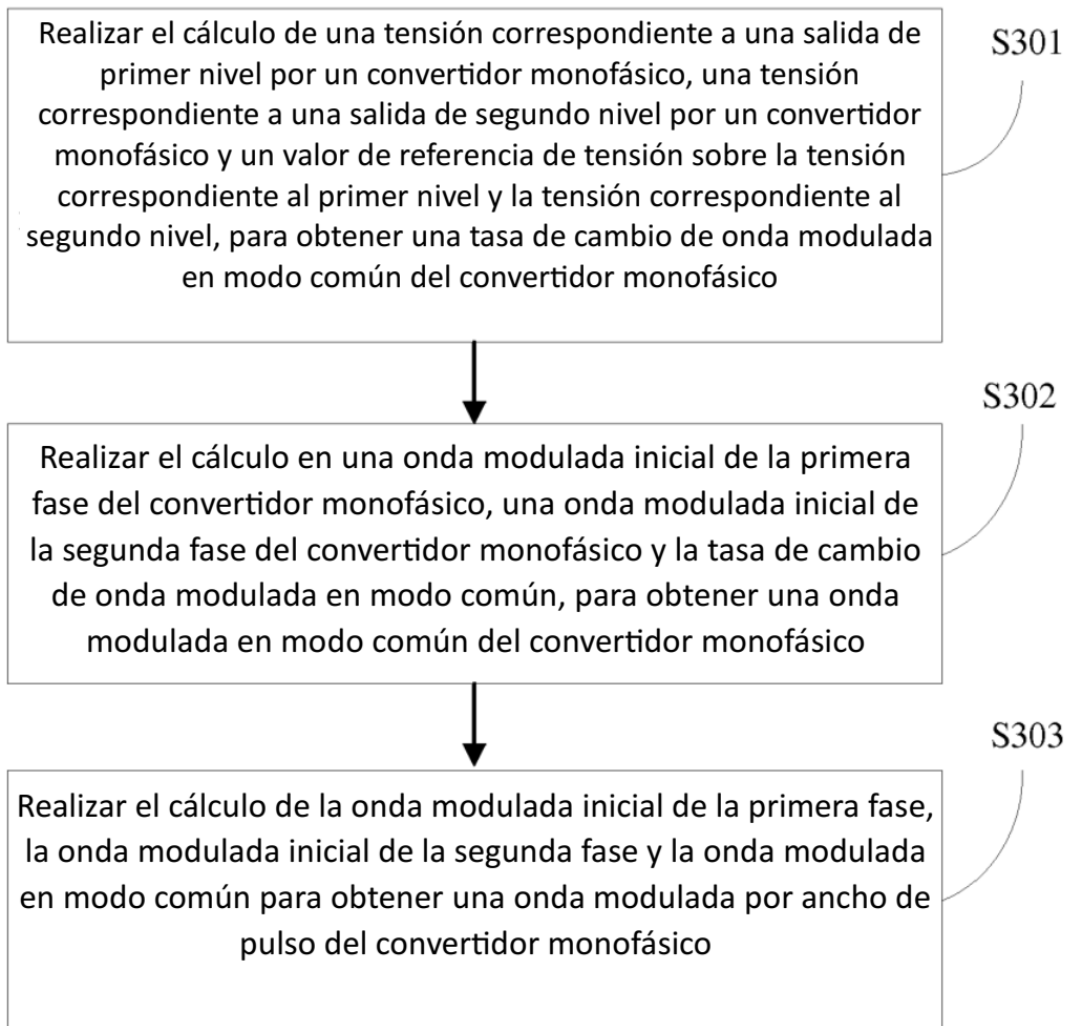


FIGURA 3

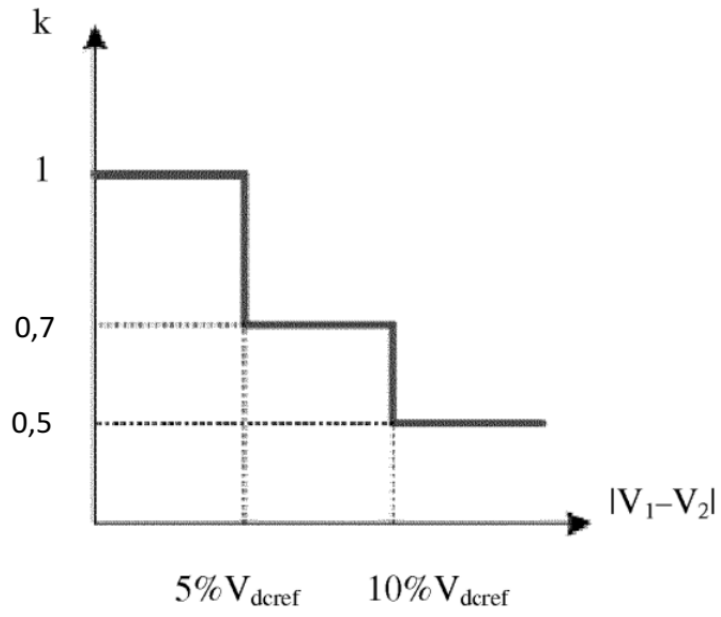


FIGURA 4

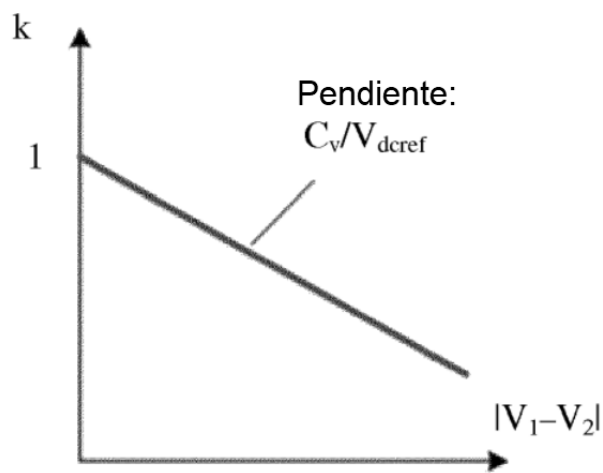


FIGURA 5

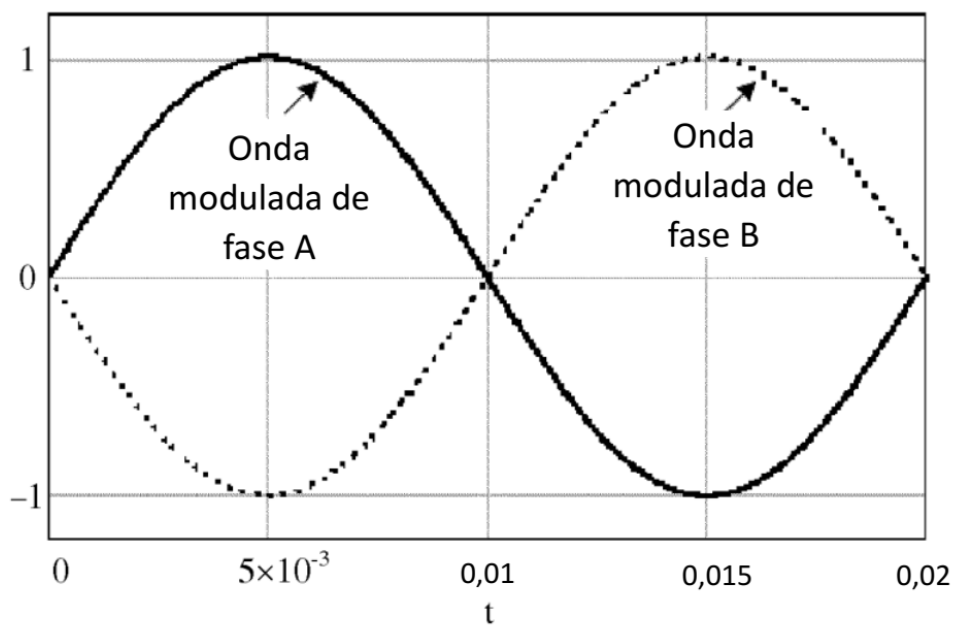


FIGURA 6

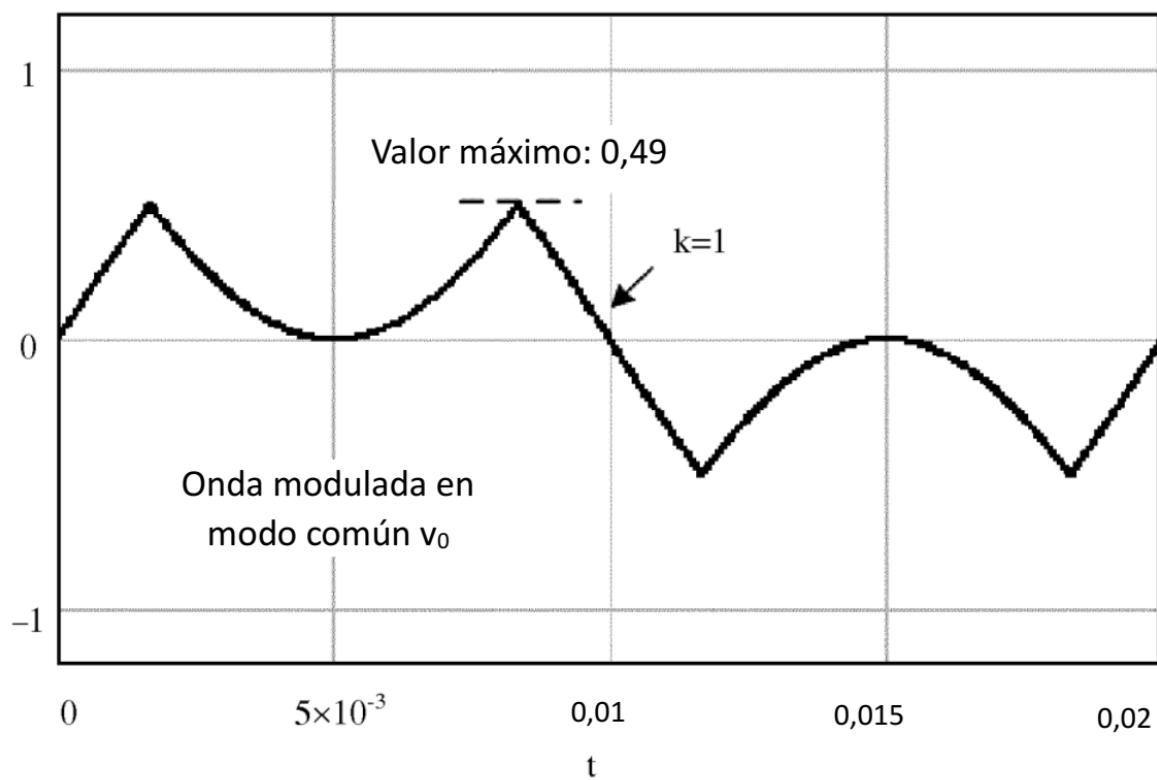


FIGURA 7A

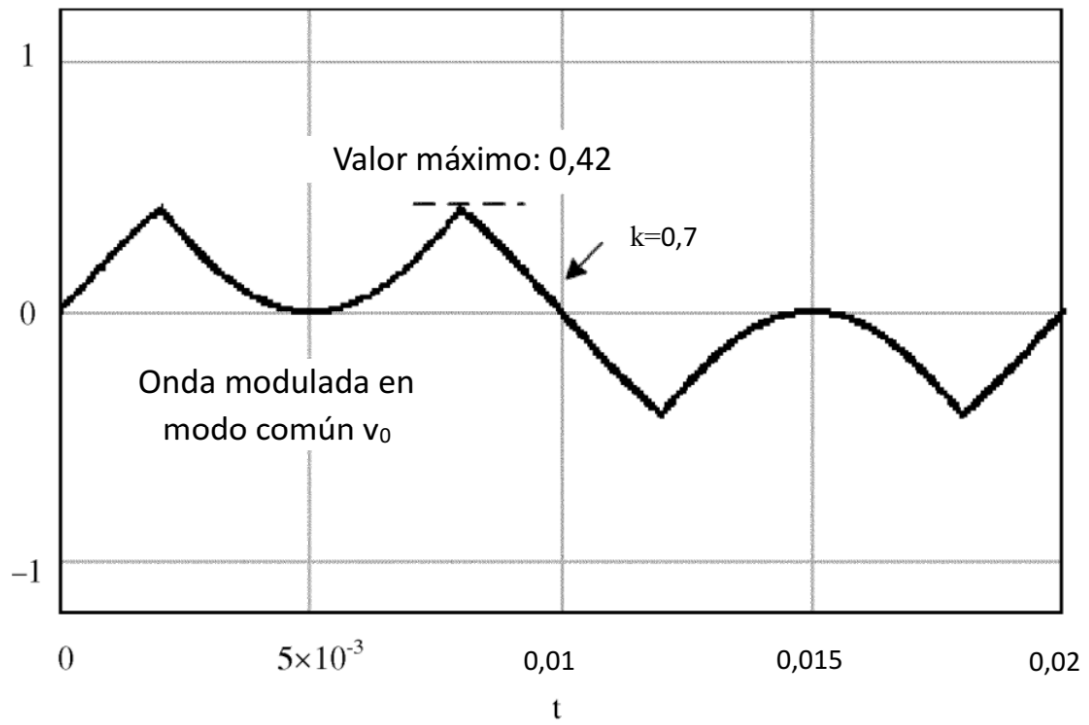


FIGURA 7B

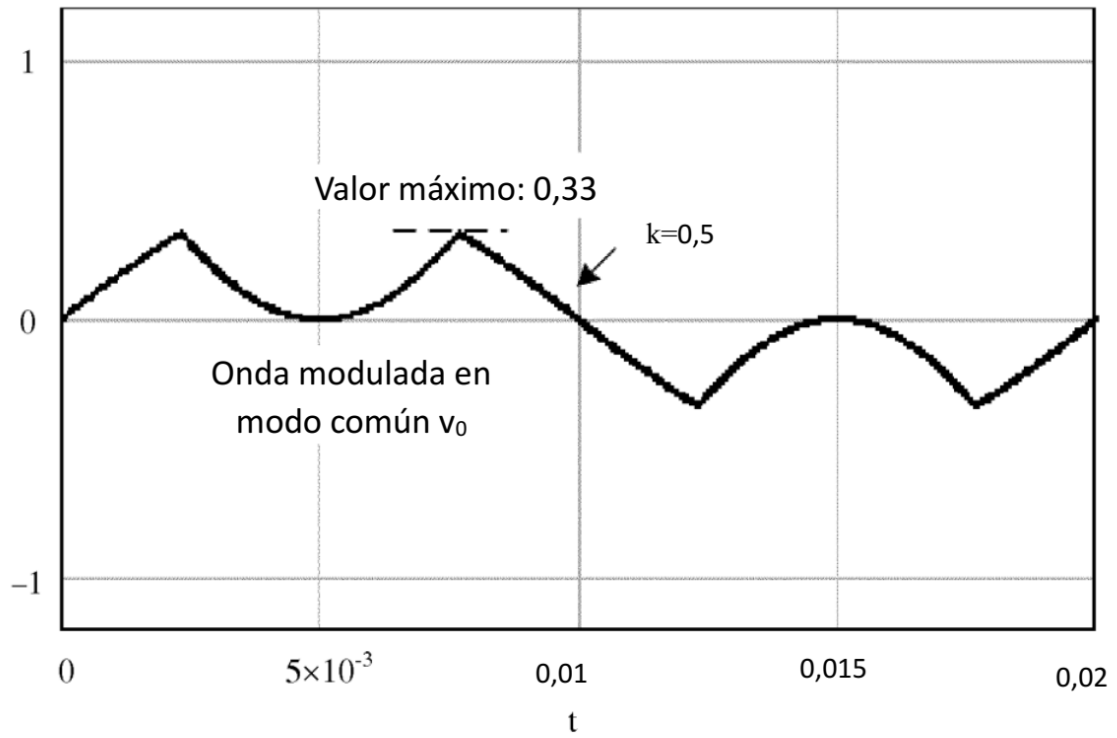


FIGURA 7C

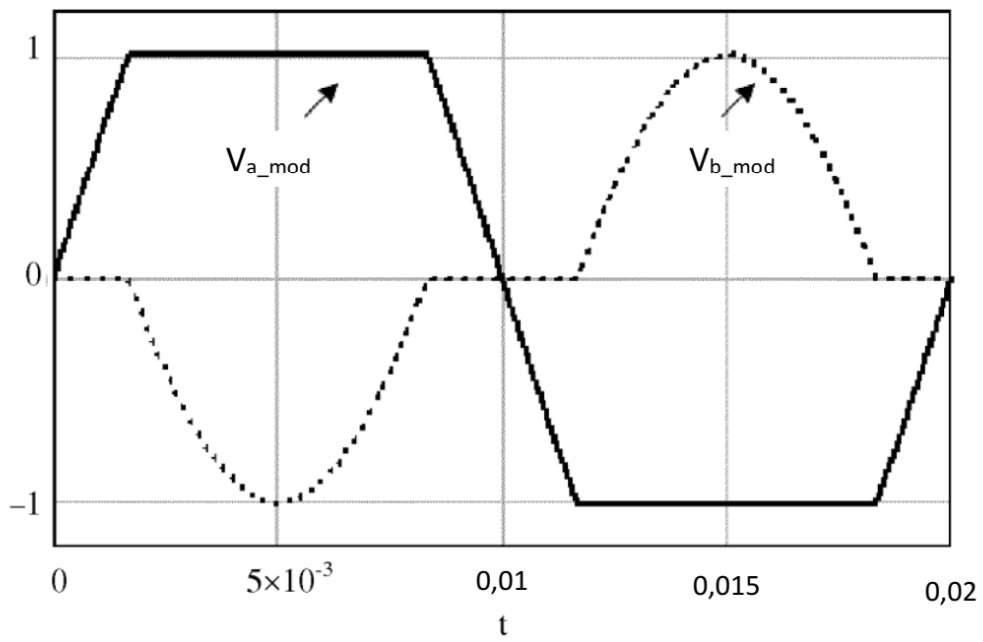


FIGURA 8A

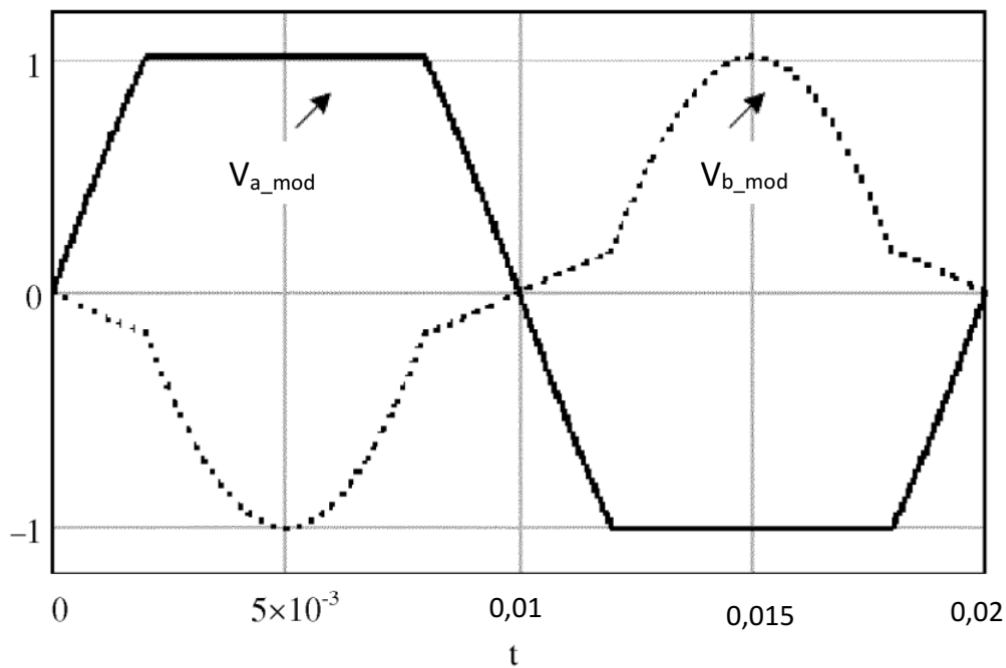


FIGURA 8B

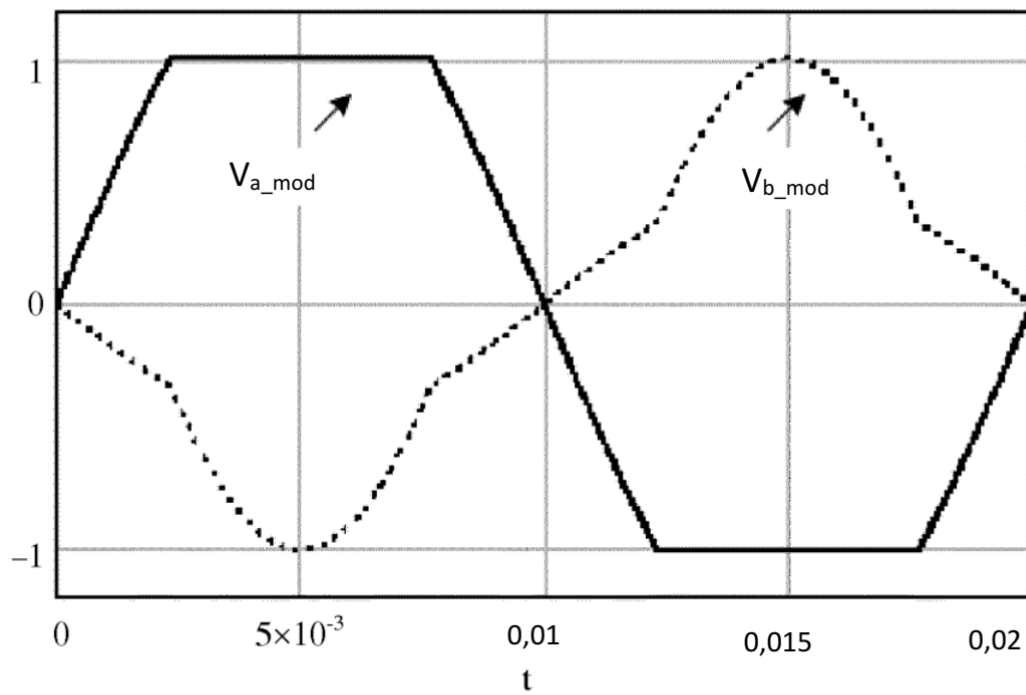


FIGURA 8C

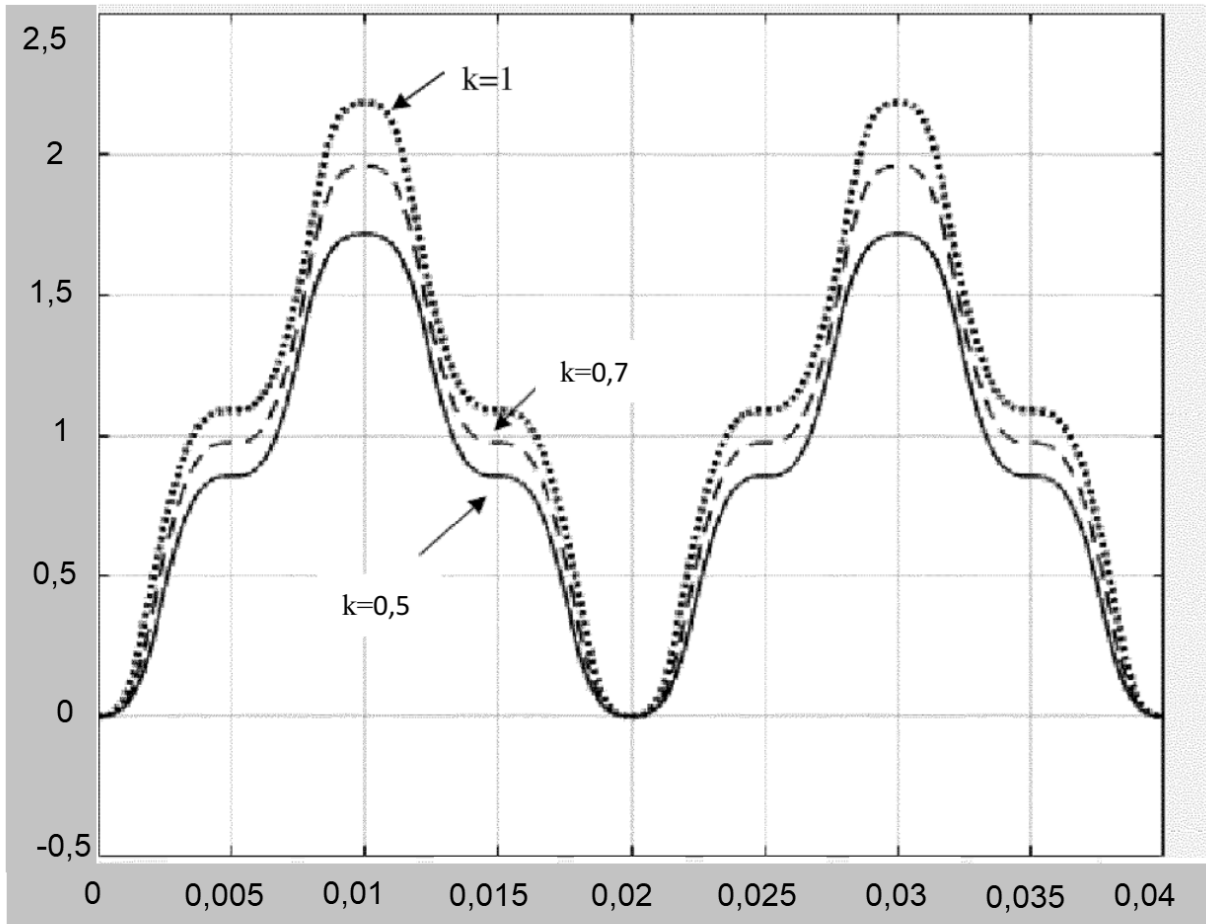


FIGURA 9

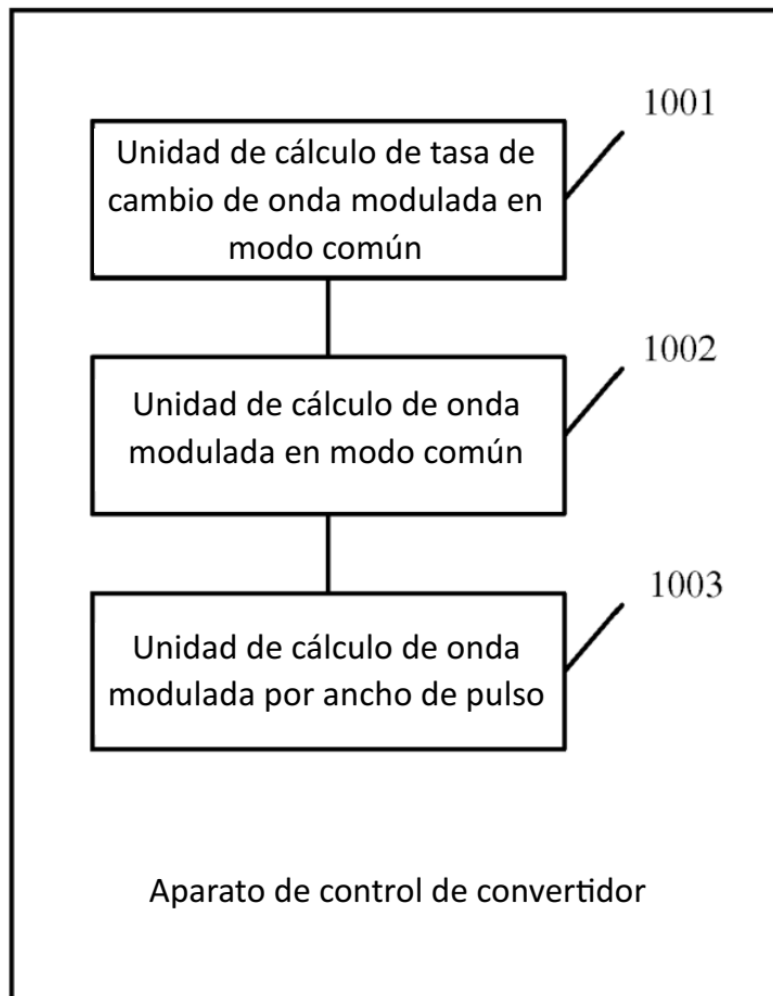


FIGURA 10