

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 988 039**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/40 (2006.01)

H02M 7/48 (2007.01)

H02M 7/493 (2007.01)

H02M 7/5395 (2006.01)

H02M 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2017** E 22185955 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2024** EP 4148942

54 Título: **Método para sincronizar señales de control de PWM de inversores, inversor y sistema de red de energía eléctrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.11.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

YUAN, HONGWEN;
XU, FUQIANG y
LIU, FANGCHENG

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 988 039 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 para sincronizar señales de control de PWM de inversores, inversor y sistema de red de energía eléctrica

Campo técnico

5 Esta solicitud está relacionada con el campo de las tecnologías de potencia eléctrica, y, en particular, con un método para sincronizar señales de control de PWM de inversores, un inversor y un sistema de red de energía eléctrica.

Antecedentes

10 Un inversor es un aparato de conversión de potencia que convierte una corriente continua en una corriente alterna, y se aplica ampliamente en la industria moderna de energía eléctrica. En algunos escenarios industriales tales como un campo fotovoltaico, conforme aumenta la capacidad instalada, cada vez es más popular que una pluralidad de inversores se conecten en paralelo. Cuando una pluralidad de inversores fotovoltaicos se conectan en paralelo para su funcionamiento, como estos inversores tienen diferentes osciladores de cristal de DSP (digital signal processor, procesador de señales digitales), las fases de las ondas portadoras de PWM (pulse width modulation, modulación por ancho de pulsos) están fuera de sincronización. Como resultado, las señales de control de PWM de los inversores están fuera de sincronización, y en consecuencia, entre los inversores se generan circulaciones ondulantes de alta frecuencia. Las circulaciones de alta frecuencia se superponen sobre las corrientes fundamentales que salen de los inversores, provocando distorsiones graves. Las distorsiones de corriente no únicamente aumentan las pérdidas a los inversores y reducen la eficiencia del sistema, sino que también amenazan la seguridad de componentes internos de los inversores. El documento CN 104 868 769 B divulga un método de control autosincronizado de portadora de PWM basado en modulación sincrónica y cruce por cero de tensión de red eléctrica.

Compendio

25 Realizaciones de esta solicitud proporcionan un método para sincronizar señales de control de PWM de inversores, un inversor y un sistema de red de energía eléctrica, de modo que las señales de control de PWM de inversores conectados a una red de energía eléctrica se pueden sincronizar.

Para lograr el objetivo anterior, se usan las siguientes soluciones técnicas en las realizaciones de esta solicitud.

30 Según un primer aspecto, se proporciona un método para sincronizar señales de control de PWM de los inversores, donde un terminal de tensión de corriente continua de un circuito de inversor del inversor se conecta a un suministro de energía externo, y un terminal de tensión de corriente alterna del circuito de inversor del inversor se conecta a un punto de empalme común de corriente alterna de una red de energía eléctrica, y el método incluye: obtener una fase θ de una tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica, en donde obtener la fase θ de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica incluye: bloquear en fase la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica para obtener una forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica y obtener la fase de la tensión de corriente alterna a partir de la forma de onda de fase; determinar un periodo de tiempo T_{θ} durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro de un intervalo de umbral de fase preestablecido, cuando se detecta que la fase θ de la tensión de corriente alterna ha alcanzado un umbral de fase, donde el umbral de fase es una fase de inicio del intervalo de umbral de fase preestablecido; calcular un periodo T_c de una onda portadora preestablecida en función de una ratio de onda portadora preestablecida N_T y el periodo de tiempo T_{θ} ; generar la onda portadora preestablecida $C_0(t)$ en función del periodo T_c de la onda portadora preestablecida; y generar una señal de control de PWM del inversor en función de una señal de modulación de PWM y la onda portadora preestablecida $C_0(t)$, de modo que el circuito de inversor del inversor convierte una tensión de corriente continua del suministro de energía de corriente continua externo en la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en función de la señal de control de PWM. En la solución anterior, la fase θ de la red de energía eléctrica se toma por referencia en un proceso de generar una señal de control de PWM de cada inversor conectado a la red de energía eléctrica. Por lo tanto, se puede evitar que las señales de control de PWM de los inversores estén fuera de sincronización porque los inversores tienen diferentes osciladores de cristal de DSP, para asegurar la sincronización de las señales de control de PWM de los inversores.

45 En una implementación de ejemplo, bloquear en fase la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica para obtener una forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica incluye al menos las siguientes dos maneras:

55 manera 1: bloquear en fase la tensión de red de energía eléctrica usando un algoritmo de bloqueo de fase predeterminado, para obtener la forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica, donde el algoritmo de bloqueo de fase predeterminado incluye al menos cualquiera de lo que sigue: un único bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico, un único bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico con un método de componentes simétricos, un bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico doble desacoplado, y un bucle bloqueado en fase por software en función de un integrador generalizado de segundo orden doble; y

manera 2: obtener cualquier fase de tensión de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica; detectar un punto de tensión de cruce por cero y una frecuencia de tensión de la fase de tensión, y obtener, en función del punto de tensión de cruce por cero y la frecuencia de tensión, una primera forma de onda correspondiente al punto de tensión de cruce por cero, y una segunda forma de onda correspondiente a un ciclo de tensión positiva y un ciclo de tensión negativa que están en dos lados del punto de tensión de cruce por cero; y obtener la forma de onda de fase de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en función de la primera forma de onda y la segunda forma de onda.

En una implementación de ejemplo, determinar un periodo de tiempo T_{θ} durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro de un intervalo de umbral de fase preestablecido, cuando se detecta que la fase θ de la tensión de corriente alterna ha alcanzado un umbral de fase incluye: desencadenar un recuento cuando se detecta que la fase θ de la tensión de corriente alterna ha alcanzado el umbral de fase; obtener una cantidad de periodo de recuento entre el recuento desencadenado actual y un recuento desencadenado siguiente; y determinar, en función de la cantidad de periodo de recuento y un espacio de tiempo Δt de un recuento, el periodo de tiempo T_{θ} durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro del intervalo de umbral de fase preestablecido.

En una implementación de ejemplo, generar la onda portadora preestablecida $C_o(t)$ en función del periodo T_c de la onda portadora preestablecida incluye: generar la onda portadora preestablecida $C_o(t)$ en función del periodo T_c de la onda portadora teórica, una fase inicial de la onda portadora preestablecida, y una amplitud de la onda portadora preestablecida.

En una implementación de ejemplo, generar una señal de control de PWM del inversor en función de una señal de modulación de PWM y la onda portadora preestablecida $C_o(t)$ incluye: sustituir una onda portadora de inversor actual $C(t)$ con la onda portadora preestablecida $C_o(t)$; y generar la señal de control de PWM del inversor en función de la señal de modulación de PWM y la nueva onda portadora de inversor actual $C(t)$.

En una implementación de ejemplo, generar una señal de control de PWM del inversor en función de una señal de modulación de PWM y la onda portadora preestablecida $C_o(t)$ incluye: comparar la onda portadora preestablecida $C_o(t)$ con una onda portadora de inversor actual $C(t)$ para generar un valor de regulación de onda portadora; actualizar la onda portadora de inversor actual $C(t)$ en función del valor de regulación de onda portadora; y generar la señal de control de PWM del inversor en función de la señal de modulación de PWM y la onda portadora de inversor actual actualizada $C(t)$. Comparar la onda portadora preestablecida $C_o(t)$ con una onda portadora de inversor actual $C(t)$ para generar un valor de regulación de onda portadora incluye: comparar la onda portadora preestablecida $C_o(t)$ con la onda portadora de inversor actual $C(t)$ para generar una diferencia de onda portadora; y realizar, en función de la diferencia de onda portadora, uno o más del siguiente al menos un control: un control proporcional, un control integral y un control diferencial, para generar el valor de regulación de onda portadora.

Según un segundo aspecto, se proporciona un inversor, donde un terminal de tensión de corriente continua de un circuito de inversor del inversor se conecta a un suministro de energía de corriente continua externo, un terminal de tensión de corriente alterna del circuito de inversor del inversor se conecta a un punto de empalme común de corriente alterna de una red de energía eléctrica, y el inversor incluye:

un módulo de sincronización de onda portadora, configurado para obtener una fase θ de una tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica; determinar un periodo de tiempo T_{θ} durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro de un intervalo de umbral de fase preestablecido, cuando se detecta que la fase θ de la tensión de corriente alterna ha alcanzado un umbral de fase, donde el umbral de fase es una fase de inicio del intervalo de umbral de fase preestablecido; calcular un periodo T_c de una onda portadora preestablecida en función de una ratio de onda portadora preestablecida y el periodo de tiempo T_{θ} ; y generar la onda portadora preestablecida $C_o(t)$ en función del periodo T_c de la onda portadora preestablecida;

un módulo de modulación, configurado para generar una señal de control de PWM del inversor en función de una señal de modulación de PWM y la onda portadora preestablecida que es generada por el módulo de sincronización de onda portadora; y

el circuito de inversor, configurado para convertir una tensión de corriente continua del suministro de energía de corriente continua externo en la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en función de la señal de control de PWM generada por el módulo de modulación.

En la solución anterior, la fase θ de la red de energía eléctrica se toma por referencia en un proceso de generar una señal de control de PWM de cada inversor conectado a la red de energía eléctrica. Por lo tanto, se puede evitar que las señales de control de PWM de los inversores estén fuera de sincronización porque los inversores tienen diferentes osciladores de cristal de DSP, para asegurar la sincronización de las señales de control de PWM de los inversores.

En una implementación de ejemplo, el módulo de sincronización de onda portadora se configura específicamente para: bloquear en fase la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica para obtener una forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica; y obtener la fase de la tensión de corriente alterna a partir

de la forma de onda de fase. Que el módulo de sincronización de onda portadora bloquea en fase la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica para obtener una forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica incluye al menos las siguientes dos maneras:

5 manera 1: el módulo de sincronización de onda portadora se configura específicamente para: bloquear en fase la tensión de red de energía eléctrica usando un algoritmo de bloqueo de fase predeterminado, para obtener la forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica, donde el algoritmo de bloqueo de fase predeterminado incluye al menos cualquiera de lo que sigue: un único bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico, un único bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico con un método de componentes simétricos, un bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico doble desacoplado, y un bucle bloqueado en fase por software en función de un integrador generalizado de segundo orden doble; y

10 manera 2: el módulo de sincronización de onda portadora se configura específicamente para: obtener cualquier fase de tensión de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica; detectar un punto de tensión de cruce por cero y una frecuencia de tensión de la fase de tensión, y obtener, en función del punto de tensión de cruce por cero y la frecuencia de tensión, una primera forma de onda correspondiente al punto de tensión de cruce por cero, y una segunda forma de onda correspondiente a un ciclo de tensión positiva y un ciclo de tensión negativa que están en dos lados del punto de tensión de cruce por cero; y obtener la forma de onda de fase de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en función de la primera forma de onda y la segunda forma de onda.

20 En una implementación de ejemplo, el módulo de sincronización de onda portadora se configura específicamente para: desencadenar un recuento cuando se detecta que la fase θ de la tensión de corriente alterna ha alcanzado el umbral de fase; obtener una cantidad de periodo de recuento N_{ct} (una cantidad de Δt -s) entre el recuento desencadenado actual y un recuento desencadenado siguiente; y determinar, en función de la cantidad de periodo de recuento N_{ct} y un espacio de tiempo Δt de un recuento, el periodo de tiempo T_{θ} durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro del intervalo de umbral de fase preestablecido.

25 En una implementación de ejemplo, el módulo de sincronización de onda portadora se configura específicamente para generar la onda portadora preestablecida $C_o(t)$ en función del periodo T_c de la onda portadora teórica, una fase inicial de la onda portadora preestablecida, y una amplitud de la onda portadora preestablecida.

30 En una implementación de ejemplo, el módulo de modulación incluye: un submódulo de control de carga, configurado para sustituir una onda portadora de inversor actual $C(t)$ con la onda portadora preestablecida $C_o(t)$; y un submódulo de modulación, configurado para generar la señal de control de PWM del inversor en función de la señal de modulación de PWM y la nueva onda portadora de inversor actual $C(t)$ que es obtenida por el submódulo de control de carga.

35 En una implementación de ejemplo, el módulo de modulación incluye: un submódulo de control de carga, configurado para comparar la onda portadora preestablecida $C_o(t)$ con una onda portadora de inversor actual $C(t)$ para generar un valor de regulación de onda portadora; y actualizar la onda portadora de inversor actual $C(t)$ en función del valor de regulación de onda portadora; y

40 un submódulo de modulación, configurado para generar la señal de control de PWM del inversor en función de la señal de modulación de PWM y la onda portadora de inversor actual $C(t)$ que es actualizada por el submódulo de control de carga, donde el submódulo de control de carga se configura específicamente para: comparar la onda portadora preestablecida $C_o(t)$ con la onda portadora de inversor actual $C(t)$ para generar una diferencia de onda portadora; y realizar, en la diferencia de onda portadora, uno o más del siguiente al menos un control: un control proporcional, un control integral y un control diferencial, para generar el valor de regulación de onda portadora.

45 Según un tercer aspecto, se proporciona un sistema de red de energía eléctrica, que incluye al menos dos grupos de inversores, donde terminales de tensión de corriente continua de los inversores se conectan a un suministro de energía de corriente continua externo, y terminales de tensión de corriente alterna de los inversores se conectan a un punto de empalme común de corriente alterna de una red de energía eléctrica; y cada uno de los inversores son cualquier inversor descrito en el segundo aspecto.

50 Se puede entender que cualquier inversor o sistema de red de energía eléctrica proporcionado arriba se puede usar para realizar el método, proporcionado arriba, para sincronizar señales de control de PWM de inversores en el primer aspecto. Por lo tanto, para efectos beneficiosos que se pueden lograr por el inversor o el sistema de red de energía eléctrica, consúltense los efectos beneficiosos del método para sincronizar señales de control de PWM de inversores y soluciones correspondientes a las siguientes realizaciones específicas. En esta memoria no se describen detalles.

55

Breve descripción de los dibujos

Para describir más claramente las soluciones técnicas en las realizaciones de esta solicitud o en la técnica anterior, a continuación, se describen brevemente los dibujos adjuntos requeridos para describir las realizaciones o la técnica anterior.

- 5 La FIG. 1 es un diagrama estructural esquemático de un sistema de red de energía eléctrica según una realización de la presente invención;
- la FIG. 2 es un diagrama de flujo esquemático de un método para sincronizar señales de control de PWM de inversores según una realización de la presente invención;
- 10 la FIG. 3 es un diagrama esquemático de una implementación de un bucle bloqueado en fase según una realización de la presente invención;
- la FIG. 4 es un diagrama esquemático de una forma de onda de salida de un bucle bloqueado en fase según una realización de la presente invención;
- la FIG. 5 es un diagrama esquemático de una implementación de un bucle bloqueado en fase según otra realización de la presente invención;
- 15 la FIG. 6 es un diagrama esquemático de un umbral de fase según una realización de la presente invención;
- la FIG. 7 es un diagrama esquemático de un umbral de fase según otra realización de la presente invención;
- la FIG. 8 es un diagrama esquemático de un umbral de fase según todavía otra realización de la presente invención;
- 20 la FIG. 9 es un diagrama esquemático de un método para generar una onda portadora preestablecida $C_o(t)$ según una realización de la presente invención;
- la FIG. 10 es un diagrama esquemático de un método para generar una onda portadora de inversor $C(t)$ según una realización de la presente invención;
- la FIG. 11 es un diagrama esquemático de un método para generar una onda portadora de inversor $C(t)$ según otra realización de la presente invención;
- 25 la FIG. 12 es un diagrama de flujo esquemático de un método para sincronizar señales de control de PWM de inversores según otra realización de la presente invención;
- la FIG. 13 es un diagrama estructural esquemático de un inversor según una realización de la presente invención; y
- 30 la FIG. 14 es un diagrama estructural esquemático de un inversor según otra realización de la presente invención.

Descripción de realizaciones

A continuación se describen las realizaciones de esta solicitud con referencia a los dibujos adjuntos.

Primero, un escenario de aplicación de la realizaciones de la presente invención se describe como sigue.

35 Las realizaciones de la presente invención se aplican a un sistema de red de energía eléctrica de conversión corriente continua-corriente alterna en el campo de tecnologías de energía eléctrica. El sistema puede incluir al menos dos grupos de inversores, donde terminales de tensión de corriente continua de los inversores se conectan a un suministro de energía de corriente continua externo, y terminales de tensión de corriente alterna de los inversores se conectan a un punto de empalme común de corriente alterna de una red de energía eléctrica. Un típico suministro de energía de corriente continua externo puede ser un aparato principal de generación de potencia fotovoltaica, un aparato principal de generación de potencia eólica, un aparato principal de potencia hidráulica, una batería de corriente continua de almacenamiento de energía, o un aparato generador de potencia de corriente continua o un aparato de almacenamiento de energía en otros escenarios. Una forma del suministro de energía de corriente continua externo no se limita en esta solicitud.

45 Se usa como ejemplo un escenario en el que dos inversores se conectan en paralelo. Haciendo referencia a la FIG. 1, una realización de la presente invención proporciona un sistema de red de energía eléctrica, que incluye: un suministro de energía de corriente continua externo, inversores y una red de energía eléctrica. Un inversor #1 y un inversor #2 pueden ser inversores independientes que tienen bus de corriente continua no común, esto es, cada uno del inversor #1 y el inversor #2 se conecta a un suministro de energía de corriente continua externo independiente. Como alternativa, un inversor #1 y un inversor #2 pueden ser inversores que tienen un bus de

corriente continua común, esto es, el inversor #1 y el inversor #2 se conectan a un suministro de energía de corriente continua externo usando un bus de corriente continua (no se muestra en la figura).

5 Un principio de trabajo del sistema de red de energía eléctrica es de la siguiente manera: El inversor refuerza e invierte energía eléctrica del suministro de energía de corriente continua externo, y luego transmite la energía a la red de energía eléctrica. El inversor proporciona una señal de control de PWM cuya fase es constante respecto a la red de energía eléctrica de corriente alterna para un circuito de inversor en función de una fase de una tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en la técnica anterior, fases de señales de control de PWM de dos inversores están fuera de sincronización, y posiblemente son variables en el tiempo e indefinidas. Las fases de señales de control de PWM generadas en esta realización de esta solicitud pueden mantenerse alejadas de
10 impacto de un efecto variable en el tiempo para alcanzar un estado estable, de modo que la fases de las señales de control de PWM de la dos inversores tienden a ser idénticas

En función del anterior sistema de red de energía eléctrica, haciendo referencia a la FIG. 2, un método para sincronizar señales de control de PWM de inversores específicamente incluye las siguientes etapas.

S101: Obtener una fase θ de una tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica

15 Como se muestra en la FIG. 1, la red de energía eléctrica usualmente incluye una línea de transmisión, un transformador de aislamiento y similares. En algunos escenarios de aplicación, la red de energía eléctrica puede incluir además una caja de conexiones. Como se muestra en la FIG. 1, un inverter#1 y un inverter#2 se conectan a la red de energía eléctrica usualmente usando la caja de conexiones. El transformador de aislamiento es generalmente un transformador de caja ascendente, e incluye un devanado de lado primario, un devanado de lado secundario, y un núcleo magnético. En la etapa S101, la fase θ de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica generalmente se obtiene del devanado de lado primario lado del transformador de aislamiento, esto es, se obtiene en un lado de baja tensión. Una longitud de un intervalo eficaz de la fase θ de la tensión de corriente alterna es 2π , y una fase de salida real θ es cualquier valor en $[-\pi, \pi)$ o $[0, 2\pi)$.

25 La etapa S101 puede ser específicamente: bloquear en fase la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica para obtener una forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica; y obtener la fase de la tensión de corriente alterna a partir de la forma de onda de fase. Un principio del mismo es de la siguiente manera: Una frecuencia y una fase de la tensión de red de energía eléctrica puede seguirse y obtenerse usando un bucle bloqueado en fase, para obtener la forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica, donde la forma de onda de fase es usualmente una onda triangular de 0 grados a 360 grados. El bucle bloqueado en fase puede ser un bucle bloqueado en fase por software o un bucle bloqueado en fase por hardware; o un bucle bloqueado trifásico o un bucle bloqueado monofásico en función de una cantidad de fases; o un bucle bloqueado en fase abierto o un bucle bloqueado en fase cerrado en función de una estructura de control.

Bloquear en fase la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica para obtener una forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica incluye al menos las siguientes dos maneras.

35 Manera 1: Una manera de bucle bloqueado en fase por software se usa para la implementación, y específicamente es: bloquear en fase la tensión de red de energía eléctrica usando un algoritmo de bloqueo de fase predeterminado, para obtener la forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica, donde el algoritmo de bloqueo de fase predeterminado incluye al menos cualquiera de lo que sigue: un único bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico, un único bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico con un método de componentes simétricos, un bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico doble desacoplado, y un bucle bloqueado en fase por software en función de un integrador generalizado de segundo orden doble.

Haciendo referencia a la FIG. 3, se proporciona una implementación de un bucle bloqueado en fase por software trifásico

45 Primero, un módulo $T_{3s/2s}$ convierte tensiones (V_a, V_b, V_c) de la red de energía eléctrica trifásica en tensiones (V_α, V_β) en una trama de referencia estacionaria bifásica. En este proceso, se puede usar una transformada de Clarke (Clarke), y una fórmula de cálculo es:

$$\begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix}$$

50 Un módulo $T_{2s/2r}$ convierte las tensiones (V_α, V_β) en la trama de referencia estacionaria bifásica en tensiones (V_d, V_q) en una trama de referencia rotatoria sincrónica. En este proceso, se puede usar una transformada de Park (Park), y una fórmula de cálculo es:

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix}$$

En esta memoria, θ es una salida de fase del bucle bloqueado en fase, y cantidades sinusoidales en la trama de referencia estacionaria trifásica (abc) se pueden transformar en cantidades de corriente continua en la trama de referencia rotatoria sincrónica bifásica (dq) a través de las dos transformadas anteriores.

- 5 La V_q calculada se introduce a un controlador PI (Proportional Integral Controller), y una salida del controlador PI y una frecuencia angular nominal $\omega_{\#}$ se añaden para obtener una frecuencia angular real ω_0 . Según un principio de trabajo del controlador PI, la salida del controlador PI permanece constante únicamente cuando V_q es igual a 0. En este caso, el bucle bloqueado en fase entero deja de controlar, y una fase de salida es la misma que la fase de la tensión trifásica.
- 10 Después de obtenerse la frecuencia angular real ω_0 , un módulo de integral 1/s realiza una operación integral en ω_0 para obtener una fase inicial θ_1 , y un módulo de módulo Mod realiza una operación de modulo en θ_1 para obtener un resto de dividir θ_1 por 2π . El resto es la fase de salida θ . Un valor de θ se puede limitar entre 0 y 2π a través de la operación de módulo, para evitar desbordamiento. Finalmente, un diagrama esquemático de una salida forma de onda de fase se muestra en la FIG. 4.
- 15 Manera 2: Una manera de bucle bloqueado en fase por hardware se usa para la implementación, y específicamente incluye: obtener cualquier fase de tensión de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica; detectar un punto de tensión de cruce por cero y una frecuencia de tensión de la fase de tensión, y obtener, en función del punto de tensión de cruce por cero y la frecuencia de tensión, una primera forma de onda correspondiente al punto de tensión de cruce por cero, y una segunda forma de onda correspondiente a un ciclo de tensión positiva y un ciclo de tensión negativa que están en dos lados del punto de tensión de cruce por cero; y obtener la forma de onda de fase de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en función de la primera forma de onda y la segunda forma de onda.

Como se muestra en la FIG. 5, se proporciona un diagrama estructural esquemático de un bucle bloqueado en fase por hardware

- 25 Se usa como ejemplo una tensión de corriente alterna de fase A de la red de energía eléctrica. Después de que la tensión de corriente alterna de fase A es procesada por un transformador de tensión, un punto de cruce por cero y una frecuencia de tensión de la tensión de corriente alterna de fase A se detectan en tiempo real usando un circuito de detección de punto de cruce por cero. Una primera forma de onda correspondiente al punto de tensión de cruce por cero se obtiene en función del punto de tensión de cruce por cero y la frecuencia de tensión, donde la primera forma de onda incluye una señal de impulso positiva correspondiente a un punto de cruce por cero positivo, y una señal de impulso positiva correspondiente a un punto de cruce por cero negativo. Adicionalmente, se obtiene una segunda forma de onda correspondiente a un ciclo de tensión positiva y un ciclo de tensión negativa que están en dos lados del punto de tensión de cruce por cero, donde la segunda forma de onda incluye una señal de onda cuadrada positiva en un semiciclo positivo, y una señal de onda cuadrada positivo en un semiciclo negativo.
- 30 Entonces, la primera forma de onda y la segunda forma de onda se proporcionan para una CPU de backend como señales de referencia de sincronización de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica, y la CPU de backend rastrea variaciones de frecuencia de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en función de la primera forma de onda y la segunda forma de onda para obtener una forma de onda de fase $\sin\theta / \cos\theta$ de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica. La CPU de backend puede ser un chip de procesamiento digital, o un chip programable lógico.
- 35
- 40

S102: Determinar un periodo de tiempo T_θ durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro de un intervalo de umbral de fase preestablecido, cuando se detecta que la fase θ de la tensión de corriente alterna ha alcanzado un umbral de fase

- 45 El umbral de fase θ es una fase de inicio del intervalo de umbral de fase preestablecido. Por ejemplo, se eligen N fases constantes de un intervalo efectivo de fases de corriente alterna con una longitud de 2π , y la N fases constantes se usan como umbrales de fase preestablecidos, donde N es un número natural mayor o igual a 1. El intervalo efectivo de fases de corriente alterna con la longitud de 2π se divide igualmente por la N umbrales de fase, y un espaciamiento de fases entre dos umbrales de fase preestablecidos adyacentes es $\Delta\theta = 2\pi/N$.

- 50 Por ejemplo, si se establecen umbrales trifásicos, los umbrales trifásicos pueden ser respectivamente 0, $2\pi/3$, y $4\pi/3$ con un espaciamiento de fases de $2\pi/3$ entre cada dos umbrales de fase adyacentes. Como se muestra en la FIG. 6, un círculo se divide en tres partes iguales, y se usan puntos de división en tres partes iguales como umbrales de fase.

Para otro ejemplo, si se establecen cinco umbrales de fase, los cinco umbrales de fase pueden ser respectivamente 0, $2\pi/5$, $4\pi/5$, $6\pi/5$, y $8\pi/5$ con un espaciamiento de fases de $2\pi/5$ entre cada dos umbrales de fase adyacentes.

Específicamente, como se muestra en la FIG. 7, un círculo se divide en cinco partes iguales, y se usan puntos de división en cinco partes iguales los umbrales de fase.

La etapa 102 es específicamente de la siguiente manera.

5 S1: Desencadenar un recuento cuando se detecta que la fase θ de la tensión de corriente alterna ha alcanzado el umbral de fase

S2: Obtener una cantidad de periodo de recuento N_{ct} (una cantidad de Δt -s) entre el recuento desencadenado actual y un recuento desencadenado siguiente.

10 S3: Determinar, en función de la cantidad de periodo de recuento N_{ct} y un espacio de tiempo Δt de un recuento, el periodo de tiempo T_θ durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro del intervalo de umbral de fase preestablecido.

Por ejemplo, el espacio de tiempo T_θ durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro del intervalo de umbral de fase preestablecido es un espacio de tiempo para que la fase θ de la tensión de corriente alterna vaya un umbral de fase preestablecido anterior a un umbral de fase actual. Una manera específica de obtención es: cuando la fase θ de la tensión de corriente alterna es igual al umbral de fase anterior, desencadenar un contador para que cuente desde 1 (la cantidad de periodo de recuento $N_{ct} = 1$); y cuando la fase θ de la tensión de corriente alterna es igual al umbral de fase actual, lectura la cantidad de periodo de recuento N_{ct} del contador, y establecer el contador a 1 para empezar un siguiente ronda de recuento, donde T_θ es igual a la cantidad de periodo de recuento actual N_{ct} multiplicado por el espacio de tiempo Δt de un recuento. Ejemplos de ir desde el umbral de fase anterior al umbral de fase actual son de 0 a $2\pi/5$, de $2\pi/5$ a $4\pi/5$, de $4\pi/5$ a $6\pi/5$, etc. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 8 y la FIG. 9, se eligen dos fases constantes de un intervalo efectivo de fase de tensión de corriente alterna con una longitud de 2π , como umbrales de fase, que son respectivamente 0 y π . Entonces, dos intervalo de umbral de fase preestablecidos son $[0, \pi]$ y $[\pi, 2\pi]$. En este caso, cuando la salida de fase θ , de la tensión de corriente alterna, en la etapa S101 es igual a 0 o π , se desencadena un recuento; y cuando θ es 0 o π , se lee el valor de recuento N_{ct} del contador, y el contador se establece a 1 para empezar un siguiente ronda de recuento. Un espacio de tiempo de un último tiempo cuando el contador se establece a 1 al momento actual cuando el contador se establece a 1 se obtiene en función de $T_\theta = \Delta t \cdot N_{ct}$, donde el espacio de tiempo es correspondientemente el espacio de tiempo T_θ durante el que la fase θ de la tensión de corriente alterna va desde el umbral de fase anterior al umbral de fase actual, esto es, el periodo de tiempo T_θ durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro del intervalo de umbral de fase preestablecido.

30 S103: Calcular un periodo T_c de una onda portadora preestablecida en función de una ratio de onda portadora preestablecida N_T y el periodo de tiempo T_θ .

La etapa S103 es específicamente: dividir T_θ por la ratio de onda portadora preestablecida N_T para obtener el periodo T_c de la onda portadora preestablecida, donde la ratio de onda portadora preestablecida N_T se establece usualmente con referencia a una frecuencia F_n de la red de energía eléctrica y un conmutación frecuencia F_{sw} del inversor, y $N_T = F_{sw}/F_n$. Cuando la frecuencia F_n de la red de energía eléctrica es constante, un mayor ratio de onda portadora preestablecida N_T indica que una forma de onda salida por el inversor está más cerca de una onda sinusoidal, y, desde luego, también requiere una frecuencia de conmutación F_{sw} más alta del inversor. Usualmente, en China, una frecuencia F_n de una red de energía eléctrica es 50 Hz, y cuando una frecuencia de conmutación F_{sw} de un inversor usado es mayor o igual 10 kHz, N_T se establece para que sea mayor o igual a 200.

40 S104: Generar la onda portadora preestablecida $Co(t)$ en función del periodo T_c de la onda portadora preestablecida.

Como se muestra en la FIG. 9, después de obtenerse el periodo T_c de la onda portadora preestablecida, la onda portadora preestablecida $Co(t)$ se genera en función del periodo T_c de la onda portadora preestablecida, una fase inicial θ_0 de la onda portadora preestablecida $Co(t)$, y una amplitud A de la onda portadora preestablecida $Co(t)$. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 9, la fase inicial θ_0 de la onda portadora preestablecida $Co(t)$ es 0 , la amplitud A de la onda portadora preestablecida $Co(t)$ es 1, y la onda portadora preestablecida $Co(t)$ se genera con una forma de onda triangular o una forma de onda de diente de sierra.

S105: Generar una señal de control de PWM de un inversor en función de una señal de modulación de PWM y la onda portadora preestablecida $Co(t)$, de modo que un circuito de inversor del inversor convierte una tensión de corriente continua del suministro de energía de corriente continua externo en la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en función de la señal de control de PWM.

La etapa S105 puede implementarse en una manera de sustitución gradual o una manera de sustitución directa de la siguiente manera.

Manera 1: Cuando se usa sustitución directa, se incluyen las siguientes etapas:

a. Sustituir una onda portadora de inversor actual $C(t)$ con la onda portadora preestablecida $Co(t)$.

b. Generar la señal de control de PWM del inversor en función de la señal de modulación de PWM y la nueva onda portadora de inversor actual $C(t)$.

5 Como se muestra en la FIG. 10, después de obtenerse la onda portadora preestablecida $C_0(t)$, y cuando la fase θ de la tensión de corriente alterna es igual al umbral de fase preestablecido π , la onda portadora de inversor actual $C(t)$ se sustituye con la onda portadora sincrónica $C_0(t)$, y la onda portadora original $C(t)$ del inversor permanece sin cambios antes de la sustitución.

Manera 2: Cuando se usa sustitución gradual, se incluyen las siguientes etapas:

a. Comparar la onda portadora preestablecida $C_0(t)$ con una onda portadora de inversor actual $C(t)$ para generar un valor de regulación de onda portadora.

10 b. Actualizar la onda portadora de inversor actual $C(t)$ en función del valor de regulación de onda portadora.

c. Generar la señal de control de PWM del inversor en función de la señal de modulación de PWM y la onda portadora de inversor actual actualizada $C(t)$.

15 Como se muestra en la FIG. 11, la etapa a en la manera 2 anterior puede implementarse usando un comparador y un controlador, y la etapa b puede implementarse usando un sumador. Específicamente, la onda portadora preestablecida $C_0(t)$ y la onda portadora de inversor actual $C(t)$ se introducen a la comparador para calcular una diferencia de onda portadora. La diferencia de onda portadora se introduce al controlador para realizar, en la diferencia de onda portadora, uno o más del siguiente al menos un control: un control proporcional, un control integral y un control diferencial, para generar el valor de regulación de onda portadora. El valor de regulación de onda portadora y la onda portadora de inversor actual $C(t)$ se añaden para actualizar la onda portadora de inversor actual $C(t)$.

20 Las etapas anteriores S101 a S105 pueden implementarse integrando un segmento de programa de software en un DSP sin cambiar instalaciones de hardware del inversor actual. Específicamente, como se muestra en la FIG. 12, las etapas anteriores S101 a S105 pueden implementarse en recursos de interrupción de DSP. La interrupción es un proceso que se ejecuta cíclicamente a una frecuencia constante. Cada interrupción tiene que originarse interna o externamente, y después de ejecutarse todos los programas de interrupción, se sale de la interrupción hasta que se origina una nueva interrupción. Después de entrar a un programa de interrupción, primero, se ejecuta un programa de interrupción 1, luego se realizan las etapas S101 a S105, y entonces, se ejecuta un programa de interrupción 2. Entonces, se ejecutan todos los programas de interrupción. Entonces, cuando se origina una siguiente interrupción, se entra a la interrupción de nuevo para ejecutar todos los programas de interrupción de nuevo. El programa de interrupción 1 es un segmento de programa desde cuando se entra a la interrupción a cuando se inician las etapas S101 a S105. El programa de interrupción 2 es un segmento de programa desde cuando finalizan las etapas S101 a S105 a cuando finaliza la interrupción. Una parte entre el programa de interrupción 1 y el programa de interrupción 2 son las etapas S101 a S105.

35 En la solución anterior, la fase θ de la red de energía eléctrica se toma por referencia en un proceso de generar una señal de control de PWM de cada inversor conectado a la red de energía eléctrica. Por lo tanto, se puede evitar que las señales de control de PWM de los inversores estén fuera de sincronización porque los inversores tienen diferentes osciladores de cristal de DSP, para asegurar la sincronización de las señales de control de PWM de los inversores.

40 Una realización de esta solicitud proporciona un inversor. Como se muestra en la FIG. 1, un terminal de tensión de corriente continua de un circuito de inversor del inversor se conecta a un suministro de energía de corriente continua externo, y un terminal de tensión de corriente alterna del circuito de inversor del inversor se conecta a un punto de empalme común de corriente alterna de una red de energía eléctrica. El inversor se configura para realizar el método anterior para sincronizar señales de control de PWM de inversores. Como se muestra en la FIG. 1 y la FIG. 13, un inversor 13 incluye un módulo de sincronización de onda portadora 1301, un módulo de modulación 1302 y un circuito de inversor 1303. El módulo de sincronización de onda portadora 1301 se configura para soportar el inversor para realizar los procesos S101 a S104 en la FIG. 2, el módulo de modulación 1302 se configura para que el inversor realice un proceso S105 en la FIG. 2, y el circuito de inversor 1303 se configura para convertir una tensión de corriente continua del suministro de energía de corriente continua externo en una tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en función de una señal de control de PWM. Adicionalmente, como se muestra en la FIG. 14, el módulo de modulación 1302 específicamente incluye: un submódulo de control de carga 13021, configurado para sustituir una onda portadora de inversor actual $C(t)$ con una onda portadora preestablecida $C_0(t)$; y un submódulo de modulación 13022, configurado para generar la señal de control de PWM del inversor en función de una señal de modulación de PWM y la nueva onda portadora de inversor actual $C(t)$ que es obtenida por el submódulo de control de carga 13021. Como alternativa, el módulo de modulación 1302 específicamente incluye: un submódulo de control de carga 13021, configurado para comparar la onda portadora preestablecida $C_0(t)$ con una onda portadora de inversor actual $C(t)$ para generar un valor de regulación de onda portadora, y actualizar la onda portadora de inversor actual $C(t)$ en función del valor de regulación de onda portadora; y un submódulo de modulación 13022, configurado para generar la señal de control de PWM del inversor en función de una señal de

5 modulación de PWM y la onda portadora de inversor actual $C(t)$ que es actualizada por el submódulo de control de carga 13021. El submódulo de control de carga 13021 se configura específicamente para: comparar la onda portadora preestablecida $C_0(t)$ con la onda portadora de inversor actual $C(t)$ para generar una diferencia de onda portadora; y realizar, en función de la diferencia de onda portadora, uno o más del siguiente al menos un control: un control proporcional, un control integral y un control diferencial, para generar el valor de regulación de onda portadora. Todo el contenido relacionado de las etapas en la realización de método anterior puede incorporarse en descripciones de funciones de módulos funcionales por referencia. En esta memoria no se describen de nuevo detalles.

10 En las varias realizaciones proporcionadas en esta solicitud, debe entenderse que el sistema, el dispositivo y el método descritos pueden implementarse de otras maneras. Por ejemplo, la forma de realización de dispositivo descrita es meramente un ejemplo. Por ejemplo, la división de unidad es meramente división funcional lógica y puede ser otra división en una implementación real. Por ejemplo, una pluralidad de unidades o componentes pueden combinarse o integrarse en otro sistema, o algunos rasgos pueden ignorarse o no realizarse
15 adicionalmente, los acoplamientos mutuos o acoplamientos directos o conexiones de comunicación expuestos o discutidos pueden ser acoplamientos indirectos o conexiones de comunicación a través de algunas interfaces, dispositivos o unidades, y pueden implementarse en forma eléctrica, forma mecánica u otra forma.

20 Las descripciones anteriores son meramente implementaciones específicas de esta solicitud, pero no se pretende limitar el alcance de protección de esta solicitud. Cualquier variación o sustitución fácilmente imaginada por un experto en la técnica dentro del alcance técnico descrito en esta solicitud se encuentra dentro del alcance de protección de esta solicitud. Por lo tanto, el alcance de protección de esta solicitud se verá sujeto al alcance de protección de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para sincronizar señales de control de PWM de inversores, en donde un terminal de tensión de corriente continua de un circuito de inversor de un inversor entre los inversores se conecta a un suministro de energía de corriente continua externo, un terminal de tensión de corriente alterna del circuito de inversor del inversor se conecta a un punto de empalme común de corriente alterna de una red de energía eléctrica, y el método comprende:
- 5 obtener (S101) una fase de una tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica, en donde obtener (S101) la fase de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica comprende: bloquear en fase la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica para obtener una forma de onda de fase de una tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica; y obtener la fase de la tensión de corriente alterna de la forma de onda de fase;
- 10 determinar (S102) un periodo de tiempo durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro de un intervalo de umbral de fase preestablecido, cuando se detecta que la fase de la tensión de corriente alterna ha alcanzado un umbral de fase, en donde el umbral de fase es una fase de inicio del intervalo de umbral de fase preestablecido;
- 15 calcular (S103) un periodo de una onda portadora preestablecida en función de una ratio de onda portadora preestablecida y el periodo de tiempo;
- generar (S104) la onda portadora preestablecida en función del periodo de la onda portadora preestablecida; y
- 20 generar (S105) una señal de control de PWM del inversor en función de una señal de modulación de PWM y la onda portadora preestablecida, de modo que el circuito de inversor del inversor convierte una tensión de corriente continua del suministro de energía de corriente continua externo en la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en función de la señal de control de PWM.
2. El método según la reivindicación 1, en donde bloquear en fase la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica para obtener una forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica comprende:
- 25 bloquear en fase la tensión de red de energía eléctrica usando un algoritmo de bloqueo de fase predeterminado, para obtener la forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica, en donde el algoritmo de bloqueo de fase predeterminado comprende al menos cualquiera de lo que sigue: un único bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico, un único bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico con un método de componentes simétricos, un bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico doble desacoplado, y un bucle bloqueado en fase por software en función de un integrador generalizado de segundo orden doble.
- 30 3. El método según la reivindicación 1, en donde bloquear en fase la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica para obtener una forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica comprende:
- obtener cualquier fase de tensión de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica;
- 35 detectar un punto de tensión de cruce por cero y una frecuencia de tensión de la fase de tensión, y obtener, en función del punto de tensión de cruce por cero y la frecuencia de tensión, una primera forma de onda correspondiente al punto de tensión de cruce por cero, y una segunda forma de onda correspondiente a un ciclo de tensión positiva y un ciclo de tensión negativa que están en dos lados del punto de tensión de cruce por cero; y
- 40 obtener la forma de onda de fase de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en función de la primera forma de onda y la segunda forma de onda.
4. El método según la reivindicación 1, en donde determinar (S102) un periodo de tiempo durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro de un intervalo de umbral de fase preestablecido, cuando se detecta que la fase de la tensión de corriente alterna ha alcanzado un umbral de fase comprende:
- 45 desencadenar un recuento cuando se detecta que la fase de la tensión de corriente alterna ha alcanzado el umbral de fase;
- obtener una cantidad de periodo de recuento entre el recuento desencadenado actual y un recuento desencadenado siguiente; y
- 50 determinar, en función de la cantidad de periodo de recuento y un espacio de tiempo de un recuento, el periodo de tiempo durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro del intervalo de umbral de fase preestablecido.
5. El método según la reivindicación 1, en donde generar (S104) la onda portadora preestablecida en función del periodo de la onda portadora preestablecida comprende:

generar la onda portadora preestablecida en función del periodo de la onda portadora preestablecida, una fase inicial de la onda portadora preestablecida, y una amplitud de la onda portadora preestablecida.

6. El método según la reivindicación 1, en donde generar (S 105) una señal de control de PWM del inversor en función de una señal de modulación de PWM y la onda portadora preestablecida comprende:

5 sustituir una onda portadora de inversor actual con la onda portadora preestablecida; y

generar la señal de control de PWM del inversor en función de la señal de modulación de PWM y la nueva onda portadora de inversor actual.

7. El método según la reivindicación 1, en donde generar (S105) una señal de control de PWM del inversor en función de una señal de modulación de PWM y la onda portadora preestablecida comprende:

10 comparar la onda portadora preestablecida con una onda portadora de inversor actual para generar un valor de regulación de onda portadora;

actualizar la onda portadora de inversor actual en función del valor de regulación de onda portadora; y

generar la señal de control de PWM del inversor en función de la señal de modulación de PWM y la onda portadora de inversor actual actualizada.

15 8. El método según la reivindicación 7, en donde comparar la onda portadora preestablecida con una onda portadora de inversor actual para generar un valor de regulación de onda portadora comprende:

comparar la onda portadora preestablecida con la onda portadora de inversor actual para generar una diferencia de onda portadora; y

20 realizar, en función de la diferencia de onda portadora, uno o más del siguiente al menos un control: un control proporcional, un control integral y un control diferencial, para generar el valor de regulación de onda portadora.

9. Un inversor (13), en donde un terminal de tensión de corriente continua de un circuito de inversor (1303) del inversor (13) se configura para conectarse a un suministro de energía de corriente continua externo, un terminal de tensión de corriente alterna del circuito de inversor (1303) del inversor (13) se configura para conectarse a un punto de empalme común de corriente alterna de una red de energía eléctrica, y el inversor (13) comprende:

25 un módulo de sincronización de onda portadora (1301), configurado para obtener una fase de una tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica; determinar un periodo de tiempo durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro de un intervalo de umbral de fase preestablecido, cuando se detecta que la fase de la tensión de corriente alterna ha alcanzado un umbral de fase, en donde el umbral de fase es una fase de inicio del intervalo de umbral de fase preestablecido; calcular un periodo de una onda portadora preestablecida en función de una ratio de onda portadora preestablecida y el periodo de tiempo; y generar la onda portadora preestablecida en función del periodo de la onda portadora preestablecida;

30 un módulo de modulación (1302), configurado para generar una señal de control de PWM del inversor (13) en función de una señal de modulación de PWM y la onda portadora preestablecida que es generada por el módulo de sincronización de onda portadora (1301); y

35 el circuito de inversor (1303), configurado para convertir una tensión de corriente continua del suministro de energía de corriente continua externo en la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en función de la señal de control de PWM generada por el módulo de modulación (1302), en donde el módulo de sincronización de onda portadora (1301) se configura específicamente para: bloquear en fase la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica para obtener una forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica; y obtener la fase de la tensión de corriente alterna a partir de la forma de onda de fase.

40 10. El inversor (13) según la reivindicación 9, en donde el módulo de sincronización de onda portadora (1301) se configura específicamente para: bloquear en fase la tensión de red de energía eléctrica usando un algoritmo de bloqueo de fase predeterminado, para obtener la forma de onda de fase de la tensión de red de energía eléctrica, en donde el algoritmo de bloqueo de fase predeterminado comprende al menos cualquiera de lo que sigue: un único bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico, un único bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico con un método de componentes simétricos, un bucle bloqueado en fase por software de trama de referencia sincrónico doble desacoplado, y un bucle bloqueado en fase por software en función de un integrador generalizado de segundo orden doble.

50 11. El inversor (13) según la reivindicación 9, en donde el módulo de sincronización de onda portadora (1301) se configura específicamente para: obtener cualquier fase de tensión de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica; detectar un punto de tensión de cruce por cero y una frecuencia de tensión de la fase de tensión, y obtener, en función del punto de tensión de cruce por cero y la frecuencia de tensión, una primera forma de onda correspondiente al punto de tensión de cruce por cero, y una segunda forma de onda correspondiente a un ciclo

de tensión positiva y un ciclo de tensión negativa que están en dos lados del punto de tensión de cruce por cero; y obtener la forma de onda de fase de la tensión de corriente alterna de la red de energía eléctrica en función de la primera forma de onda y la segunda forma de onda.

- 5 12. El inversor (13) según la reivindicación 9, en donde el módulo de sincronización de onda portadora (1301) se configura específicamente para: desencadenar un recuento cuando se detecta que la fase de la tensión de corriente alterna ha alcanzado el umbral de fase; obtener una cantidad de periodo de recuento entre el recuento desencadenado actual y un recuento desencadenado siguiente; y determinar, en función de la cantidad de periodo de recuento y un espacio de tiempo de un recuento, el periodo de tiempo durante el que la fase de la tensión de corriente alterna varía dentro del intervalo de umbral de fase preestablecido.
- 10 13. El inversor (13) según la reivindicación 9, en donde el módulo de sincronización de onda portadora (1301) se configura específicamente para generar la onda portadora preestablecida en función del periodo de la onda portadora preestablecida, una fase inicial de la onda portadora preestablecida, y una amplitud de la onda portadora preestablecida.
- 15 14. El inversor (13) según la reivindicación 9, en donde el módulo de modulación (1302) comprende: un submódulo de control de carga (13021), configurado para sustituir una onda portadora de inversor actual con la onda portadora preestablecida; y
un submódulo de modulación (13022), configurado para generar la señal de control de PWM del inversor en función de la señal de modulación de PWM y la nueva onda portadora de inversor actual que es obtenida por el submódulo de control de carga (13021).
- 20 15. Un sistema de red de energía eléctrica, que comprende al menos dos grupos de inversores, en donde terminales de tensión de corriente continua de los inversores se conectan a un suministro de energía de corriente continua externo, y terminales de tensión de corriente alterna de los inversores se conectan a un punto de empalme común de corriente alterna de una red de energía eléctrica, en donde
cada uno de los inversores un inversor (13) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14.

25

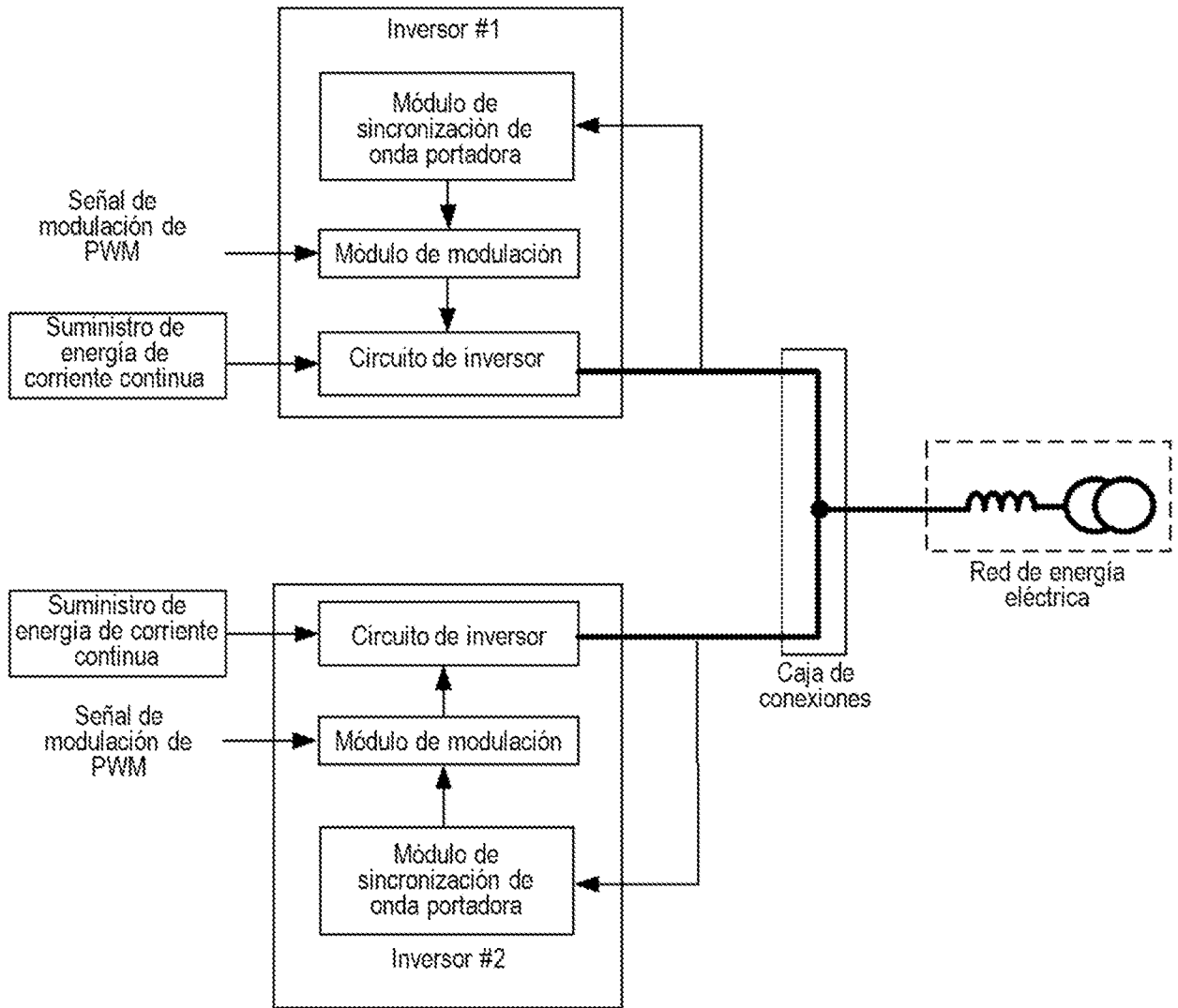


FIG. 1

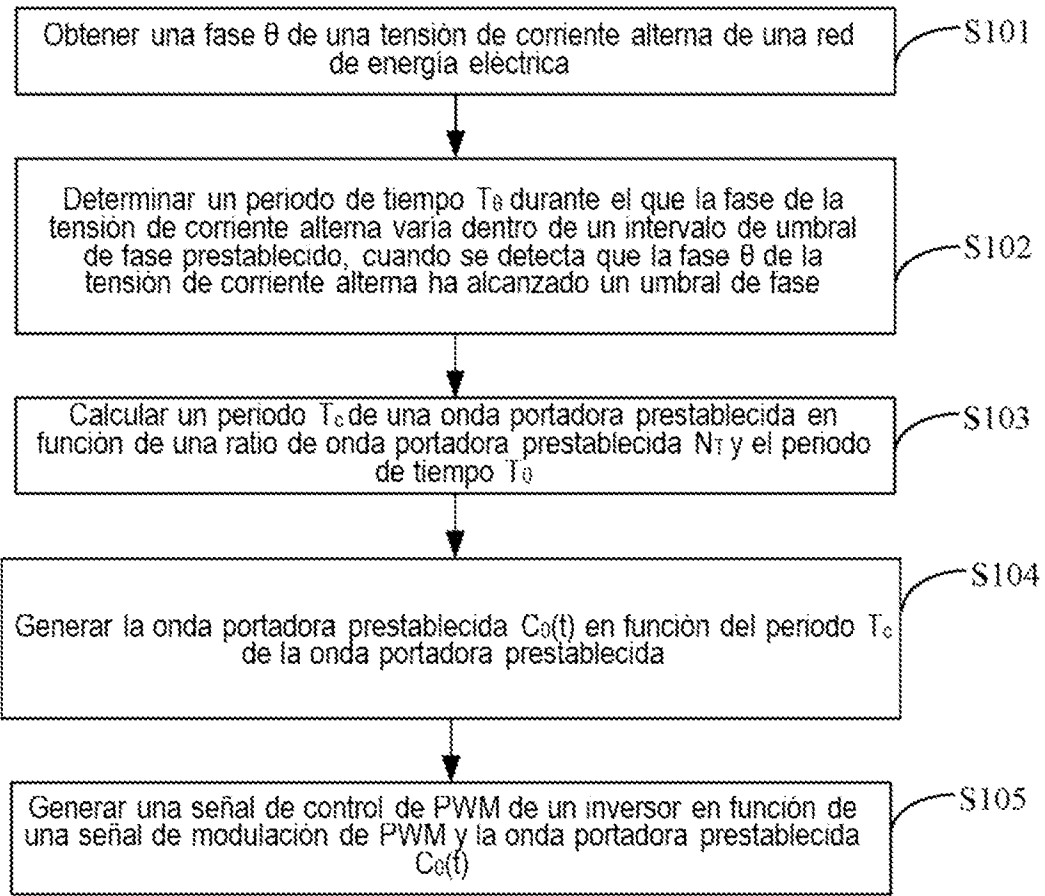


FIG. 2

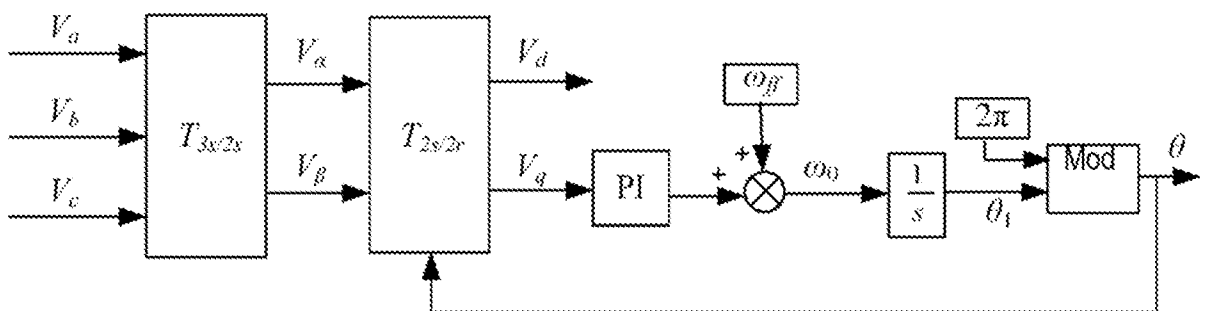


FIG. 3

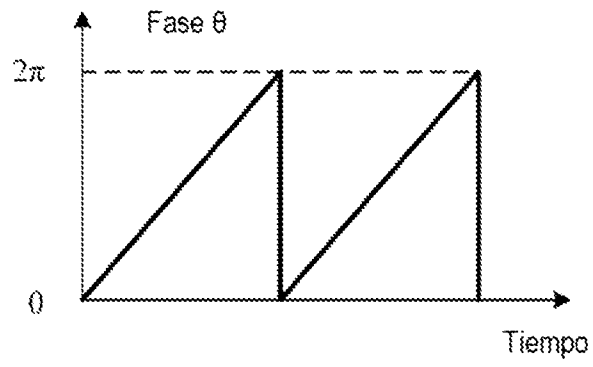


FIG. 4

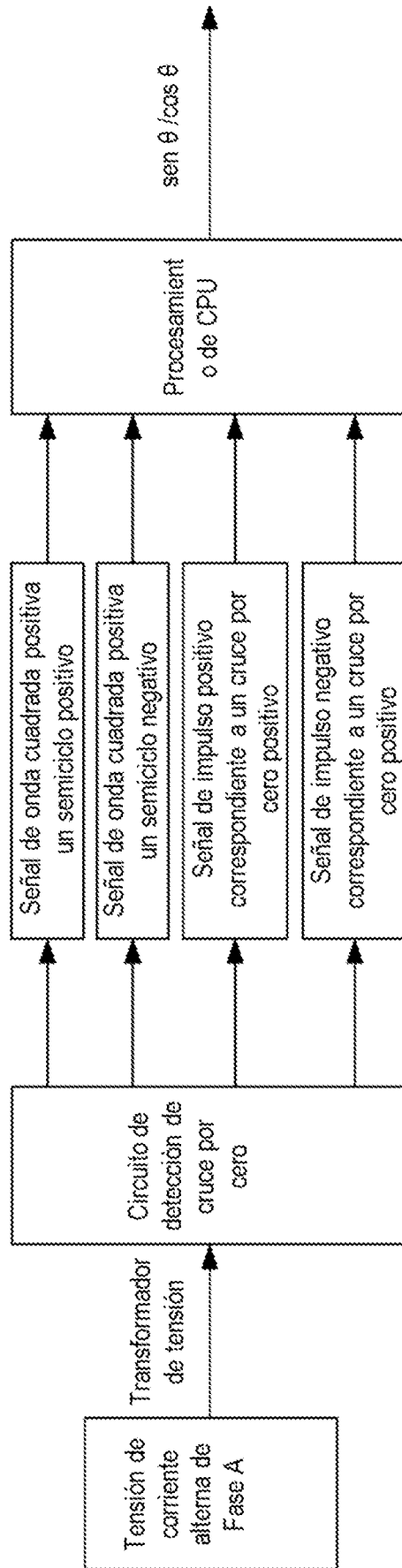


FIG. 5

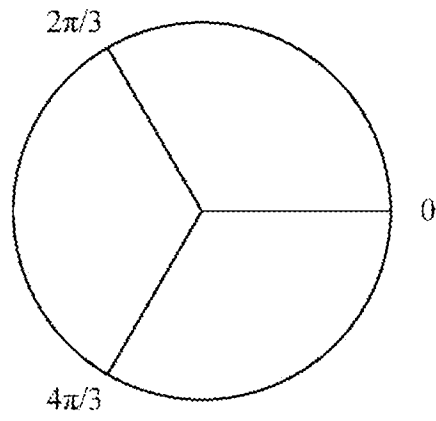


FIG. 6

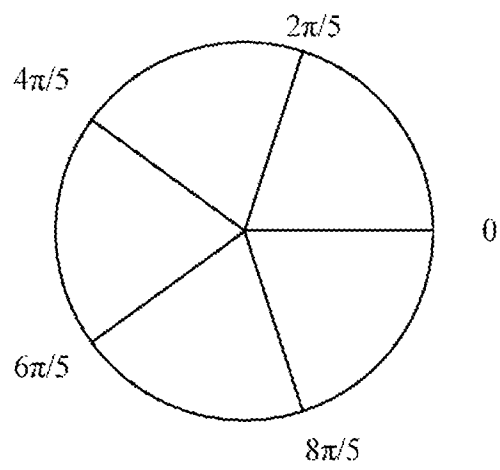


FIG. 7

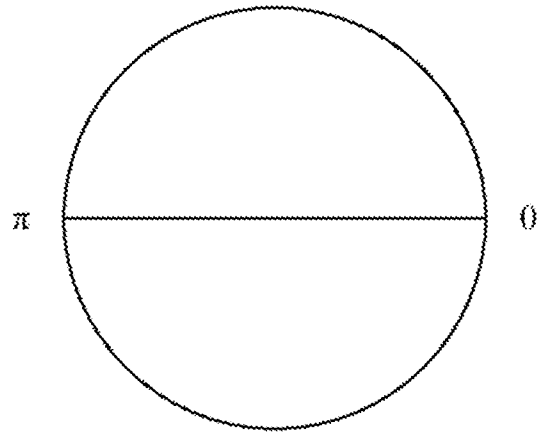


FIG 8

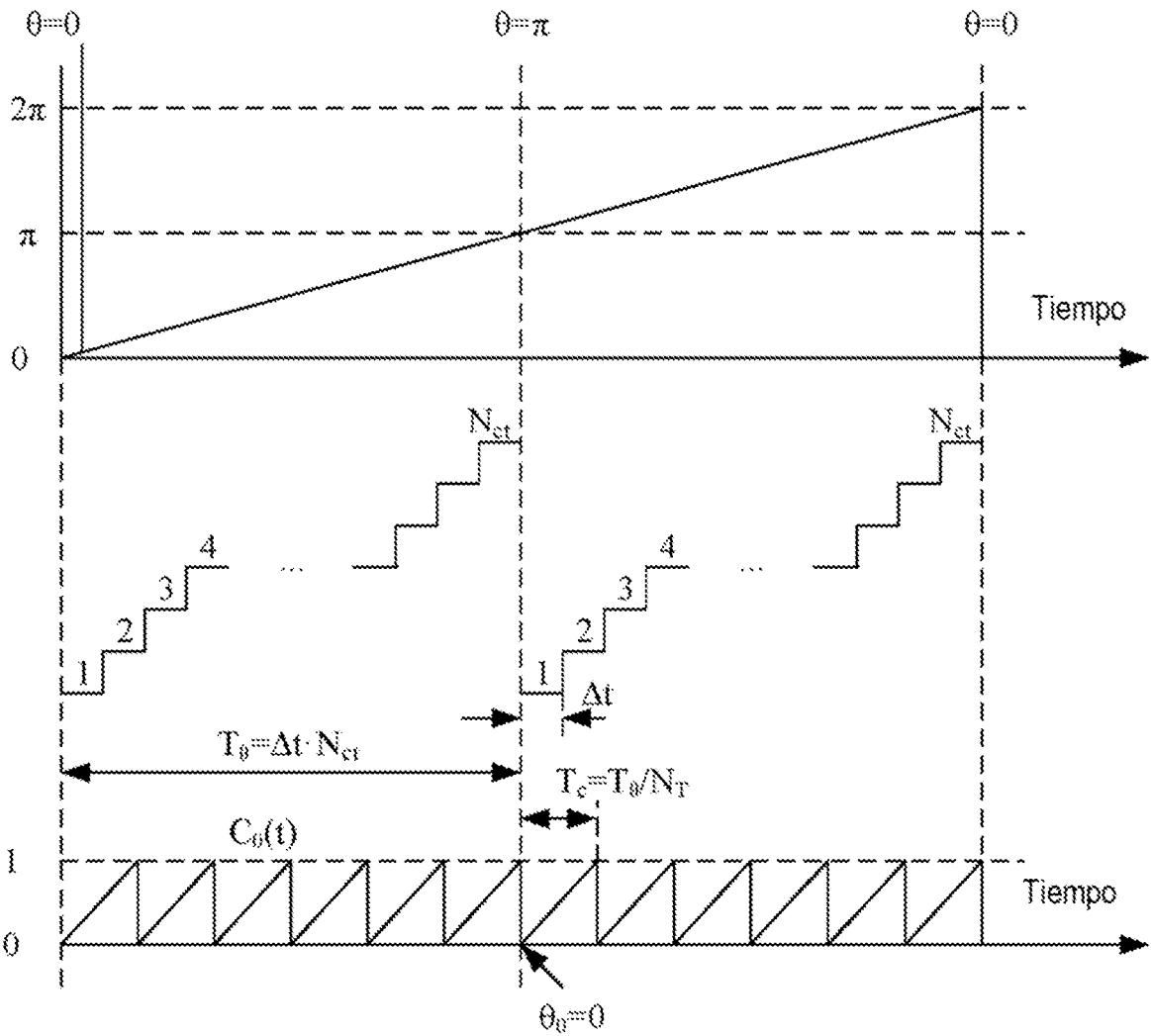


FIG 9

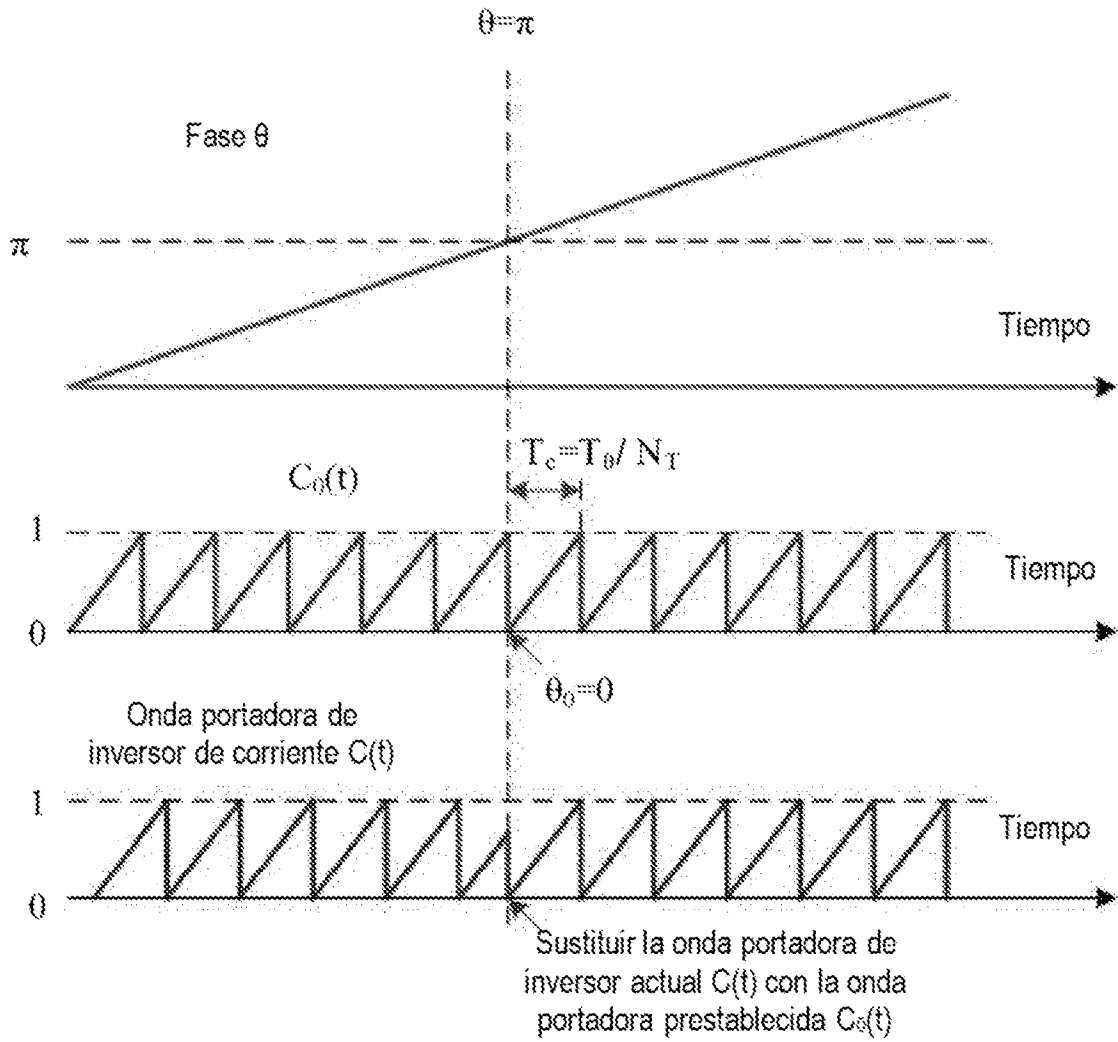


FIG 10

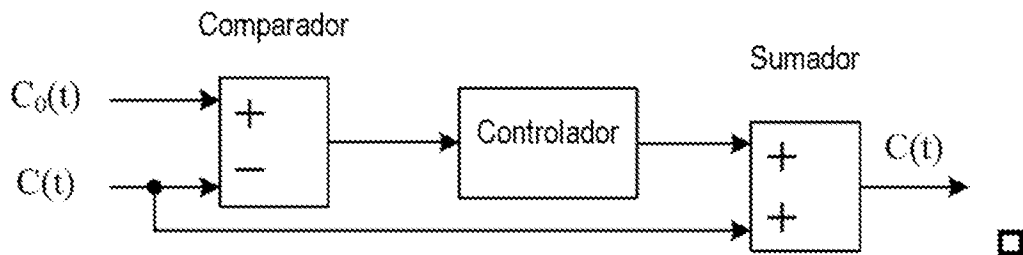


FIG 11

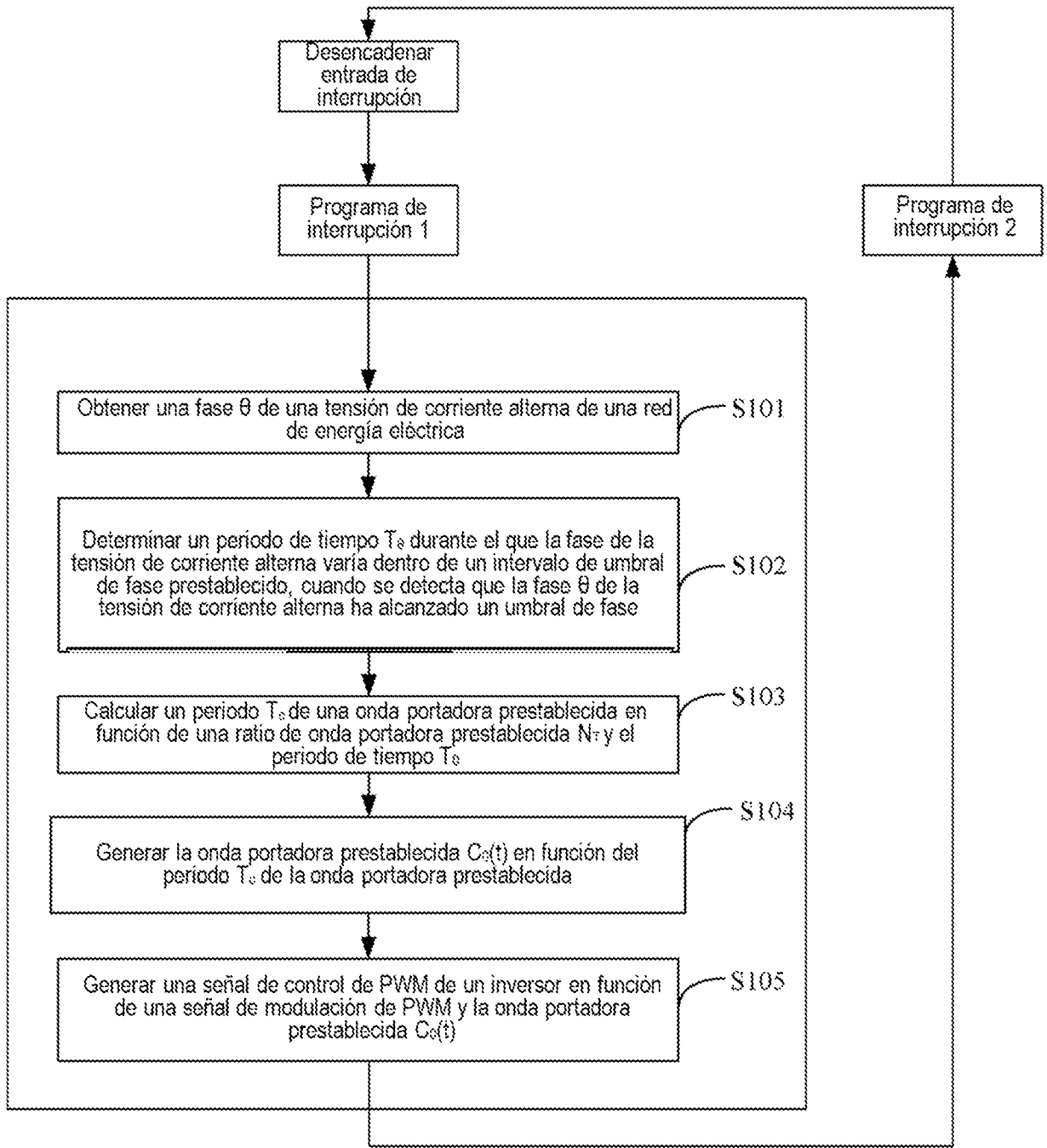


FIG. 12

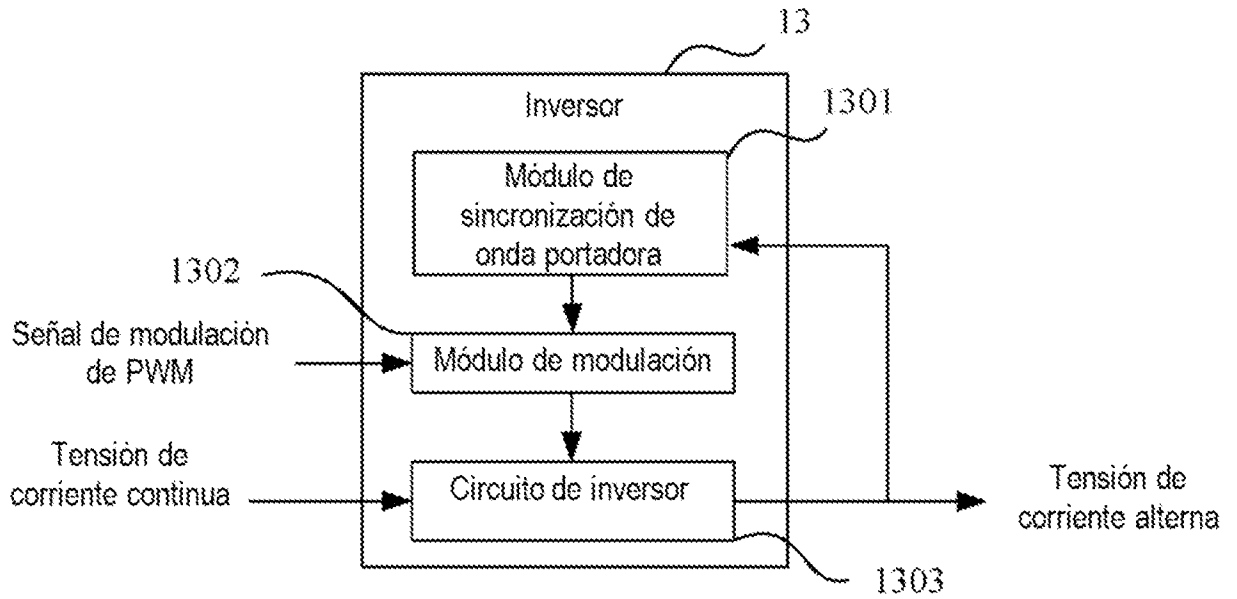


FIG. 13

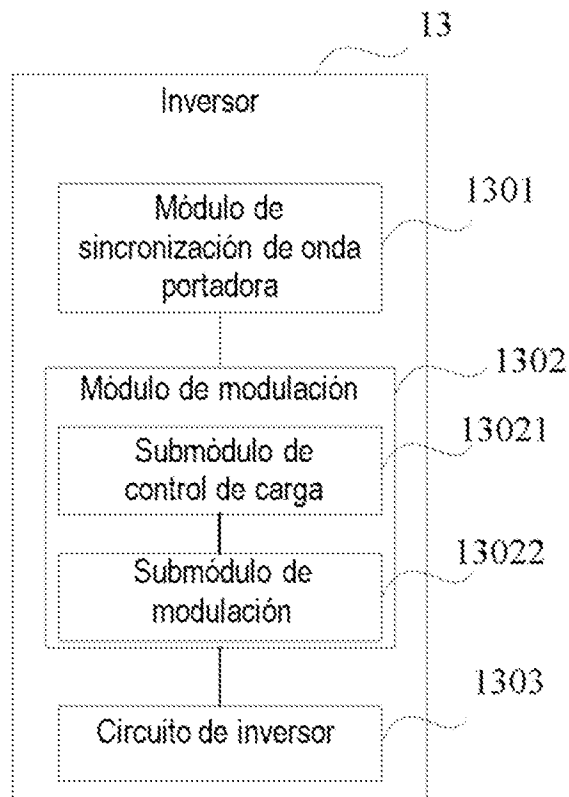


FIG. 14