(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 712 889**

(51) Int. Cl.:

H02M 7/48 (2007.01)
H02M 1/00 (2006.01)
H02M 7/5387 (2007.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.07.2009 PCT/JP2009/062652**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **18.03.2010 WO10029808**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2009 E 09812956 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2325991**

(54) Título: **Circuito de control de inversor y sistema inversor de interconexión que comprende dicho circuito de control de inversor**

(30) Prioridad:

11.09.2008 JP 2008232838
05.12.2008 JP 2008310712

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.05.2019

(73) Titular/es:

DAIHEN CORPORATION (100.0%)
2-1-11, Tagawa, Yodogawa-ku Osaka-shi
Osaka 532-8512, JP

(72) Inventor/es:

HATTORI NOBUYUKI;
MOROTOMI NORIYUKI y
TSUKIYAMA DAISUKE

(74) Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 712 889 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

Circuito de control de inversor y sistema inversor de interconexión que comprende dicho circuito de control de inversor

SECTOR TÉCNICO

La presente invención se refiere a un circuito de control de inversor para controlar un circuito inversor trifásico mediante una señal PWM, y se refiere asimismo a un sistema inversor interactivo con la red eléctrica que incluye dicho circuito de control de inversor.

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

Se han desarrollado sistemas inversores interactivos con la red eléctrica para convertir una alimentación de CC generada, por ejemplo, por una batería solar, en alimentación de CA para suministrar a un sistema de alimentación trifásico la alimentación de CA. Un sistema inversor interactivo con la red eléctrica utiliza generalmente un circuito inversor trifásico de puente completo. El circuito inversor trifásico de puente completo incluye un circuito en puente constituido por tres conjuntos de dos elementos de conmutación conectados en serie (en adelante, dicho conjunto se denominará un "brazo"), conectados en paralelo, y está configurado para obtener tres salidas correspondientes a la fase U, la fase V y la fase W desde el punto de conexión entre los elementos de conmutación de cada uno de los brazos. El circuito inversor trifásico convierte cada una de las señales de control de tensión de fase (señales de tensión de onda sinusoidal de una fase desplazada en 2π/3 entre sí), que representa una salida objetivo de cada fase, en una señal PWM y controla la acción de conectar/desconectar los elementos de conmutación de cada brazo del circuito inversor con la señal PWM, controlando de ese modo que se entregue una señal de tensión de CA desde el circuito inversor a la fase U, la fase V y la fase W, respectivamente.

La figura 22 es un diagrama de bloques para explicar un ejemplo de un sistema inversor interactivo con la red eléctrica que incluye un circuito de control de inversor convencional.

En la figura, el circuito inversor -2- en el sistema inversor -A'- está constituido por un circuito inversor trifásico de puente completo. A cada brazo del circuito en puente del circuito inversor -2- se aplica una tensión de CC que se introduce desde una fuente -1- de alimentación de CC. A los seis elementos de conmutación en total, que consisten en dos elementos de conmutación dispuestos en cada brazo, se introducen respectivamente seis señales PWM introducidas desde un circuito -6'- de control de inversor. Las señales PWM controlan la acción de conexión/desconexión de los seis elementos de conmutación, de tal modo que el circuito inversor -2- entrega señales de tensión de CA de pulsos, correspondientes a la fase U, la fase V y la fase W, respectivamente.

En la figura 22, la línea de señal desde el circuito -6'- de control de inversor al circuito inversor -2- está dibujada con seis líneas oblicuas, que indican el número de líneas de señal para la señal PWM. Por lo tanto, la figura 22 significa que se introducen seis señales PWM en el circuito inversor -2- desde el circuito -6'- de control de inversor para los seis elementos de conmutación.

El circuito -3- de filtro elimina componentes de alta frecuencia, tales como un ruido de conmutación, de las tres señales de tensión de CA de pulsos entregadas desde el circuito inversor -2-, convirtiendo de ese modo las señales de tensión de CA de pulsos en señales de tensión de CA en forma de onda sinusoidal. A continuación, la amplitud de las tres señales de tensión de CA de onda sinusoidal (correspondientes a la fase U, la fase V y la fase W) se ajusta mediante un circuito transformador -4-, para ser entregada a la fase correspondiente en un sistema -5-. En el sistema inversor -A'-, cada una de las tres señales de tensión de fase entregada desde el circuito transformador -4- al sistema -5- tiene que ser emparejada con la señal de tensión de CA de la fase correspondiente del sistema -5-. A tal efecto, el circuito -6'- de control de inversor genera la señal de control de tensión de fase de las fases para representar la salida objetivo básicamente de acuerdo con la señal de tensión de fase de cada fase en el sistema -5-, con el fin de generar una señal PWM PSu comparando la señal Su de control de tensión de fase con una señal portadora predeterminada (señal de onda triangular) Sc, tal como se muestra en la figura 23.

La figura 23 muestra el principio de generación de la señal PWM PSu para un elemento de conmutación que constituye el brazo correspondiente a la fase U en el circuito inversor -2-, mediante la comparación de la señal Su de control de tensión de fase de la fase U con la señal portadora Sc, asumiendo la fase de la fase U como referencia. Dado que están conectados en serie dos elementos de conmutación en el brazo correspondiente a la fase U en el circuito inversor -2-, la señal PWM PSu mostrada en la figura se utiliza como la señal PWM para uno de los elementos de conmutación, y una señal PWM que tiene el nivel invertido de la señal PWM PSu se utiliza como la señal PWM para el otro elemento de conmutación.

Asimismo, si se supone que la fase de la señal de control de tensión de fase de la fase V está adelantada en 2π/3 respecto la señal Su de control de tensión de fase de la fase U, la forma de onda del patrón de una señal PWM PSv para los elementos de conmutación del brazo correspondiente a la fase V está adelantada en 2π/3 respecto de la de la señal PWM PSu. Si se supone que la señal de control de tensión de fase para la fase W está adelantada en fase

mediante 4π/3 respecto de la señal Su de control de tensión de fase para la fase U, una forma de onda de patrón de una señal PWM PSw para los elementos de conmutación del brazo correspondiente a la fase W está adelantada en 4π/3 respecto de la de la señal PWM PSu.

La figura 23 muestra el principio de generación de la señal PWM en base a lo que se conoce como un procedimiento de comparación de ondas triangulares. Específicamente, el rango de niveles CC (valor pico a pico de la amplitud) de la señal portadora Sc se ajusta siendo mayor que el rango de niveles Du (valor pico a pico de la amplitud) de la señal Su de control de tensión de fase, y se compara el nivel de la señal portadora Sc y el de la señal Su de control de tensión de fase, generándose de ese modo la señal PWM PSu con un ciclo de trabajo de la señal de pulsos determinado de manera variable de acuerdo con los valores de amplitud positivos y negativos de la señal Su de control de tensión de fase.

Como es sabido, en la señal PWM para el circuito inversor de tipo puente, se tiene que disponer un tiempo muerto para impedir que se active simultáneamente el par de elementos de conmutación de cada brazo (y para impedir un cortocircuito del brazo), y por lo tanto el rango de niveles CC de la señal portadora Sc tiene que recibir un cierto margen. Por consiguiente, el rango de niveles CC de la señal portadora Sc tiene que recibir una zona de variación, y se tiene que hacer fluctuar la señal Su de control de tensión de fase en toda la zona de variación.

Tal como se muestra en la figura 24, si se superpone un armónico de tercer orden sobre la señal de control de tensión de fase, el valor pico a pico Pu0 de la señal de control de tensión de fase se hace menor que el valor pico a pico (Pu) sin el armónico de tercer orden superpuesto (en la figura 24, la forma de onda Vu representa la señal de control de tensión de fase sobre la que no está superpuesto el armónico de tercer orden, y la forma de onda Vu0 representa la señal de control de tensión de fase con el armónico de tercer orden superpuesto). En un caso en que las señales de tensión de fase de la fase U, la fase V y la fase W están compensadas, incluso aunque se incluya el armónico de tercer orden en cada señal de tensión de fase, el armónico de tercer orden no está incluido en la señal de tensión de línea entre las líneas U-V, V-W y W-U (ver la forma de onda Xuv en la figura 24), y por lo tanto no se entrega al sistema -5-. Por lo tanto, el circuito -6'- de control de inversor está configurado para mejorar la eficiencia de utilización de la tensión de la señal portadora Sc en el proceso de generación de señales PWM en base al procedimiento de comparación de ondas triangulares, mediante la utilización de la señal de control de tensión de fase con el armónico de tercer orden superpuesto en la misma, como la salida objetivo de las fases respectivas.

En la figura 22, el circuito -6'- de control de inversor incluye un circuito -61'- de generación de señales de valor objetivo y un circuito -62'- de generación de señales PWM. El circuito -61'- de generación de señales de valor objetivo sirve para generar la señal de control de tensión de fase de las fases respectivas con el armónico de tercer orden superpuesto en la misma, como una señal de salida objetivo (en adelante, "señal del valor objetivo"). El circuito -62'- de generación de señales PWM sirve para generar la seis señales PWM en base al procedimiento de comparación de ondas triangulares, utilizando las señales Xu0, Xv0, Xw0 de valor objetivo de las fases respectivas introducidas desde el circuito -61'- de generación de señales de valor objetivo.

Asimismo, un circuito -611'- de generación de señales de control de tensión de fase en el circuito -61'- de generación de señales de valor objetivo sirve para generar las señales de control de tensión de fase de las fases respectivas. Un circuito -612'- de superposición del armónico de tercer orden sirve para superponer el armónico de tercer orden sobre cada una de las señales Xu, Xv, Xw de control de tensión de fase de las fases respectivas entregadas por el circuito -611'- de generación de señales de control de tensión de fase, generando de ese modo las señales Xu0, Xv0, Xw0 de valor objetivo. Se debe observar asimismo que el circuito -611'- de generación de señales de control de tensión de fase utiliza la tensión de salida (CC) de la fuente -1- de alimentación de CC detectada por un sensor -7- de tensión de CC, la corriente de fase (CA) que discurre a través de cada fase del sistema -5- detectada por un sensor -8- de corriente y la tensión de línea (CA) del sistema -5- detectada por un sensor -9- de la tensión de línea, para generar las señales Xu, Xv, Xw de control de tensión de fase de las fases respectivas, con el fin de emparejar la salida objetivo con las señales de tensión de fase reales de las fases respectivas del sistema -5-.

En el sistema inversor interactivo con la red eléctrica, dado que la alimentación de CC se convierte en alimentación de CA mediante la acción de conexión/desconexión de los elementos de conmutación en el circuito inversor -2-, el consumo de alimentación para la acción de conexión/desconexión de los elementos de conmutación provoca la pérdida de conversión de alimentación (generalmente, denominada "pérdida por conmutación"). Por consiguiente, con el objetivo de mejorar la eficiencia de la conversión de alimentación en el circuito inversor -2-, se ha propuesto reducir la frecuencia de la señal portadora en el circuito -62'- de generación de señales PWM y conmutar la frecuencia para reducir la pérdida por conmutación.

Documento de patente 1: JP-A-2007-228745

JP 2004357358 da a conocer un inversor para un motor.

JP 2005229751 da a conocer un aparato inversor.

US 2005/194925 da a conocer un aparato para controlar un motor de CA trifásico en una técnica de modulación bifásica.

W0 2007/125828 da a conocer un conversor matricial y un procedimiento de control para el conversor matricial.

US 2002/181137 da a conocer un aparato de almacenamiento en disco magnético.

JP H11262269 da a conocer un procedimiento de control de un inversor modulado por ancho de pulsos.

CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCIÓN

Problemas a resolver mediante la invención:

En el proceso convencional de generación de señales PWM basado en el procedimiento de comparación de ondas triangulares, las señales Xu0, Xv0, Xw0 de valor objetivo fluctúan dentro de la zona de variación en el rango de niveles CC de la señal portadora Sc tal como se muestra en la figura 23, y por lo tanto la señal PWM incluye inevitablemente un pulso en cada ciclo. En particular, en el caso en que el armónico de tercer orden está superpuesto en la señal Xu, Xv, Xw de control de tensión de fase, es necesario disponer un cierto margen en ambas partes de extremo del rango de niveles CC de la señal portadora Sc, para hacer que las señales Xu0, Xv0, Xw0 de valor objetivo fluctúen en una zona central del rango de niveles CC, con el fin de impedir que las señales de tensión de línea entre las líneas U-V, V-W y W-U que se deben entregar al sistema -5- incluyan el armónico de tercer orden. Por lo tanto, la señal PWM incluye sin excepción un pulso en cada ciclo.

Convencionalmente, por lo tanto, la pérdida por conmutación se reduce expandiendo el ciclo de la señal PWM y reduciendo la frecuencia de la señal portadora, para reducir el número de pulsos en un periodo predeterminado (número de veces de conmutación del elemento de conmutación).

Sin embargo, si la frecuencia de la señal portadora se reduce en todos los periodos, la modulación PWM puede no realizarse adecuadamente, en un periodo en que la corriente de salida fluctúa mucho en el circuito inversor -2-, lo que tiene como resultado una estabilidad degradada de la corriente de salida. Junto a esto, si la frecuencia de la señal portadora se conmuta en un periodo específico, la frecuencia de la señal PWM fluctúa en respuesta a dicha conmutación, lo que conduce a una fluctuación de la banda de frecuencia del ruido de conmutación que se tiene que eliminar. Esto conduce al inconveniente de que es necesario diseñar el circuito -3- de filtro para eliminar el ruido de conmutación de la totalidad de la banda de frecuencia fluctuante.

La presente invención se ha propuesto en las circunstancias descritas anteriormente. Por lo tanto, un objetivo es dar a conocer un circuito de control de inversor que genera una señal PWM para cada fase, de tal modo que se forma cíclicamente un periodo en el que no se genera un pulso, para detener cíclicamente una acción de conmutación de un elemento de conmutación, reduciendo de ese modo la pérdida por conmutación.

Medios para resolver los problemas:

Para resolver el problema descrito anteriormente, la presente invención adopta las siguientes medidas técnicas.

Un primer aspecto de la presente invención da a conocer un circuito de control de inversor según la reivindicación 1. El circuito de control de inversor controla el funcionamiento de una serie de dispositivos de conmutación en un circuito inversor trifásico mediante señales PWM. El circuito de control de inversor genera y entrega señales PWM configuradas para garantizar que la forma de onda de una tensión de fase emitida desde el circuito inversor trifásico a través de un filtro paso bajo es cero en un primer periodo de un tercio de un ciclo; es una onda sinusoidal correspondiente a una fase de 0 a 2π/3 en un subsiguiente periodo de un tercio de un ciclo; y es una onda sinusoidal correspondiente a una fase de π/3 a π en el restante periodo de un tercio del ciclo.

El circuito de control de inversor comprende un generador de señales de valor objetivo que genera primera a tercera señales de valor objetivo, donde la primera señal del valor objetivo tiene una forma de onda que es cero en el primer periodo de un tercio del ciclo, es una onda sinusoidal correspondiente a la fase de 0 a 2π/3 en el subsiguiente segundo periodo de un tercio del ciclo y es una onda sinusoidal correspondiente a una fase de π/3 a π en el restante periodo de un tercio del ciclo, la segunda señal del valor objetivo tiene una fase adelantada en 2π/3 respecto de la primera señal del valor objetivo y la tercera señal del valor objetivo tiene una fase retardada en 2π/3 respecto de la primera señal del valor objetivo. El circuito de control de inversor comprende asimismo un generador de señales PWM que genera las señales PWM en base a las señales de valor objetivo.

En una realización preferente de la presente invención, una señal de onda sinusoidal que forma la forma de onda de la primera a tercera señales de valor objetivo es una señal de control de tensión de línea que tiene la misma forma de onda que la de una señal de tensión de línea trifásica compensada que se tiene que entregar, desde el circuito inversor trifásico.

El generador de señales de valor objetivo incluye: un generador de señales de control de tensión de fase que genera tres señales de control de tensión de fase para controlar la tensión de salida trifásica entregada desde el circuito inversor trifásico; y un generador de señales que genera la primera a tercera señales de valor objetivo para las fases respectivas del circuito inversor trifásico, a partir de las tres señales de control de tensión de fase. Para el periodo en que la primera señal del valor objetivo se hace cero, el generador de señales genera: la primera señal del valor objetivo mediante la resta de la primera señal de control de tensión de fase de la primera señal de control de tensión de fase de la fase correspondiente a la primera señal de control de tensión de fase, la segunda señal del valor objetivo mediante la resta de la primera señal de control de tensión de fase de la segunda señal de control de tensión de fase de la fase correspondiente a la segunda señal del valor objetivo, y la tercera señal del valor objetivo mediante la resta de la primera señal de control de tensión de fase de la tercera señal de control de tensión de fase de la fase correspondiente a la tercera señal del valor objetivo. Para el subsiguiente periodo de un tercio que sigue al periodo cero, el generador de señales genera: la primera señal del valor objetivo restando la tercera señal de control de tensión de fase de la primera señal de control de tensión de fase, la segunda señal del valor objetivo restando la tercera señal de control de tensión de fase de la segunda señal de control de tensión de fase, y la tercera señal del valor objetivo restando la tercera señal de control de tensión de fase de la tercera señal de control de tensión de fase. Para el restante periodo de un tercio del ciclo, el generador de señales genera: la primera señal del valor objetivo restando la segunda señal de control de tensión de fase de la primera señal de control de tensión de fase, la segunda señal del valor objetivo restando la segunda señal de control de tensión de fase de la segunda señal de control de tensión de fase, y la tercera señal del valor objetivo restando la segunda señal de control de tensión de fase de la tercera señal de control de tensión de fase.

En una realización preferente de la presente invención, el generador de señales PWM genera la señal PWM comparando cada una de las tres señales de valor objetivo con una señal portadora predeterminada, con el nivel cero de la señal del valor objetivo emparejada con el nivel mínimo de la amplitud de la señal portadora.

Un segundo aspecto de la presente invención da conocer un sistema inversor interactivo con la red eléctrica, que comprende el circuito de control de inversor acorde con el primer aspecto de la presente invención.

Ventajas de la invención:

De acuerdo con la presente invención, la señal PWM introducida en el circuito inversor trifásico se mantiene al nivel bajo durante un periodo de un tercio de un ciclo. Por consiguiente, se evita que el dispositivo de conmutación en el circuito inversor trifásico realice una acción de conmutación durante dicho periodo. Dicha disposición permite reducir el número de veces de la acción de conmutación, mejorando de ese modo la eficiencia de la conversión de alimentación del circuito inversor trifásico.

Otras características y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes por medio de la descripción detallada proporcionada a continuación, que hace referencia a los dibujos adjuntos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama vectorial que muestra una relación entre señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase y señales Vwu, Vuv, Vvw de tensión de línea;

la figura 2 es un diagrama que muestra cómo se desplaza una posición de una tensión de referencia, mediante el giro sobre una línea de referencia de un triángulo equilátero formado por los vectores Pu, Pv, Pw que corresponden, respectivamente, a las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase;

la figura 3 es un diagrama vectorial proporcionado rotando el diagrama vectorial de la figura 1 en sentido horario en π/6;

la figura 4 es una tabla que muestra la relación entre las señales de tensión de fase para la fase U, la fase V y la fase W, según la presente invención, y las señales de tensión de línea;

la figura 5 es un diagrama que muestra formas de onda de las señales Vwu, Vuv, Vvw, Vuw, Vvu, Vwv de tensión de línea y las señales Vu1, Vv1, Vw1 de tensión de fase para la fase U, la fase V y la fase W, de acuerdo con la presente invención;

la figura 6 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un sistema inversor interactivo con la red eléctrica que incluye un circuito de control de inversor, de acuerdo con una primera realización de la presente invención;

la figura 7 es un diagrama de circuito de un ejemplo de un circuito inversor trifásico de puente completo;

la figura 8 es un diagrama que muestra una forma de onda de una señal Xu1 del valor objetivo entregada por un circuito de generación de señales;

la figura 9 es un diagrama que describe un procedimiento de generación de una señal PWM a partir de una señal del valor objetivo y una señal portadora;

la figura 10 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un sistema inversor interactivo con la red eléctrica que incluye un circuito de control de inversor, de acuerdo con una segunda realización de la presente invención;

la figura 11 es un diagrama que describe un procedimiento de generación de una señal del valor objetivo utilizando una señal rectificada de onda completa;

la figura 12 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un circuito de generación de señales para llevar a cabo el procedimiento de generación de la señal del valor objetivo utilizando la señal rectificada de onda completa;

la figura 13 es un diagrama de flujo que describe un procedimiento de control, tal que la tensión de fase de cada fase concuerda con un potencial catódico de CC de una fuente de alimentación de CC, en cada tercera parte del ciclo;

la figura 14 es un diagrama de transición vectorial que describe el procedimiento de control de la figura 13;

la figura 15 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un sistema inversor interactivo con la red eléctrica que incluye un circuito de control de inversor, de acuerdo con una tercera realización de la presente invención;

la figura 16 es un diagrama de flujo que describe un proceso ejecutado en un circuito de generación de señales;

la figura 17 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un sistema inversor interactivo con la red eléctrica que incluye un circuito de control de inversor, de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención;

la figura 18 es un diagrama que muestra una relación entre la forma de onda de la tensión de línea y la forma de onda de tensión de fase, en un caso en el que el valor del ancho de pulsos con mayor valor absoluto es positivo;

la figura 19 es un diagrama que muestra una relación entre la forma de onda de la tensión de línea y la forma de onda de tensión de fase, en el caso en el que el valor del ancho de pulsos del valor absoluto más grande es negativo;

la figura 20 es un diagrama de flujo que muestra un procedimiento para determinar cada forma de onda de tensión de fase;

la figura 21 es un diagrama que describe una relación entre un valor del ancho de pulsos calculado por un procedimiento de retención de la PWM y un ancho de pulsos de una forma de onda de pulsos determinada por el proceso de decisión de la forma de onda de tensión de fase;

la figura 22 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un sistema inversor trifásico interactivo con la red eléctrica, que incluye un circuito de control de inversor convencional;

la figura 23 incluye diagramas que muestran un principio de generación de la señal PWM en base a un procedimiento de comparación de ondas triangulares; y

la figura 24 es un diagrama que muestra una forma de onda de la señal de control de tensión de fase, y la de una señal del valor objetivo generada superponiendo sobre aquella un armónico de tercer orden.

MEJOR MODO DE LLEVAR A CABO LA INVENCIÓN

A continuación se describirán realizaciones referentes de la presente invención haciendo referencia a los dibujos.

En primer lugar, se describirá una idea básica para reducir la pérdida por conmutación de un circuito inversor trifásico, de acuerdo con la presente invención.

En el sistema inversor convencional -A'- mostrado en la figura 22, las señales Xu0, Xv0, Xw0 de valor objetivo se ajustan de tal modo que las señales de tensión de línea entre las fases U y V, entre las fases V y W, y entre las fases W y U que tienen que ser entregadas al sistema -5- están compensadas. Específicamente, si se supone que las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase que se deben entregar a la fase U, la fase V y la fase W del sistema -5-, respectivamente, se expresan como $Vu=A\cdot sen(\omega t)$, $Vv=A\cdot sen(\omega t+2\pi/3)$ y $Vw=A\cdot sen(\omega t+4\pi/3)$, la señal que tiene la misma forma de onda que la señal de tensión de fase obtenida superponiendo el armónico de tercer orden sobre las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase se ajusta como las señales Xu0, Xv0, Xw0 de valor objetivo. A continuación,

las señales Xu0, Xv0, Xw0 de valor objetivo se comparan con la señal portadora de la onda triangular para generar la señal PWM.

De este modo, el circuito -62'- de generación de señales PWM del sistema inversor -A'- compara los niveles de las señales Xu0, Xv0, Xw0 de valor objetivo y la señal portadora de la onda triangular, estando emparejados entre sí el centro del rango de niveles Du de las primeras y el centro del rango de niveles CC de la segunda, y por lo tanto se genera necesariamente un pulso en cada ciclo de la señal PWM. Incluso si los niveles de dichas señales se comparan estando emparejados entre sí un valor mínimo del rango de niveles Du de la señal del valor objetivo Xu0, Xv0, Xw0 y un valor mínimo del rango de niveles CC de la señal portadora de la onda triangular, la señal PWM no puede incluir un ciclo donde no se genere un pulso, dado que las señales Xu0, Xv0, Xw0 de valor objetivo son señales de onda sinusoidal.

En la presente invención, la señal del valor objetivo de cada fase no fluctúa simétricamente en una dirección positiva y negativa desde la referencia de 0[v] como una señal de onda sinusoidal. La señal del valor objetivo varía de manera que:

(1) las señales de tensión de línea entre U y V, entre V y W y entre W y U entregadas al sistema -5- están compensadas, y

(2) la señal del valor objetivo es una señal cíclica asimétrica que fluctúa solamente en una dirección positiva desde la referencia de 0[v], y el ciclo incluye un periodo de 0[v].

La señal PWM de cada fase se genera comparando el nivel de la señal del valor objetivo y el de la señal portadora de onda triangular, estando emparejados el valor mínimo (0[v]) del rango de niveles de la primera y el valor mínimo del rango de niveles de la última.

Con el procedimiento descrito anteriormente, dado que la señal PWM no incluye un pulso en el periodo de 0[v] de las señales Xu0, Xv0, Xw0 de valor objetivo, la acción de conexión/desconexión de los elementos de conmutación en el circuito inversor trifásico se puede detener en dicho periodo. Por lo tanto, los elementos de conmutación en el circuito inversor trifásico detienen periódicamente la acción de conexión/desconexión, y por lo tanto se puede reducir proporcionalmente la pérdida por conmutación.

A continuación se describe la señal que satisface las condiciones (1) y (2) anteriores.

Cuando las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase se definen como $Vu=A\cdot sen(\omega t)$, $Vv=A\cdot sen(\omega t+2\pi/3)$ y $Vw=A\cdot sen(\omega t+4\pi/3)$ respectivamente, las señales de tensión de línea Vuv, Vvw, Vwu se expresan como $Vuv=Vu-Vv=\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(\omega t-\pi/6)$, $Vvw=Vv-Vw=\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(\omega t+3\pi/6)$ y $Vwu=Vw-Vu=\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(\omega t+7\pi/6)$. La figura 1 es el diagrama vectorial que muestra la relación entre las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase y las señales de tensión de línea Vuv, Vvw, Vwu.

La figura 1 muestra el estado en el que un vector Pu correspondiente a la señal de tensión de fase U Vu queda sobre el eje X, estableciéndose el eje X como la referencia de fase ($\theta=0°$). Los vectores Pu, Pv, Pw corresponden a las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase, respectivamente, y los vectores Puv, Pvw, Pwu corresponden a las señales Vuv, Vvw, Vwu de tensión de fase, respectivamente. Asimismo, los vectores Pvu, Pwv, Puw son inversiones de los vectores Puv, Pvw, Pwu, respectivamente. Por consiguiente, las señales Vvu, Vwv, Vuw de tensión de línea correspondientes a los vectores Pvu, Pwv, Puw están desplazadas en fase en π respecto de las de las señales Vuv, Vvw, Vwu de tensión de línea, respectivamente, y se expresan como $Vvu=-Vuv=\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(wt+5\pi/6)$, $Vwv=-Vvw=\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(wt+9\pi/6)$ y $Vuw=-Vwu=\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(wt+\pi/6)$, respectivamente.

La condición (1) descrita anteriormente corresponde al estado en el que los vectores Pu, Pv, Pw están girando en sentido antihorario alrededor de un punto neutro -N- a una velocidad angular de ω en la figura 1, manteniendo una diferencia de fase de $2\pi/3$ entre sí. Generalmente, el punto neutro -N- se ajusta sobre la tensión de referencia de 0[v], y por lo tanto las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase de la fase U, la fase V y la fase W aparecen como una proyección ortogonal de los vectores Pu, Pv, Pw sobre el eje Y, en la forma de una señal de onda sinusoidal desplazada en fase $2\pi/3$ entre sí, tal como se ha indicado anteriormente.

Haciendo referencia a la condición (2), el punto más bajo -d3- del círculo -C- dibujado mediante las puntas giratorias de los vectores Pu, Pv, Pw (posición de -A sobre el eje Y) se puede ajustar en la tensión de referencia de 0[v], para hacer que las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase fluctúen solamente en una dirección positiva desde la referencia de 0[v]. Sin embargo, mediante dicho procedimiento, dado que las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase se convierten en 0[v] solamente en el instante en el que los puntos de los vectores Pu, Pv, Pw pasan por el punto -d3-, limitarse a desplazar la posición de la referencia de 0[v] no es suficiente para mantener cíclicamente las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase a 0[v] durante un determinado periodo.

Por consiguiente, para mantener cíclicamente las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase a 0[v] durante un determinado periodo, es necesario asignar una zona parcial en el círculo -C- como una zona R de referencia de 0[v],

de tal modo que las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase se mantienen a 0[v] durante el periodo en el que los puntos de los vectores Pu, Pv, Pw pasan a través de la zona de referencia R.

Asimismo, para cumplir la condición de que las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase deberían fluctuar solamente en la dirección positiva, la zona R de referencia de 0[v] se tiene que ajustar de tal modo que mientras uno de los vectores Pu, Pv, Pw está pasando a través de la zona de referencia R, los dos vectores restantes pasan a través de una zona superior a lo largo de la dirección Y en la figura 1. Asimismo, otro vector tiene que entrar en la zona de referencia R en el momento en que el vector que está pasando a través de la zona de referencia R sale de la misma, de tal modo que constantemente alguno de los tres vectores Pu, Pv, Pw se tiene que estar desplazando en la zona de referencia R.

A tal efecto, se puede disponer la línea de referencia de 0[v] -L- paralela al eje X y que cruza horizontalmente el círculo -C-, y para cumplir las condiciones anteriores dicha línea de referencia -L- puede estar situada de tal modo que pasa por un punto -d1- y un punto -d2-, tal como se muestra en la figura 1. Los puntos -d1-, -d2- corresponden a la posición en la que quedan los extremos del vector Pv y del vector Pw, respectivamente, tras la rotación del círculo -C- en sentido antihorario en π/2 en la figura 1. En términos de la posición rotacional del vector Pu, el punto -d1- corresponde a la posición rotada en θ=7π/6 y el punto -d2- a la posición rotada en θ=11π/6. Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, la zona R de referencia de 0[v] está situada en la zona entre los puntos -d1- y -d2- a lo largo del círculo -C-.

La condición anterior (1) se puede expresar como que, por ejemplo cuando el vector Pu rota alrededor del punto neutro -N- tal como se muestra en la figura 1, el vector Pv se desplaza manteniendo constantemente un ángulo del vértice de +2π/3 con respecto al vector Pu, y el vector Pw se desplaza manteniendo constantemente un ángulo del vértice de -2π/3 con respecto al vector Pu, en otras palabras, los vectores Pu, Pv, Pw se desplazan de tal modo que los extremos de los mismos forman constantemente un triángulo equilátero T.

Dado que la rotación del vector Pu alrededor del punto neutro -N- es relativa, la anterior condición (1) se cumple siempre que la relación posicional de los vectores Pv, Pw con respecto al vector Pu se mantenga de tal modo que en los extremos de los vectores Pu, Pv, Pw forman el triángulo equilátero T, en el caso en el que el punto neutro -N- rota alrededor del extremo del vector Pu. La rotación convencional de los vectores Pu, Pv, Pw se puede entender como la rotación de los extremos de los vectores Pu, Pv, Pw producida por la rotación del triángulo equilátero T alrededor del centro de gravedad (punto neutro -N-) a una velocidad de ωt. La rotación de los vectores Pu, Pv, Pw según la presente invención se puede entender, tal como se muestra en la figura 2, como la rotación de los extremos de los vectores Pu, Pv, Pw producida por la rotación del triángulo equilátero T sobre la línea de referencia -L- a una velocidad de ωt.

La figura 2 muestra la posición rotacional de los vectores Pu, Pv, Pw determinada por una rotación del triángulo equilátero T desde la posición de θ=-π/6, y las posiciones (a) a (d) corresponden a la posición de rotación θ=-π/6, θ=3π/6, θ=7π/6 y θ=11π/6, respectivamente. En este caso, la posición de θ=0 es, tal como se muestra en la figura 1, donde el vector Pu queda sobre el eje X.

Tal como se muestra en la figura, el triángulo equilátero T rota alrededor del extremo w del vector Pw en el sector desde (a) hasta (b); el triángulo equilátero T rota alrededor del extremo v del vector Pv en el sector desde (b) hasta (c); el triángulo equilátero T rota alrededor del extremo u del vector Pu en el sector desde (c) hasta (d). En la figura 2, aunque el triángulo equilátero T no rota tan suavemente como girar el círculo -C-, el triángulo equilátero T se mantiene constantemente y además los tres vectores Pu, Pv, Pw se desplazan constantemente en la zona que no está por debajo de la tensión de referencia de 0[v], y por lo tanto se cumplen las condiciones (1), (2). Por consiguiente, generar la señal del valor objetivo que tiene la forma de onda de las señales de tensión de fase obtenidas a partir de la rotación de los vectores Pu, Pv, Pw tal como se muestra en la figura 2 (en adelante, "señales Vu1, Vv1, Vw1 de tensión de fase"), sigue permitiendo entregar las señales Vuv, Vvw, Vwu de tensión de línea compensadas al sistema -5-.

A continuación haciendo referencia a las figuras 1 a 3, se describirán las formas de onda de las señales Vu1, Vv1, Vw1 de tensión de fase de la fase U, la fase V y la fase W.

Las formas de onda de las señales de tensión de fase de la fase U, la fase V y la fase W se determinan mediante la posición de las puntas de los vectores Pu, Pv, Pw, respectivamente. En la figura 1, dado que el punto neutro -N- está fijo sobre la tensión de referencia 0[v] y las puntas de los vectores Pu, Pv, Pw rotan alrededor del punto neutro -N-, las formas de onda de las señales Vu, Vv, Vw de tensión de fase de la fase U, la fase V y la fase W se calculan a partir de A-sen(θ), donde A y θ son la magnitud y la fase, respectivamente, de los vectores Pu, Pv, Pw.

En el caso de la figura 2, la tensión de referencia 0[v] se ajusta sobre la línea de referencia -L-, y cuando un vértice del triángulo equilátero T (extremo de los vectores Pu, Pv, Pw) queda sobre la línea de referencia -L-, el triángulo equilátero T rota alrededor de dicho vértice, y por lo tanto la posición de la tensión de referencia 0[v] se desplaza cada vez que el triángulo equilátero T rota en 2π/3. Por consiguiente, para obtener la trayectoria de las puntas de los vectores Pu, Pv, Pw, la posición de la tensión de referencia 0[v] se tiene que desplazar cada vez que el triángulo

equilátero T rota en 2π/3, para obtener la trayectoria con respecto a la posición de la tensión de referencia 0[v] que se ha desplazado.

Por ejemplo, mientras que la forma de onda de la señal Vu1 de tensión de fase U está determinada por la posición de la punta del vector Pu con respecto a la tensión de referencia 0[v], dado que la punta del vector Pw se ajusta sobre la tensión de referencia 0[v] en el periodo desde (a) hasta (b) (θ es -π/6 a 3π/6) en la figura 2, la forma de onda de la señal Vu1 de tensión de fase U es la forma de onda de la punta del vector E1 que se extiende desde el punto w hasta el punto u, dibujada por la rotación del mismo desde la orientación en (a) hasta la orientación en (b) (línea gruesa -B1- en la figura 2). Análogamente, en el periodo desde (b) hasta (c) (θ es 3π/6 a 7π/6), dado que la punta del vector Pv se ajusta sobre la tensión de referencia 0[v], la forma de onda de la señal Vu1 de tensión de fase U es la forma de onda de la punta del vector E2 que se extiende desde el punto v hasta el punto u, dibujada por la rotación del mismo desde la orientación en (b) hasta la orientación en (c) (línea de trazos -B2- en la figura 2). Además, en el periodo desde (c) hasta (d) (θ es 7π/6 a 11π/6), dado que la punta del vector Pu se ajusta sobre la tensión de referencia 0[v], la forma de onda de la señal Vu1 de tensión de fase U está fija sobre la tensión de referencia 0[v].

La figura 3 es un diagrama vectorial en el que el diagrama vectorial de la figura 1 está rotado en -π/6 para establecer el estado de la figura 2(a). Mientras que la forma de onda representada por la línea gruesa -B1- de la figura 2 está dibujada por la rotación del vector E1 alrededor de la punta del vector Pw de 0 hasta 2π/3, esta forma de onda es idéntica a la forma de onda dibujada por la rotación del vector Puw de la misma fase que el vector E1 (θ = 0) de la figura 3, de 0 a 2π/3. En otras palabras, la forma de onda coincide con la de la señal de tensión de línea Vuw en el periodo de -π/6 a 3π/6. Análogamente, mientras que la forma de onda representada por la línea de trazos -B2- de la figura 2 está dibujada por la rotación del vector E2 alrededor del extremo del vector Pv de π/3 a π, esta forma de onda es idéntica a la forma de onda dibujada por la rotación del vector de la misma fase que el vector E2 (θ = π/3) (es decir, el vector Puv de θ = -π/3 de la figura 3) de π/3 a π, en el diagrama vectorial de la figura 3 rotado en sentido antihorario en 2π/3. En otras palabras, la forma de onda coincide con la de la señal de tensión de línea Vuv en el periodo de 3π/6 a 7π/6.

Por lo tanto, la forma de onda de la señal Vu1 de tensión de fase U a través de un ciclo entero se obtiene como una onda compuesta de la señal de tensión de línea Vuw (-π/6 a 3π/6), la señal de tensión de línea Vuv (3π/6 a 7π/6) y 0[v] (7π/6 a 11π/6).

La forma de onda de la fase V y las señales Vv1, Vw1 de tensión de fase W a través de un ciclo completo se pueden obtener asimismo mediante procedimientos similares. Aunque se omitirán los detalles de los mismos, la forma de onda de las señales Vv1 de tensión de fase V a través de un ciclo se pueden obtener como una onda compuesta de la señal de tensión de línea Vvw en el periodo de -π/6 a 3π/6, 0[v] en el periodo de 3π/6 a 7π/6 y la señal de tensión de línea Vvu en el periodo de 7π/6 a 11π/6. Análogamente, la forma de onda de las señales Vw1 de tensión de fase W a través de un círculo se pueden obtener como una onda compuesta de 0[v] en el periodo de -π/6 a 3π/6, la señal de tensión de línea Vwv en el periodo de 3π/6 a 7π/6, y la señal de tensión de línea Vwu en el periodo de 7π/6 a 11π/6.

Resumiendo lo anterior, las formas de onda de las señales Vu1, Vv1, Vw1 de tensión de fase de la fase U, la fase V y la fase W, respectivamente, se expresan tal como se muestra en la tabla de la figura 4, y las formas de onda reales se muestran en la figura 5. En este caso, la figura 5(a) muestra las formas de onda de las señales de tensión de línea Vuv, Vvw, Vwu; la figura 5(b) las de las señales de tensión de línea Vvu (=-Vuv), Vwv (=-Vvw), Vuw (=-Vwu); y la figura 5(c) las de las señales Vu1, Vv1, Vw1 de tensión de fase.

De acuerdo con las figuras 4 y 5(a) a 5(c), en el caso en que los vectores Pu, Pv, Pw correspondientes a la fase U, la fase V y la fase W, respectivamente, están situados en sentido antihorario en la secuencia de fases de U, V, W tal como se muestra en la figura 1, las señales de tensión de línea que se deben utilizar para formar la forma de onda de la señal Vu1 de tensión de fase U son la señal de tensión de línea Vuw entre las líneas U y W y la señal de tensión de línea Vuv entre las líneas U y V. Estas señales de tensión de línea se obtienen restando, de la señal de tensión de fase U Vu, la señal Vw de tensión de fase W que es una fase anterior a la fase U y la señal Vv de tensión de fase V que es una fase posterior a la misma, respectivamente.

Análogamente, las señales de tensión de línea que se deben utilizar para formar la forma de onda de la señal Vv1 de tensión de fase V son la señal de tensión de línea Vvu entre las líneas V y U y la señal de tensión de línea Vvw entre las líneas V y W. Estas señales de tensión de línea se pueden obtener restando la señal de tensión de fase U Vu que es una fase anterior a la fase V y la señal de tensión de fase W Vw que es una fase posterior a la misma, respectivamente, de la señal de tensión de fase V Vv. Además, las señales de tensión de línea que se deben utilizar para formar la forma de onda de la señal Vw1 de tensión de fase W son la señal de tensión de línea Vwv entre las líneas W y V y la señal de tensión de línea Vwu entre las líneas W y U. Estas señales de tensión de línea se pueden obtener restando la señal de tensión de fase V Vv que es una fase anterior a la fase W y la señal de tensión de fase U Vu que es una fase posterior a la misma, respectivamente, de la señal de tensión de fase W Vw.

Por lo tanto, las señales de tensión de línea que se deben utilizar para formar la forma de onda de la señal de tensión de fase de las fases respectivas son las dos señales de tensión de línea obtenidas restando, de la señal de tensión de fase de una fase determinada, la señal de tensión de fase de la fase una secuencia anterior a la fase determinada y la señal de tensión de fase de la fase una secuencia posterior a la misma, respectivamente.

En el caso en el que las formas de onda de las señales Vu1, Vv1, Vw1 de tensión de fase mostradas en la figura 5(c) se utilizan como la señal del valor objetivo, por ejemplo, la forma de onda de la señal de tensión de línea Vuv entre las líneas U y V que se debe entregar al sistema -5- se puede obtener sumando la forma de onda de la señal Vu1 de tensión de fase de la figura 5(c) a una forma de onda invertida de la señal Vv1 de tensión de fase, en base a Vuv=Vu1-Vv1.

En el periodo de 3π/6 a 7π/6, dado que la señal Vv1 de tensión está al nivel 0, la forma de onda de la señal de tensión de línea Vuv es idéntica a la de la señal Vu1 de tensión de fase, es decir, la forma de onda de la señal de tensión de línea Vuv. Análogamente, en el periodo de 7π/6 a 11π/6, dado que la señal Vu1 de tensión está al nivel 0, la forma de onda de la señal de tensión de línea Vuv es idéntica a la forma de onda invertida de la señal Vv1 de tensión de fase, es decir, la forma de onda invertida de la señal de tensión de línea Vvu (forma de onda de la señal de tensión de línea Vuv). De acuerdo con la figura 1, la señal de tensión de línea Vuv es la proyección ortogonal del vector Puv sobre el eje Y, y por lo tanto se puede expresar como $\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(\omega t-\pi/6)$. En el periodo de 3π/6 a 11π/6, por lo tanto, la forma de onda de la señal de tensión de línea Vuv se puede expresar como $\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(\omega t-\pi/6)$.

En el periodo de -π/6 a 3π/6, la forma de onda de la señal de tensión de línea Vuv se puede obtener a partir de Vuw-Vvw. De acuerdo con la figura 1, se establece $Vuw=\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(\omega t+\pi/6)$ y $Vvw=\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(\omega t+3\pi/6)$), y por lo tanto la forma de onda de la señal de tensión de línea Vuv se puede expresar como $Vuw-Vvw=\sqrt{(3)}\cdot A\cdot\{sen(\omega t+\pi/6)-sen(\omega t+3\pi/6)\}$. Cuando $\omega t=\theta$, la parte "$sen(\omega t+\pi/6)-sen(\omega t+3\pi/6)$" se calcula como sigue:

$$\begin{aligned} sen(\theta + \pi/6) - sen(\theta + 3\pi/6) &= sen(\theta)\cdot \cos(\pi/6) + \cos(\theta)\cdot sen(\pi/6) - \cos(\theta) \\ &= sen(\theta)\cdot \cos(\pi/6) - \cos(\theta)\cdot sen(\pi/6) \\ &= sen(\theta - \pi/6) \quad ... (1) \end{aligned}$$

Por consiguiente, asimismo en el periodo de -π/6 a 7π/6, la forma de onda de la señal de tensión de línea Vuv se puede expresar como $\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(\omega t-\pi/6)$ tal como el periodo de 3π/6 a 11π/6, y la forma de onda de la señal de tensión de línea Vuv a través de todo el periodo de -π/6 a 11π/6 se puede obtener mediante $\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(\omega t-\pi/6)$. La forma de onda de las señales de tensión de línea Vvw, Vwu se puede obtener asimismo de manera similar, y el vector Pvw y el vector Pwu corresponden a las señales de tensión de línea Vvw, Vwu, respectivamente. Por consiguiente, la señal de tensión de línea Vvw se puede expresar como $\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(\omega t-\pi/2)$, y la señal de tensión de línea Vwu como $\sqrt{(3)}\cdot A\cdot sen(\omega t-7\pi/6)$.

Tal como se ha descrito anteriormente, utilizar la forma de onda de las señales Vu1, Vv1, Vw1 de tensión de fase mostradas en la figura 5(c) como la señal del valor objetivo permite asimismo entregar al sistema -5- las señales Vuv, Vvw, Vwu de tensión de línea compensadas.

A continuación, se describirá el circuito de control de inversor que genera la anterior señal del valor objetivo y entrega al inversor -2- la señal PWM generada en base a la misma.

La figura 6 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un sistema inversor interactivo con la red eléctrica que incluye un circuito de control de inversor, de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

El sistema inversor -A1- interactivo con la red eléctrica incluye una fuente -1- de alimentación de CC, un circuito inversor -2-, un circuito -3- de filtro, un circuito transformador -4-, un sistema comercial -5- de alimentación, un circuito -6- de control de inversor, un sensor -7- de tensión de CC, un sensor -8- de corriente y un sensor -9- de tensión de línea. La fuente -1- de alimentación de CC está conectada al circuito inversor -2-. El circuito inversor -2- es un inversor trifásico, y el circuito inversor -2-, el circuito -3- de filtro, el circuito transformador -4- y el sistema comercial -5- de alimentación están conectados en serie por este orden a través de líneas de salida para tensiones de salida de la fase U, la fase V y la fase W. Al circuito inversor -2- está conectado el circuito -6- de control de inversor. El sistema inversor -A1- interactivo con la red eléctrica sirve para convertir alimentación de CC generada por la fuente -1- de alimentación de CC en alimentación de CA con el circuito inversor -2-, y suministrar la alimentación de CA al sistema comercial -5- de alimentación.

La fuente -1- de alimentación de CC, que genera alimentación de CC, está dotada de una batería solar para convertir energía solar en energía eléctrica.

El circuito inversor -2- es un inversor trifásico de puente completo, y conecta y desconecta los elementos de conmutación incluidos en el mismo en función de la señal PWM introducida desde el circuito -6- de control de inversor, convirtiendo de ese modo la alimentación de CC introducida desde la fuente -1- de alimentación de CC en alimentación de CA.

La figura 7 es un diagrama de circuito que describe el circuito inversor -2-.

El circuito inversor -2- incluye seis elementos -Tr1- a -Tr6- de conmutación que están conectados en puente. A cada uno de los elementos -Tr1-, -Tr2-, -Tr3-, -Tr4-, -Tr5-, -Tr6- de conmutación están conectados en paralelo diodos -D1-, -D2-, -D3-, -D4-, -D5-, -D6- de retroalimentación, respectivamente. Como elemento de conmutación, se puede utilizar un elemento de conmutación de semiconductor, tal como un transistor bipolar, un transistor de efecto campo y un tiristor. La figura 7 muestra el ejemplo en que se utiliza el tiristor.

La alimentación de CC entregada por la fuente -1- de alimentación de CC es alimentada a ambas partes de extremo de la conexión en serie del elemento -Tr1- de conmutación y el elemento -Tr2- de conmutación (en adelante, "primer brazo"), la conexión en serie del elemento -Tr3- de conmutación y el elemento de conmutación -Tr4- (en adelante, "segundo brazo") y la conexión en serie del elemento -Tr5- de conmutación y el elemento -Tr6- de conmutación (en adelante, "tercer brazo"). Las señales de tensión de la fase U, la fase V y la fase W son entregadas desde los puntos de conexión -a-, -b-, -c- del primer brazo, el segundo brazo y el tercer brazo, respectivamente.

Cada uno de los seis elementos -Tr1- a -Tr6- de conmutación son conectados y desconectados por la señal PWM entregada por el circuito -6- de control de inversor. Específicamente, el circuito -6- de control de inversor entrega tres conjuntos de señales PWM de diferentes anchos de pulsos, y cada conjunto incluye dos señales PWM de fases invertidas mutuamente. Tras denotar las señales PWM de los conjuntos respectivos como (PS11, PS12), (PS21, PS22) y (PS31, PS32), las señales PWM -PS11-, -PS12- son introducidas respectivamente al terminal de control del elemento -Tr1- de conmutación y el elemento -Tr2- de conmutación (base del transistor en la figura 7); las señales PWM -PS21-, -PS22- son introducidas respectivamente al terminal de control del elemento -Tr3- de conmutación y el elemento -Tr4- de conmutación; y las señales PWM -PS31-, -PS32- son introducidas respectivamente al terminal de control del elemento -Tr5- de conmutación y el elemento -Tr6- de conmutación.

El circuito -3- de filtro es un filtro paso bajo que incluye un reactor y un condensador. El circuito -3- de filtro sirve para eliminar un ruido de conmutación contenido en la tensión de CA entregada desde el circuito inversor -2-. El circuito transformador -4- lleva a cabo una subida/bajada gradual de la tensión de CA entregada desde el circuito -3- de filtro hasta sustancialmente el mismo nivel que la tensión del sistema comercial -5- de alimentación (en adelante, "tensión del sistema").

El sensor -7- de tensión de CC sirve para detectar la tensión de CC entregada desde la fuente -1- de alimentación de CC. La señal de tensión de CC detectada es introducida en el circuito -6- de control de inversor. El sensor -8- de corriente sirve para detectar una corriente de las fases respectivas entregada desde el circuito transformador -4-. La señal de corriente detectada es introducida en el circuito -6- de control de inversor. El sensor -9- de la tensión de línea sirve para detectar una señal de tensión de línea de las fases respectivas en el sistema comercial -5- de alimentación. La señal de tensión detectada es introducida en el circuito -6- de control de inversor.

El circuito -6- de control de inversor sirve para generar la señal PWM que controla la acción de conexión/desconexión de los elementos de conmutación en el circuito inversor -2-. Al circuito -6- de control de inversor se introduce la señal de tensión de CC, la señal de corriente y la señal de tensión de línea desde el sensor -7- de tensión de CC, el sensor -8- de corriente y el sensor -9- de tensión de línea, respectivamente. El circuito -6- de control de inversor genera la señal PWM en base a estas señales, y entrega al circuito inversor -2- la señal PWM generada de este modo.

El circuito -6- de control de inversor incluye un circuito -61- de generación de señales de valor objetivo y un circuito -62- de generación de señales PWM. El circuito -61- de generación de señales de valor objetivo sirve para generar la anterior señal del valor objetivo y entregar la señal del valor objetivo al circuito -62- de generación de señales PWM. En la primera realización, las señales de valor objetivo generadas en el circuito -61- de generación de señales de valor objetivo se denominarán Xu1, Xv1 y Xw1.

El circuito -61- de generación de señales de valor objetivo incluye un circuito -611- de generación de señales de control de tensión de fase, un circuito -612- de conversión de señales de control y un circuito -613- de generación de señales.

El circuito -611- de generación de señales de control de tensión de fase recibe la entrada de la señal de tensión de CC detectada por el sensor -7- de tensión de CC, la señal de corriente detectada por el sensor -8- de corriente y la señal de tensión de línea detectada por el sensor -9- de tensión de línea. Además, se introducen en el circuito -611- una tensión de CC objetivo y una corriente reactiva objetivo, predeterminadas. El circuito -611- de generación de señales de control de tensión de fase genera las señales Xu, Xv, Xw de control de tensión de fase para controlar la tensión de fase de cada una de las fases, en base a dichas señales de detección, a la tensión de CC objetivo y a la corriente reactiva objetivo, y entrega dichas señales al circuito -612- de conversión de señales de control.

El circuito -611- de generación de señales de control de tensión de fase incluye un circuito -611a- de detección de fase, un circuito -611b- de control PI, un circuito -611c- de conversión trifásica/bifásica, un circuito -611d- de

conversión de coordenadas estáticas, un circuito -611e- de control PI, un circuito -611f- de conversión de coordenadas de rotación y un circuito -611g- de conversión bifásica/trifásica.

El circuito -611a- de detección de fase detecta la fase de la tensión del sistema en base a la señal de tensión de línea introducida desde el sensor -9- de tensión de línea, y entrega la fase al circuito -611d- de conversión de coordenadas estáticas, al circuito -611f- de conversión de coordenadas de rotación y al circuito -613- de generación de señales. El circuito -611b- de control PI realiza un control PI para ejecutar un cálculo de corrección con respecto a la diferencia entre la señal de tensión de CC introducida desde el sensor -7- de tensión de CC y la tensión de CC objetivo, y entrega una señal de valor de corrección Xd, que representa el resultado del cálculo. El circuito -611c- de conversión trifásica/bifásica convierte la señal de corriente trifásica introducida desde el sensor -8- de corriente en una señal de corriente bifásica para entregar. El circuito -611d- de conversión de coordenadas estáticas recibe una entrada de la señal de corriente bifásica procedente del circuito -611c- de conversión trifásica/bifásica, y una entrada de la fase de la tensión del sistema procedente del circuito -611a- de detección de la fase. El circuito -611d- de conversión de coordenadas estáticas convierte la señal de corriente bifásica en un componente de diferencia de fase y un componente en fase con respecto a la fase de la tensión del sistema, y entrega dichos componentes. La denominada conversión αβ de convertir trifásica en bifásica, y la denominada conversión dq de convertir una coordenada de rotación en una coordenada estática son bien conocidas, y se omitirá por lo tanto una descripción detallada de las mismas.

El circuito -611e- de control de PI realiza el control PI para ejecutar un cálculo de corrección con respecto a la diferencia entre la señal de corriente reactiva, que es el componente de diferencia de fase entregado desde el circuito -611d- de conversión de coordenadas estáticas, y la corriente reactiva objetivo, y entrega una señal del valor de corrección Xq, que representa el resultado del cálculo. El circuito -611f- de conversión de coordenadas de rotación recibe una entrada de la señal del valor de corrección Xd entregada por el circuito -611b- de control de PI tal como un componente en fase, y una entrada de la señal del valor de corrección Xq entregada por el circuito -611e- de control PI como un componente de diferencia de fase, y una entrada de la fase de la tensión del sistema desde el circuito -611a- de detección de fase. El circuito -611f- de conversión de coordenadas de rotación convierte la señal del valor de corrección Xd y la señal del valor de corrección Xq en señales de control bifase Xα y Xβ para su entrega. El circuito -611g- de conversión trifásica/bifásica convierte la señal de control Xα, Xβ introducida desde el circuito -611f- de conversión de coordenadas de rotación en señales de control de tensión trifásica Xu, Xv, Xw para su entrega. La denominada conexión inversa αβ consistente en convertir bifásico en trifásico y la denominada conversión inversa dq consistente en convertir coordenadas estáticas en coordenadas de rotación son bien conocidas, y se omitirá por lo tanto una descripción detallada de las mismas.

En este caso, el circuito -611- de generación de señales de control de tensión de fase no se limita a la configuración descrita anteriormente y puede tener cualesquiera configuraciones que generen las señales Xu, Xv, Xw de control de tensión de fase. Por ejemplo, la señal de control de tensión de fase se puede generar para controlar la señal de corriente bifásica sin llevar a cabo la conversión de coordenadas estáticas, o para controlar la señal de corriente trifásica tal cual, sin realizar conversión trifásica/bifásica.

El circuito -612- de conversión de señales de control convierte las señales Xu, Xv, Xw de control de tensión de fase introducidas desde el circuito -611- de generación de señales de control de tensión de fase en las señales Xuv, Xvw, Xwu de control de tensión de línea para entregar al circuito -613- de generación de señales. El circuito -612- de conversión de señales de control genera una señal que representa la diferencia entre Xu y Xv como Xuv, una señal que representa la diferencia entre Xv y Xw como Xvw y una señal que representa la diferencia entre Xw y Xu como Xwu, convirtiendo de ese modo las señales de control.

No es necesario generar la señal de control de tensión de fase para generar la señal de control de tensión de línea. Se puede proporcionar un circuito que genera directamente la señal de control de tensión de línea, en lugar del circuito -611- de generación de señales de control de tensión de fase y el circuito -612- de conversión de señales de control, generando de ese modo la señal de control de tensión de línea.

El circuito -613- de generación de señales genera y entrega las señales Xu1, Xv1, Xw1 de valor objetivo a partir de las señales Xuv, Xvw, Xwu de control de tensión de línea introducidas desde el circuito -612- de conversión de señales de control y las señales Xvu, Xwv, Xuw que tienen la polaridad invertida respecto de la de las señales Xuv, Xvw, Xwu. En este caso, el circuito -612- de conversión de señales de control puede asimismo generar y entregar las señales Xvu, Xwv, Xuw de control de tensión de línea, de tal modo que el circuito -613- de generación de señales recibe la entrada de las seis señales Xuv, Xvw, Xwu, Xvu, Xwv, Xuw de control de tensión de línea.

El circuito -613- de generación de señales calcula Xu1, Xv1 y Xw1 en base a la fase de la señal de tensión de fase U de la tensión del sistema introducida desde el circuito -611a- detección de fase, de acuerdo con la siguiente fórmula (2):

$$\begin{bmatrix} X\,u1 \\ X\,v1 \\ X\,w1 \end{bmatrix} = \begin{cases} \begin{bmatrix} X\,uw \\ X\,vw \\ 0 \end{bmatrix} & -\frac{1}{6}\pi \le \theta \le \frac{3}{6}\pi \\ \begin{bmatrix} X\,uv \\ 0 \\ X\,wv \end{bmatrix} & \frac{3}{6}\pi \le \theta \le \frac{7}{6}\pi \\ \begin{bmatrix} 0 \\ X\,vu \\ X\,wu \end{bmatrix} & \frac{7}{6}\pi \le \theta \le \frac{11}{6}\pi \end{cases} \quad \cdots (2)$$

La figura 8 es un diagrama que describe la forma de onda de la señal Xu1 de valor objetivo entregada por el circuito -613- de generación de señales. La forma de onda Xu representa la forma de onda de la señal Xu de control de tensión de fase, y coincide con la de la señal de tensión de fase U objetivo de la tensión del sistema. La forma de onda Xuv representa la forma de onda de la señal de control de tensión de línea Xuv, y la forma de onda Xuw representa la forma de onda de la señal Xuw, que tiene la polaridad invertida respecto de la de la señal de control de tensión de línea Xwu.

Tal como se muestra en la figura, la señal Xu1 del valor objetivo aparece como la señal Xuw en el periodo de -π/6≤θ≤3π/6; como la señal de control de tensión de línea Xuv en el periodo de 3π/6≤θ≤7π/6, y se hace cero en el periodo de 7π/6≤θ≤11π/6, cuando la fase de la señal de tensión de fase U de la tensión del sistema se indica como θ. En otras palabras, la forma de onda Xu1 mostrada en la figura es idéntica a la forma de onda de Vu mostrada en la figura 5(c). Análogamente, la señal Xv1 del valor objetivo aparece como la señal Xvw en el periodo de -π/6≤θ≤3π/6; se hace cero en el periodo de 3π/6≤θ≤7π/6; y aparece como la señal Xvu que tiene la paridad invertida respecto de la de la señal de control de tensión de línea Xuv en el periodo de 7π/6≤θ≤11π/6. Además, la señal Xu1 del valor objetivo se hace cero en el periodo de -π/6≤θ≤3π/6; aparece como la señal Xwv que tiene la polaridad invertida respecto de la de la señal de control de tensión de línea Xvw en periodo de 3π/6≤θ≤7π/6; y aparece como la señal de control de tensión de línea Xwu en el periodo de 7π/6≤θ≤11π/6.

El circuito -611g- de conversión bifásica/trifásica calcula las señales Xu, Xv, Xw de control de tensión de fase en base a las señales de control Xα, Xβ, de acuerdo con la siguiente fórmula (3). Asimismo, el circuito -612- de conversión de señales de control calcula las señales Xuv, Xvw, Xwu de control de tensión de línea en base a las señales Xu, Xv, Xw de control de tensión de fase, de acuerdo con la fórmula (4) presentada a continuación. A partir de las fórmulas (3) y (4), se obtiene a continuación la fórmula (5).

$$\begin{bmatrix} X\,u \\ X\,v \\ X\,w \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X\,\alpha \\ X\,\beta \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots (3)$$

$$\begin{bmatrix} X\,uv \\ X\,vw \\ X\,wu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X\,u \\ X\,v \\ X\,w \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots (4)$$

$$\begin{bmatrix} X\,uv \\ X\,vw \\ X\,wu \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X\,\alpha \\ X\,\beta \end{bmatrix}$$

$$= \sqrt{\frac{3}{2}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{\sqrt{3}} \\ 0 & \frac{2}{\sqrt{3}} \\ -1 & -\frac{1}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X\,\alpha \\ X\,\beta \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots (5)$$

A partir de las fórmulas (5) y (2), se obtiene la siguiente fórmula (6). Por consiguiente, el circuito -611g- de conversión bifásica/trifásica, el circuito -612- de conversión de señales de control y el circuito -613- de generación de señales se pueden unificar para calcular y entregar directamente las señales Xu1, Xv1, Xw1 de valor objetivo a partir de las señales de control Xα, Xβ, utilizando la fórmula (6).

$$\begin{bmatrix} X\,u1 \\ X\,v1 \\ X\,w1 \end{bmatrix} = \begin{cases} \sqrt{\frac{3}{2}} \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ 0 & \frac{2}{\sqrt{3}} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X\,\alpha \\ X\,\beta \end{bmatrix} & -\frac{1}{6}\pi \le \theta \le \frac{3}{6}\pi \\ \sqrt{\frac{3}{2}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{\sqrt{3}} \\ 0 & 0 \\ 0 & -\frac{2}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X\,\alpha \\ X\,\beta \end{bmatrix} & \frac{3}{6}\pi \le \theta \le \frac{7}{6}\pi \\ \sqrt{\frac{3}{2}} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -1 & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ -1 & -\frac{1}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X\,\alpha \\ X\,\beta \end{bmatrix} & \frac{7}{6}\pi \le \theta \le \frac{11}{6}\pi \end{cases} \quad \cdots\cdots (6)$$

Haciendo referencia de nuevo a la figura 6, el circuito -62- de generación de señales PWM genera la señal PWM de cada una de las fases a partir de la señal portadora generada en el mismo y de las señales Xu1, Xv1, Xw1 de valor objetivo de las fases introducidas desde el circuito -61- de generación de señales de valor objetivo, y entrega la señal PWM al circuito inversor -2-.

La figura 9(a) es un diagrama que describe un procedimiento de generación de la señal PWM a partir de la señal del valor objetivo y la señal portadora. En (a) de la figura, la señal del valor objetivo se expresa mediante una forma de onda -F-, la señal portadora se expresa mediante una forma de onda -C- y la señal PWM se expresa mediante una forma de onda P. El circuito -62- de generación de señales PWM genera como la señal PWM una señal de pulso tal que pasa a un nivel alto en un periodo en el que la señal del valor objetivo es mayor que la señal portadora, y pasa a un nivel bajo en un periodo en el que la señal del valor objetivo no es mayor que la señal portadora. En (a) de la figura, por consiguiente, la forma de onda P está al nivel alto en el periodo donde la forma de onda -F- es mayor que la forma de onda -C-, y al nivel bajo en el periodo en el que la forma de onda -F- no es mayor que la forma de onda -C-.

En la primera realización, la señal portadora se genera para que fluctúe en una zona no menor que el nivel 0 en el rango de la señal del valor objetivo, de tal modo que el valor mínimo de la señal del valor objetivo coincide con el de la señal portadora.

Los elementos de conmutación de la fase U, la fase V y la fase W en el circuito inversor -2- se conectan y desconectan de acuerdo con la señal PWM de la fase U, la fase V y la fase W, respectivamente. El circuito -62- de

generación de señales PWM genera asimismo las señales de pulso invertidas a partir de las de la fase U, la fase V y la fase W, y entrega dichas señales de pulso como la señal PWM de la fase invertida, al circuito inversor -2-. Los elementos de conmutación conectados en serie a los elementos de conmutación de la fase U, la fase V y la fase W en el circuito inversor -2- se conectan y desconectan en oposición a los elementos de conmutación de la fase U, la fase V y la fase W, en base a las señales PWM de la fase invertida.

A continuación se describirá el funcionamiento del circuito -6- de control de inversor.

En la primera realización, el circuito -61- de generación de señales de valor objetivo entrega las señales Xu1, Xv1, Xw1 de valor objetivo que forman la forma de onda mostrada en la figura 5(c), y el circuito -62- de generación de señales PWM genera las señales PWM en base a las señales Xu1, Xv1, Xw1 de valor objetivo y entrega las señales PWM al circuito inversor -2-. Considerando que las señales Vu1, Vv1, Vw1 de tensión de fase entregadas por el circuito inversor -2- muestran la forma de onda mostrada en la figura 5(c), dado que las señales de tensión de línea que representan las diferencias de las señales Vu1, Vv1, Vw1 de tensión de fase se generan en la forma de las señales Vuv, Vvw, Vwu de tensión de línea compensadas mostradas en la figura 5(a) para entregar al sistema -5-, la tensión se puede ajustar a la tensión del sistema. Por lo tanto, la salida de alimentación de CA mediante el circuito inversor -2- puede ser suministrada al sistema comercial -5- de alimentación.

Asimismo, en la primera realización, la señal del valor objetivo se hace cero en un periodo de un tercio del ciclo. En este periodo, dado que la señal del valor objetivo no es mayor que la señal portadora, la señal PWM se mantiene al nivel bajo. Por consiguiente, el elemento de conmutación en el circuito inversor -2- al que se ha introducido la señal PWM no realiza la acción de conmutación en este periodo. Dicha disposición permite reducir el número de veces de conmutación de los elementos de conmutación en el circuito inversor -2-, suprimiendo de ese modo la pérdida por conmutación y mejorando la eficiencia de conversión de alimentación del circuito inversor -2-. Asimismo, dado que la frecuencia de la señal portadora permanece invariable, se puede suponer que el circuito -3- de filtro puede eliminar el ruido de conmutación a dicha frecuencia, en el proceso de diseño.

En el circuito -6- de control de inversor acorde con la primera realización, el circuito -611- de generación de señales de control de tensión de fase y el circuito -62- de generación de señales PWM son iguales que los utilizados en el circuito de control de inversor convencional -6'-, y por lo tanto el circuito -6- de control de inversor se puede obtener simplemente sustituyendo el circuito -612'- de superposición del armónico de tercer orden en el circuito de control de inversor convencional -6'- con el circuito -612- de conversión de señales de control y el circuito -613- de generación de señales.

La figura 9(b) se muestra para su comparación con la figura 9(a), y muestra una forma de onda -F'- de la señal del valor objetivo (señal de control de tensión de fase con el armónico de tercer orden superpuesto en la misma. Ver la forma de onda Xu0 de la figura 24) introducida en el circuito -62'- de generación de señales PWM del circuito de control de inversor convencional -6'-, la forma de onda -C- de la señal portadora y la forma de onda P' de la señal PWM.

En cada uno de (a) y (b) en la figura, la longitud de la flecha -L- en el extremo izquierdo corresponde a la amplitud de la señal portadora -C-, e indica un rango ajustable máximo de la longitud del periodo de alto nivel de la señal PWM. Sin embargo, en el caso en que el periodo de alto nivel es demasiado largo o demasiado corto, la precisión de la longitud del periodo de alto nivel se degrada debido al tiempo muerto incidental para la generación de la señal PWM. Por consiguiente, se dispone un margen para impedir que se utilice dicho rango cuando se degrada la precisión. Las flechas de líneas continuas -M1-, -M2- en (a) y (b) en la figura, indican el rango correspondiente a dicho margen. En la primera realización, tal como se muestra en (a) en la figura, no se proporciona el margen para el caso en que el periodo de alto nivel se hace demasiado corto (zona correspondiente a la flecha -M2-), para impedir que la señal del valor objetivo supere la señal portadora en el periodo cero. Dicha disposición puede suprimir de manera efectiva que se origine la degradación en la precisión en el tiempo muerto.

La flecha con línea de trazos -N- en el extremo derecho de cada una de (a) y (b) en la figura indica el rango utilizable, definido tras la exclusión del rango correspondiente al margen a partir de rango ajustable en longitud del periodo de alto nivel. En otras palabras, está dentro de este rango que se pueda ajustar la longitud del periodo de alto nivel de la señal PWM. Tal como se muestra en la figura, el rango correspondiente a la flecha de línea de puntos -N- en (a) es más extenso que en (b), en la magnitud correspondiente al rango indicado por la flecha -M2-. Por lo tanto, en la primera realización se consigue una eficiencia de utilización de la alimentación mayor que en el sistema convencional.

En el caso de utilizar el circuito de control de inversor convencional -6'-, dado que la conmutación se realiza en la totalidad de las tres fases del circuito inversor -2-, el potencial común que es el total del potencial de cada una de las tres fases fluctúa en un rango de tensión tres veces mayor que en la tensión de salida de la fuente -1- de alimentación de CC (en adelante, "tensión de CC"). Sin embargo, en la primera realización, dado que el potencial de una de las fases es constantemente cero, el potencial común fluctúa en un rango de tensión solamente el doble de grande que la tensión de CC. Por lo tanto, en la primera realización se puede suprimir el ruido debido a EMI que se origina en proporción al potencial común, en comparación con el sistema convencional.

Aunque la realización se refiere al caso en el que se ejecuta un procesamiento digital, la presente invención es aplicable asimismo al caso en que se ejecuta un procesamiento de señal analógica.

La figura 10 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un sistema inversor interactivo con la red eléctrica que incluye un circuito de control de inversor, de acuerdo con una segunda realización de la presente invención. En la figura, los componentes iguales o similares a los de la primera realización reciben el mismo numeral.

En el sistema inversor -A2- interactivo con la red eléctrica, el sensor -7- de tensión de CC, el sensor -8- de corriente y el sensor -9- de tensión de línea son sensores analógicos, y las señales analógicas detectadas son introducidas en el circuito -61- de generación de señales de valor objetivo. El circuito -61- de generación de señales de valor objetivo incluye el circuito -611- de generación de señales de control de tensión de fase que son procesadores analógicos, el circuito -612- de conversión de señales de control y el circuito -613- de generación de señales, y genera señales Xu2, Xv2, Xw2 de valor objetivo que son señales analógicas, y entrega dichas señales al circuito -62- de generación de señales PWM. El circuito -62- de generación de señales PWM genera las señales PWM en base a las señales Xu2, Xv2, Xw2 de valor objetivo y entrega las señales PWM al circuito inversor -2-.

El circuito -613- de generación de señales genera las señales Xu2, Xv2, Xw2 de valor objetivo a partir de las señales Xuv, Xvw, Xwu de control de tensión de línea, las señales invertidas Xvu, Xwv, Xuw y la señal cero que tiene constantemente el valor de 0. Por ejemplo, la señal Xu2 del valor objetivo se genera introduciendo la señal de control de tensión de línea Xuv, la señal de control de tensión de línea Xuw y la señal cero en un comparador, y recuperando del mismo una señal de un valor de pico. La señal Xu2 del valor objetivo generada de este modo muestra la misma forma de onda que la forma de onda Vu mostrada en la figura 5(c). Análogamente, la señal Xv2 del valor objetivo se genera a partir de la señal de control de tensión de línea Xvw, la señal de control de tensión de línea Xvu y la señal cero, y la señal Xw2 del valor objetivo a partir de la señal de control de tensión de línea wu, la señal de control de tensión de línea Xwv y la señal cero.

La segunda realización puede también proporcionar los mismos efectos ventajosos que los ofrecidos por la primera realización.

Asimismo, la señales Xuv', Xvw', Xwu' rectificadas de onda completa de las señales Xuv, Xvw, Xwu de control de tensión de línea se pueden utilizar para generar las señales Xu2, Xv2, Xw2 de valor objetivo.

La figura 11 es un diagrama que describe un procedimiento de generación de las señales Xu2, Xv2, Xw2 de valor objetivo utilizando la señales Xuv', Xvw', Xwu' rectificadas de onda completa. La figura 12 es un diagrama de bloques que muestra una configuración del circuito -613- de generación de señales para llevar a cabo dicho procedimiento.

Tal como se muestra en la figura 12, el circuito -613- de generación de señales incluye un circuito -613a- rectificador de onda completa y un circuito -613b- de selección de señal. El circuito -613a- rectificador de onda completa lleva a cabo una rectificación de onda completa de las señales Xuv, Xvw, Xwu de control de tensión de línea introducidas en el mismo, y entrega señales Xuv', Xvw', Xwu' rectificadas de onda completa. En la figura 11(a), la línea discontinua representa la señal de control de tensión de línea Xuv, y la línea continua representa la señal rectificada de onda completa Xuv' obtenida mediante la rectificación de onda completa de la señal de control de tensión de línea Xuv. En la figura 11(b), la línea discontinua representa la señal de control de tensión de línea Xwu, y la línea continua representa la señal rectificada de onda completa Xwu' obtenida mediante la rectificación de onda completa de la señal de control de tensión de línea Xwu.

El circuito -613b- de selección de señales genera y entrega las señales Xu2, Xv2, Xw2 de valor objetivo en base a las señales Xuv', Xvw', Xwu' rectificadas de onda completa introducidas desde el circuito -613a- rectificador de onda completa. El circuito -613b- de selección de señales conmuta la señal que se va entregar en función de la fase de la tensión del sistema, entregando de ese modo la señal del valor objetivo. La figura 11(c) muestra la señal Xu2 del valor objetivo entregada por el circuito -613b- de selección de señal. Si se supone que la fase U de la tensión del sistema está ajustada como la fase de referencia, se entregan las señales Xwu' rectificadas de onda completa mientras la fase de referencia está entre $-\pi/6$ y $\pi/2$; se entregan las señales Xuv' rectificadas de onda completa mientras la fase de referencia está entre $\pi/2$ y $7\pi/6$; y se entrega la señal cero mientras la fase de referencia está entre $7\pi/6$ y $11\pi/6$. La señal entregada de este modo se denomina señal Xu2 del valor objetivo. Análogamente, la señal Xv2 del valor objetivo se entrega entregando secuencialmente la señales rectificadas Xvw' de onda completa, las señales Xuv' rectificadas de onda completa y la señal cero; la señal Xw2 del valor objetivo se entrega entregando secuencialmente las señales Xwu' rectificadas de onda completa, la señales rectificadas Xvw' de onda completa y la señal cero.

Aunque la señal de control de tensión de línea se utiliza para generar la señal del valor objetivo en la primera y la segunda realizaciones, se pueden adoptar procedimientos diferentes. Por ejemplo, la tensión de fase de cada una

de las fases se puede ajustar para corresponderse con el potencial en el cátodo de la fuente -1- de alimentación de CC (en adelante, "potencial catódico de CC") cada tercio del ciclo.

La figura 13 es un diagrama de flujo que describe un procedimiento de control tal que la tensión de fase en cada una de las fases se corresponde con el potencial catódico de CC de la fuente -1- de alimentación de CC, cada tercio del ciclo.

De acuerdo con el procedimiento de control, la fase que se va a fijar en el potencial catódico de CC se determina previamente, en base a la fase de referencia. Se tiene que determinar, por ejemplo, de tal modo que la fase U esté fija en el potencial catódico de CC mientras la fase de referencia está entre -π/3(=-60°) y π/3(=60°); la fase W esté fija en el potencial catódico de CC mientras la fase de referencia está entre π/3(=60°) y π(=180°); y la fase V esté fija en el potencial catódico de CC mientras la fase de referencia está entre π(=180°) y 5π/3(=300°).

En primer lugar, se determina S1 la tensión de fase de cada una de las fases, y se determina la fase que se va a ajustar en el potencial catódico de CC, en base a la fase de referencia y la S2. A continuación, se calcula S3 la tensión Vn para ajustar la fase en el potencial catódico de CC, y se suma Vn a las otras dos fases S4. Se entregan S5 las tensiones de fase de las fases respectivas así calculadas.

Las tensiones de fase de la fase U, la fase V y la fase W se denominan Vu, Vv, Vw, respectivamente, y las tensiones de fase después del ajuste, Vu', Vv', Vw', respectivamente. Mientras la fase de referencia está entre -60° y 60°, la fase U está fija en el potencial catódico de CC, y por lo tanto la tensión Vn corresponde a -Vu. Por consiguiente, las tensiones ajustadas se pueden expresar como Vu'=0, Vv'=Vv-Vu y Vw'=Vw-Vu. La fase W está fija en el potencial catódico de CC mientras que la fase de referencia está entre 60° y 180°, y por lo tanto la tensión Vn corresponde a -Vw. Por consiguiente, las tensiones ajustadas se pueden expresar como Vu'=Vu-Vw, Vv'=Vv-Vw y Vw'=0. La fase V está fija en el potencial catódico de CC mientras que la fase de referencia está entre 180° y 300°, y por lo tanto la tensión Vn corresponde a -Vv. Por consiguiente, las tensiones ajustadas se pueden expresar como Vu'=Vu-Vv, Vv'=0 y Vw'=Vw-Vv.

Cuando las tensiones de línea de la fase U, la fase V y la fase W se denominan Vuv, Vvw, Vwu respectivamente, estas tensiones se pueden expresar como Vuv=Vu'-Vv', Vvw=Vv'-Vw' y Vwu=Vw'-Vu'. Mientras la fase de referencia está entre -60° y 60°, la tensión de línea Vuv se puede expresar como Vuv=Vu'-Vv'=0-(Vv-Vu)=Vu-Vv; mientras la fase de referencia está entre 60° y 180°, la tensión de línea Vuv se puede expresar como Vuv=Vu'-Vv'=(Vu-Vw)-(Vv-Vw)=Vu-Vv; y mientras la fase de referencia está entre 180° y 300°, la tensión de línea Vuv se puede expresar como Vuv=Vu'-Vv'=(Vu-Vv)-0=Vu-Vv. Por lo tanto, se establece Vuv=Vu-Vv en todos los periodos. Análogamente, se puede establecer Vvw=Vv-Vw y Vwu=Vw-Vu, y las respectivas tensiones de línea que representan las diferencias de las tensiones de fase después del ajuste se corresponden con la diferencia de las tensiones de fase iniciales. Por consiguiente, cada tensión de línea entregada desde el circuito inversor -2- se puede sincronizar con la tensión del sistema.

La figura 14 es un diagrama de transición vectorial que describe el anterior procedimiento de control. Mientras la fase de referencia está entre -60° y 60°, las puntas de los vectores que representan la tensión de fase U (flecha de línea gruesa en la figura) están fijas en el potencial catódico de CC; mientras la fase de referencia está entre 60° y 180°, las puntas de los vectores que representan la tensión de fase W (flecha de línea fina en la figura 14) están fijas en el potencial catódico de CC; y mientras la fase de referencia está entre 180° y 300°, las puntas de los vectores que representan la tensión de fase V (flecha de línea de trazos en la figura 14) están fijas en el potencial catódico de CC.

A continuación se describirá un circuito de control de inversor que permite realizar el anterior procedimiento de control.

La figura 15 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un sistema inversor interactivo con la red eléctrica que incluye un circuito de control de inversor, de acuerdo con una tercera realización de la presente invención. En la figura, los componentes iguales o similares a los de la primera realización reciben el mismo numeral.

El circuito -6- de control de inversor del sistema inversor interactivo -A3- con la red eléctrica es diferente del de la primera realización, en la inclusión de un circuito -614- de generación de señales en lugar del circuito -612- de conversión de señales de control y el circuito -613- de generación de señales.

El circuito -614- de generación de señales genera las señales Xu3, Xv3, Xw3 de valor objetivo en base a las señales Xu, Xv, Xw de control de tensión de fase introducidas en el mismo. El circuito -614- de generación de señales ajusta las señales Xu3, Xw3, Xv3 de valor objetivo a cero en este orden, cada tercio del ciclo, y genera la señal del valor objetivo restando la señal de control de tensión de fase de la fase ajustada a cero, de las señales de control de tensión de fase de cada una de las fases, llevando a cabo de ese modo el procedimiento de control mostrado en la figura 13.

La figura 16 es un diagrama de flujo que describe un proceso ejecutado en el circuito -614-de generación de señales.

En primer lugar, la fase de referencia θ se inicializa S11 como 0. A continuación, se introducen S12 las respectivas señales de control de tensión de fase de las fases, y se determina S13 la fase de referencia. En el caso de $-\pi/3 \leq 6 < \pi/3$, la señal Xu3 del valor objetivo se ajusta a cero; la señal Xv3 del valor objetivo se genera restando la señal Xu de control de tensión de fase de la señal Xv de control de tensión de fase; y la señal Xw3 del valor objetivo se genera restando la señal Xu de control de tensión de fase de la señal Xw de control de tensión de fase S14. En el caso de $\pi/3 < \theta < \pi$, la señal Xw3 del valor objetivo se ajusta a cero; la señal Xu3 del valor objetivo se genera restando la señal Xw de control de tensión de fase de la señal Xu de control de tensión de fase; y la señal Xv3 del valor objetivo se genera restando la señal Xw de control de tensión de fase de la señal Xv de control de tensión de fase S15. En el caso de $\pi \leq \theta < 5\pi/3$, la señal Xv3 del valor objetivo se ajusta a cero; la señal Xu3 del valor objetivo se genera restando la señal Xv de control de tensión de fase de la señal Xu de control de tensión de fase; y la señal Xw3 del valor objetivo se genera restando la señal Xv de control de tensión de fase de la señal Xw de control de tensión de fase S16. Estas señales Xu3, Xv3, Xw3 de valor objetivo se entregan S17 al circuito -62- de generación de señales PWM, y se incrementa S18 la fase de referencia, tras lo cual el proceso vuelve a la etapa S12.

En este caso, cuando se va implementar la tercera realización, es necesario tener en cuenta un desplazamiento de fase incidental al control armónico.

La tercera realización da a conocer también los mismos efectos ventajosos que los ofrecidos por la primera realización.

Aunque la primera a tercera realizaciones se refieren al circuito de generación de señales PWM basado en el procedimiento de comparación de ondas triangulares para generar la señal PWM mediante comparación entre la señal del valor objetivo y la señal portadora, el circuito de generación de señales PWM puede incluir un circuito que genera la señal PWM a través de un proceso diferente, sin limitarse a lo anterior. Por ejemplo, se puede adoptar un procedimiento de retención de la PWM para obtener el ancho de pulsos por medio de cálculo, generando de ese modo la señal PWM en base al ancho de pulsos calculado.

La figura 17 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un sistema inversor interactivo con la red eléctrica que incluye un circuito de control de inversor, de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención. En la figura, los componentes iguales o similares a los del diagrama de bloques de la figura 6 que muestra la primera realización reciben el mismo numeral.

El circuito 6 de control de inversor del sistema -A4- inversor interactivo con la red eléctrica calcula el ancho de pulsos mediante el procedimiento de retención de la PWM en base a la señal de tensión de línea introducida desde el sensor 9 de tensión de línea, y genera la señal PWM en base al ancho de pulsos, en lugar de generar la señal PWM mediante comparación entre la señal del valor objetivo y la señal portadora. Por consiguiente, la figura 17 es diferente del diagrama de bloques de la figura 6 al incluir el circuito -615- de corrección de la tensión de línea en lugar del circuito -612- de conversión de señales de control y el circuito -613- de generación de señales, y un circuito -63- de generación de señales PWM en lugar del circuito -62- de generación de señales PWM. En este caso, en relación con el valor calculado por medio del procedimiento de retención de la PWM, el valor absoluto del mismo representa el ancho de pulsos, y que el valor sea positivo o negativo determina la polaridad de la forma de onda de pulsos. Por consiguiente, a continuación el valor calculado por medio del procedimiento de retención de la PWM se denominará el "valor del ancho de pulsos", que incluye asimismo la polaridad de la forma de onda de pulsos.

El circuito -615- de corrección de la tensión de línea sirve para corregir las respectivas señales de tensión de línea de las fases detectadas por el sensor -9- de tensión de línea, sumando las señales Xu, Xv, Xw de control de tensión de fase entregadas desde el circuito -611- de generación de señales de control de tensión de fase a las respectivas señales de tensión de línea. El circuito -615- de corrección de la tensión de línea entrega las señales de tensión de línea corregidas al circuito -63- de generación de señales PWM.

El circuito -63- de generación de señales PWM calcula el valor del ancho de pulsos por medio del procedimiento de retención de la PWM en base a las señales de tensión de línea corregidas introducidas desde el circuito -615- de corrección de la tensión de línea. Dado que el procedimiento de retención de la PWM es bien conocido, se omitirá la descripción del mismo.

El valor del ancho de pulsos calculado por medio del procedimiento de retención de la PWM en base a la señal de tensión de línea sirve para controlar la tensión entre las líneas de salida de las fases respectivas. Sin embargo, se supone que la señal PWM introducida en el circuito inversor -2- controla la tensión de fase de salida de las fases respectivas. Por consiguiente, el circuito -63- de generación de señales PWM determina la forma de onda de pulsos para controlar la tensión de fase de salida de la fase U, la fase V y la fase W en base al valor del ancho de pulsos calculado para controlar la tensión entre las líneas de salida de las fases respectivas, y entrega dicha forma de onda de pulsos al circuito inversor -2-, como la señal PWM.

Haciendo referencia a continuación a las figuras 18 a 20, se describirá a continuación una regla para determinar una forma de onda de pulsos con el fin de controlar la tensión de fase de salida de las fases respectivas. En la cuarta realización, el circuito -63- de generación de señales PWM cambia la regla para determinar la forma de onda de pulsos con el fin de controlar la tensión de fase de salida de las fases respectivas en función de si el ancho de pulsos del valor absoluto mayor entre los tres anchos de pulsos calculados es de valor positivo.

La figura 18 es un diagrama que muestra una relación entre la forma de onda de pulsos para controlar la tensión entre las líneas de salida (en adelante, "forma de onda de tensión de línea") y la forma de onda de pulsos para controlar la tensión de fase de salida (en adelante, "forma de onda de la tensión de fase"), en el caso en que el valor del ancho de pulsos del mayor valor absoluto es positivo. (a) en la figura muestra cada forma de onda de tensión de línea en un periodo de muestreo (kT a (k+1)T). En este ejemplo, ΔTuv(k), ΔTvw(k) y ΔTwu(k) se calculan como el ancho de pulsos de la fase U, la fase V y la fase W respectivamente, y la relación se puede expresar como |ΔTuv(k)|>|ΔTvw(k)|>|ΔTwu(k)|, ΔTuv(k)>0 y ΔTvw(k), ΔTwu(k)<0. Asimismo, el total de las tensiones de línea tiene siempre que ser cero.

Las formas de onda de la tensión de línea Vuv de la fase U a la fase V, la tensión de línea Vvw de la fase V a la fase W, y la tensión de línea Vwu de la fase W a la fase U se muestran desde arriba en (a) en la figura. La forma de onda de la tensión de línea de fase U Vuv que tiene el valor absoluto de ancho de pulsos más grande adopta una forma de onda de pulsos que incluye en su parte central un estado conectado correspondiente al periodo del valor absoluto |ΔTuv(k)| del valor del ancho de pulsos calculado. La tensión en el estado conectado se ajusta como E, y la tensión en el estado desconectado es cero. La forma de onda de la tensión de línea Vvw de la fase V que sigue a la fase U adopta una forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado de la polaridad negativa correspondiente al periodo del valor absoluto |ΔTvw(k)| del valor del ancho de pulsos calculado. La tensión en el estado conectado de la polaridad negativa se ajusta como -E. Asimismo, la forma de onda de la tensión de línea Vwu de la fase W que sigue a la fase V adopta una forma de onda de pulsos que incluye los estados conectados de la polaridad negativa correspondiente a la mitad del periodo del valor absoluto |ΔTwu(k)| del valor del ancho de pulsos calculado, en las posiciones correspondientes al exterior de las respectivas partes de extremo del periodo de estado conectado de la forma de onda de pulsos de la tensión de línea Vvw. En este caso, el total de estas tensiones de línea (=Vuv+Vvw+Vwu) es constantemente cero.

Las formas de onda de tensión de fase de las fases en los mismos periodos de muestreo, convertidas a partir de las formas de onda de tensión de línea que se muestran en (a) en la figura, se muestran en (b) en la figura.

Las formas de onda de la tensión de fase U Vu, la tensión de fase V Vv, la tensión de fase W Vw, se muestran desde arriba en (b) de la figura 18. Dado que el valor absoluto del ancho de pulsos de fase U ΔTuv(k) es el mayor, la forma de onda de la tensión de fase Vu es una forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo del valor absoluto |ΔTuv(k)| del valor del ancho de pulsos. La tensión en el estado conectado se ajusta como (1/2)E, y la tensión en el estado desconectado como - (1/2)E. La forma de onda de la tensión de fase V Vv que sigue a la fase U permanece desconectada durante todo el periodo de muestreo. La tensión en el estado desconectado se ajusta como -(1/2)E. Asimismo, la forma de onda de la tensión de fase W Vw que sigue a la fase V es una forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo del valor absoluto del ancho de pulsos |ΔTvw(k)| de la fase V anterior. En este caso, la tensión en el estado conectado se ajusta como (1/2)E y la tensión en el estado desconectado como - (1/2)E.

Las formas de onda de tensión de línea se pueden confirmar fácilmente en base a dichas formas de onda de tensión de fase convertidas. Por ejemplo, restando la forma de onda Vv de la forma de onda Vu de (b) en la figura de acuerdo con Vuv=Vu-Vv, Vuv se convierte en E/2-(-E/2)=E en el periodo en el que Vu es E/2 y -E/2-(-E/2)=0 en el periodo en el que Vu es -E/2, lo que tiene como resultado una forma de onda idéntica a la forma de onda Vuv de (a) en la figura. Análogamente, restando la forma de onda Vw de la forma de onda Vv de (b) en la figura de acuerdo con Vvw=Vv-Vw, Vvw se convierte en -E/2-(+E/2)=-E en el periodo en el que Vw es E/2 y -E/2-(-E/2)=0 en el periodo en el que Vw es -E/2, lo que tiene como resultado una forma de onda idéntica a la forma de onda Vvw de (a) en la figura. Además, restando la forma de onda Vu de la forma de onda Vw de (b) en la figura de acuerdo con Vwu=Vw-Vu, Vwu se convierte en E/2-(+E/2)=0 en el periodo en el que Vu es E/2, -E/2-(-E/2)=0 en el periodo en el que Vu es -E/2 y -E/2-(+E/2)=-E en el periodo en el que Vw es -E/2 y Vu es E/2, lo que tiene como resultado una forma de onda idéntica a la forma de onda Vwu de (a) en la figura.

La figura 19 es un diagrama que muestra una relación entre la forma de onda de la tensión de línea y la forma de onda de la tensión de fase, en un caso en el que el ancho de pulsos del valor absoluto más grande es negativo. En (a) en la figura, se muestran las formas de onda de las tensiones de línea Vuv, Vvw, Vwu en el mismo periodo de muestreo (kT a (k+1)T) que el de la figura 18. En este ejemplo, la relación entre los anchos de pulsos ΔTuv(k), ΔTvw(k) y ΔTwu(k) se puede expresar como |ΔTuv(k)|>|ΔTwu(k)|>|ΔTvw(k)|, ΔTuv(k)<0 y ΔTvw(k), ΔTwu(k)>0. Asimismo, el total de las tensiones de línea (=Vuv+Vvw+Vwu) tiene siempre que ser cero.

En este caso, la forma de onda de la tensión de línea de fase U Vuv que tiene el valor absoluto de ancho de pulsos mayor es una forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado de la polaridad negativa correspondiente al periodo del valor absoluto |ΔTuv(k)| del valor del ancho de pulsos calculado. La tensión en el

estado conectado se ajusta como -E, y la tensión en el estado desconectado es cero. La forma de onda de la tensión de línea Vvw de la fase V que sigue a la fase U adopta una forma de onda de pulsos que incluye los estados conectados correspondientes a la mitad del periodo del valor absoluto |ΔTvw(k)| del valor del ancho de pulsos calculado, en las posiciones que corresponden al exterior de las respectivas partes de extremo del periodo de estado conectado de la forma de onda de pulsos de la tensión de línea Vuv. La tensión en el estado conectado se ajusta como E. Asimismo, la forma de onda de la tensión de línea Vwu de fase W que sigue a la fase V es una forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo del valor absoluto |ΔTwu(k)| del valor del ancho de pulsos calculado. En este caso, el total de estas tensiones de línea (=Vuv+Vvw+Vwu) es constantemente cero.

La figura 19(b) muestra las formas de onda de tensión de fase Vu, Vv, Vw de los mismos periodos de muestreo, convertidas a partir de las formas de onda de tensión de línea mostradas en (a) en la figura.

En este ejemplo, dado que el valor absoluto del ancho de pulsos de fase U ΔTuv(k) es el mayor, la forma de onda de la tensión de fase Vu permanece desconectada durante todo el periodo de muestreo. La tensión en el estado desconectado se ajusta como - (1/2)E. La forma de onda de la tensión de fase V Vv que sigue a la fase U adopta una forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo del valor absoluto de ancho de pulsos |ΔTuv(k)|, que es el mayor. La tensión en el estado conectado se ajusta como (1/2)E, y la tensión en el estado desconectado como - (1/2)E. Asimismo, la forma de onda de la tensión de fase W Vw que sigue a la fase V adopta una forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo del valor absoluto del ancho de pulsos |ΔTwu(k)| de la misma fase W. En este caso, la tensión en el estado conectado se ajusta como (1/2)E, y la tensión en el estado desconectado como - (1/2)E.

Incluso en el caso en el que el valor del ancho de pulsos del valor absoluto mayor es negativo, las formas de onda de tensión de línea se pueden confirmar fácilmente en base a dichas formas de onda de tensión de fase convertidas. Por ejemplo, tras restar la forma de onda Vv de la forma de onda Vu de (b) en la figura, Vuv se convierte en -E/2-(+E/2)=-E en el periodo en el que Vv es E/2 y - E/2-(-E/2)=0 en el periodo en el que Vv es -E/2, lo que tiene como resultado una forma de onda idéntica a la forma de onda Vuv de (a) en la figura. Análogamente, tras restar la forma de onda Vw de la forma de onda Vv de (b) en la figura, Vvw se convierte en E/2-(+E/2)=0 en el periodo en el que Vw es E/2, -E/2-(-E/2)=0 en el periodo en el que Vv es -E/2 y E/2-(-E/2)=E en el periodo en el que Vv es E/2 y Vw es -E/2, lo que tiene como resultado una forma de onda idéntica a la forma de onda Vvw de (a) en la figura. Además, tras restar la forma de onda Vu de la forma de onda Vw de (b) en la figura, Vwu se convierte en E/2-(-E/2)=E en el periodo en el que Vw es E/2 y - E/2-(-E/2)=0 en el periodo en el que Vw es -E/2, lo que tiene como resultado una forma de onda idéntica a la forma de onda Vwu de (a) en la figura.

La figura 20 es un diagrama de flujo que muestra un procedimiento para decidir cada forma de onda de la tensión de fase, ejecutado en el circuito -63- de generación de señales PWM. El circuito -63- de generación de señales PWM calcula el ancho de pulsos al inicio de cada periodo de muestreo kT. El procedimiento comienza una vez que el circuito -63- de generación de señales PWM calcula el ancho de pulsos de las fases respectivas.

En primer lugar, el ancho de pulsos del valor absoluto mayor entre los tres anchos de pulsos calculados se denomina ΔTmax S21. La fase en la que ΔTmax se ha calculado se denomina una primera fase, la fase siguiente a la primera fase se denomina una segunda fase, y la fase siguiente a la segunda fase se denomina una tercera fase. En los ejemplos mostrados en las figuras 18 y 19, se establece ΔTmax = ΔTuv(k), y la fase U, la fase V y la fase W corresponden a la primera fase, la segunda fase y la tercera fase, respectivamente. A continuación, se determina si ΔTmax es o no positivo S22. En este caso, dado que es imposible que todos los anchos de pulsos se hagan cero, el caso de ΔTmax=0 no se tomará en cuenta.

En el caso en el que ΔTmax es positivo (S22: SÍ), la forma de onda de la tensión de fase de la primera fase se conforma en la forma de onda de pulsos que incluye el estado conectado correspondiente al periodo de |ΔTmax| en su parte central S23; la forma de onda de la tensión de fase de la segunda fase se conforma en la forma de onda de pulsos que permanece desconectada durante todo el periodo de muestreo S24; y la forma de onda de la tensión de fase de la tercera fase se conforma en una forma de onda de pulsos que incluye el estado conectado correspondiente al periodo del valor absoluto del ancho de pulsos de la segunda fase en su posición central S25, y el proceso finaliza.

En el ejemplo de la figura 18, dado que ΔTuv(k) > 0, la forma de onda de la tensión de fase U se conforma en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de |ΔTuv(k)|; la forma de onda de la tensión de fase V se conforma en la forma de onda de pulsos que permanece desconectada a través de todo el periodo de muestreo; y la forma de onda de la tensión de fase W se conforma en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de |ΔTvw(k)|.

En el caso en el que ΔTmax es negativo (S22: NO), la forma de onda de la tensión de fase de la primera fase se conforma en la forma de onda de pulsos que permanece desconectada durante todo el periodo de muestreo S26; la forma de onda de la tensión de fase de la segunda fase se conforma en la forma de onda de pulsos que incluye el

estado conectado correspondiente al periodo del valor absoluto de ΔTmax en su posición central S27; y la forma de onda de la tensión de fase de la tercera fase se conforma en una forma de onda de pulsos que incluye el estado conectado correspondiente al periodo del valor absoluto del ancho de pulsos de la tercera fase en su posición central S25, y el proceso finaliza.

En el ejemplo de la figura 19, dado que ΔTuv(k) < 0, la forma de onda de la tensión de fase U se conforma en la forma de onda de pulsos que permanece desconectada durante todo el periodo de muestreo; la forma de onda de la tensión de fase V se conforma en la forma de onda de pulsos que incluye el estado conectado correspondiente al periodo de |ΔTuv(k)| en su posición central; y la forma de onda de la tensión de fase W se conforma en la forma de onda de pulsos que incluye el estado conectado correspondiente al periodo de |ΔTwu(k)| en su posición central.

El circuito -63- de generación de señales PWM entrega la señal PWM, que incluye una parte de bajo nivel correspondiente al estado desconectado de las formas de onda de tensión de fase determinadas de las fases y una parte de alto nivel correspondiente al estado conectado de las mismas, al circuito inversor -2-. En la práctica, el bajo nivel se entrega ya como la señal PWM desde el inicio kT de cada periodo de muestreo, y los procesos anteriores de decisión de la forma de onda de la tensión de fase (en adelante, "proceso de decisión de la forma de onda de la tensión de fase") se ejecutan antes de entrar en el nivel alto, para conmutar la tensión de nivel alto en la temporización acorde con cada forma de onda de la tensión de fase decidida según lo anterior.

En este caso, se puede calcular el ancho de pulsos y se puede ejecutar el proceso de decisión de la forma de onda de la tensión de fase antes del inicio kT de cada periodo de muestreo. En este caso, la señal PWM se entrega de acuerdo con las respectivas formas de onda de tensión de fase decididas según lo anterior.

Al ejecutar el proceso de decisión de la forma de onda de la tensión de fase, el circuito -63- de generación de señales PWM determina adecuadamente la forma de onda de pulsos para controlar la tensión de fase de salida de las fases respectivas en base al ancho de pulsos calculado, y entrega dicha forma de onda de pulsos como la señal PWM, al circuito inversor -2-.

La figura 21 es un diagrama que describe una relación entre el valor del ancho de pulsos calculado por medio del procedimiento de retención de la PWM y el ancho de pulsos de la forma de onda de pulsos decidido por medio del proceso de decisión de la forma de onda de la tensión de fase.

La línea de trazos en la zona superior de la figura representa la transición con el tiempo de ancho de pulsos de la fase U ΔTuv calculado por medio del procedimiento de retención de la PWM. Análogamente, la línea de trazos y puntos representa la transición con el tiempo del ancho de pulsos de la fase V ΔTvw, y la línea continua representa la transición con el tiempo del ancho de pulsos de la fase W ΔTwu. Tal como se muestra en la figura, la transición del ancho de pulsos de las fases respectivas calculadas por medio del procedimiento de retención de la PWM forma curvas de onda sinusoidal con las fases desplazadas en 2π/3 entre sí.

En la figura, el valor absoluto de ΔTvw se hace el mayor del periodo t1, y ΔTvw > 0 (SÍ en S22 de la figura 20). Por consiguiente, la forma de onda de la tensión de fase V, correspondiente a la primera fase, se convierte en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de ΔTvw (S23 de la figura 20). Análogamente, la forma de onda de la tensión de fase W correspondiente a la segunda fase se convierte en la forma de onda que permanece desconectada durante todo el periodo (S24 de la figura 20). Además, la forma de onda de la tensión de fase U correspondiente a la tercera fase se convierte en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de |ΔTwu| (S25 de la figura 20).

En el periodo t2, el valor absoluto de ΔTwu pasa a ser el mayor, y ΔTwu es negativo (NO en S22 de la figura 20). Por consiguiente, la forma de onda de la tensión de fase W, correspondiente a la primera fase, se convierte en la forma de onda que permanece desconectada durante todo el periodo (S26 de la figura 20). Análogamente, la forma de onda de la tensión de fase U correspondiente a la segunda fase se convierte en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de |ΔTwu| (S27 de la figura 20). Además, la forma de onda de la tensión de fase V correspondiente a la tercera fase se convierte en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de ΔTvw (S28 de la figura 20).

En el periodo t3, el valor absoluto de ΔTuv se convierte en el mayor, y ΔTuv > 0 (SÍ en S22 de la figura 20). Por consiguiente, la forma de onda de la tensión de fase U, correspondiente a la primera fase, se convierte en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de ΔTuv (S23 de la figura 20). Análogamente, la forma de onda de la tensión de fase V correspondiente a la segunda fase se convierte en la forma de onda que permanece desconectada durante todo el periodo (S24 de la figura 20). Además, la forma de onda de la tensión de fase W correspondiente a la tercera fase se convierte en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de |ΔTvw| (S25 de la figura 20).

En el periodo t4, el valor absoluto de ΔTvw se convierte en el mayor, y ΔTvw < 0 (NO en S22 de la figura 20). Por consiguiente, la forma de onda de la tensión de fase V, correspondiente a la primera fase, se convierte en la forma de onda que permanece desconectada durante todo el periodo (S26 de la figura 20). Análogamente, la forma de onda de la tensión de fase W correspondiente a la segunda fase se convierte en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de |ΔTvw| (S27 de la figura 20). Además, la forma de onda de la tensión de fase U correspondiente a la tercera fase se convierte en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de ΔTuv (S28 de la figura 20).

En el periodo t5, el valor absoluto de ΔTwu se convierte en el mayor, y ΔTwu > 0 (SÍ en S22 de la figura 20). Por consiguiente, la forma de onda de la tensión de fase W, correspondiente a la primera fase, se convierte en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de ΔTwu (S23 de la figura 20). Análogamente, la forma de onda de la tensión de fase U correspondiente a la segunda fase se convierte en la forma de onda que permanece desconectada durante todo el periodo (S24 de la figura 20). Además, la forma de onda de la tensión de fase V correspondiente a la tercera fase se convierte en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de |ΔTuv| (S25 de la figura 20).

En el periodo t6, el valor absoluto de ΔTuv se convierte en el mayor, y ΔTuv < 0 (NO en S22 de la figura 20). Por consiguiente, la forma de onda de la tensión de fase U, correspondiente a la primera fase, se convierte en la forma de onda que permanece desconectada durante todo el periodo (S26 de la figura 20). Análogamente, la forma de onda de la tensión de fase V correspondiente a la segunda fase se convierte en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de |ΔTuv| (S27 de la figura 20). Además, la forma de onda de la tensión de fase W correspondiente a la tercera fase se convierte en la forma de onda de pulsos que incluye en su parte central el estado conectado correspondiente al periodo de ΔTwu (S28 de la figura 20). A continuación, se repite el proceso de los periodos desde t1 hasta t6.

Por lo tanto, el elemento de conmutación en el circuito inversor -2- que recibe la entrada de las señales PWM, incluyendo el nivel alto y el nivel bajo correspondientes respectivamente al estado conectado y el estado desconectado de dichas formas de onda de tensión de fase, no realiza la acción de conmutación en un periodo de un tercio del ciclo. Dicha disposición proporciona los mismos efectos ventajosos que los ofrecidos por la primera realización.

Asimismo, la transición con el tiempo del ancho de pulsos de cada forma de onda de pulsos correspondiente a la forma de onda de la tensión de fase U se presenta tal como se muestra en la zona inferior de la figura 21. Más específicamente, el ancho de pulsos forma el patrón invertido de la transición con el tiempo del ancho de pulsos de la fase W ΔTwu (ver ΔTwu en la línea continua en la zona superior de la figura 21) a través de los periodos t1 y t2, el mismo patrón que la transición con el tiempo del ancho de pulsos de la fase U ΔTuv (ver ΔTuv en la línea de trazos de la zona superior de la figura 21) a través de los periodos t3 y t4, y permanece desconectado durante los periodos t5 y t6.

Además, cuando la forma de onda de la tensión de fase U es introducida en el circuito inversor -2- como la señal PWM, la forma de onda de la tensión de fase de salida de la fase U entregada desde el circuito -3- de filtro adopta la forma de onda de la zona inferior de la figura 21. Cuando las formas de onda de tensión de fase V y fase W se introducen como las señales PWM en el circuito inversor -2-, las formas de onda de las tensiones de fase de salida de fase V y de fase W entregadas desde el circuito -3- de filtro adoptan la forma de onda de la zona inferior de la figura 21, pero de fases avanzada y retardada en 2π/3, respectivamente. Estas formas de onda son idénticas a las de la señal Vu1, Vv1, Vw1 de tensión de fase mostrada en la figura 5(c). Dicha disposición permite, por lo tanto, entregar al sistema -5- las señales de tensión de línea compensadas.

En la cuarta realización, además, la forma de onda de la tensión de fase decidida comienza siempre desde el nivel bajo. Por consiguiente, no es obligatorio que la forma de onda de la tensión de fase se decida en el inicio kT del periodo de muestreo, y el ancho de pulsos se puede calcular en base a la señal de tensión de línea para determinar la forma de onda de la tensión de fase, en el inicio kT del periodo de muestreo. La última disposición permite generar con mayor precisión la señal PWM. Asimismo, la forma de onda de la tensión de fase decidida termina siempre al nivel bajo. Por lo tanto, la acción de conmutación no se puede realizar en el límite de los periodos de muestreo, y por lo tanto se puede suprimir la pérdida por conmutación.

El procedimiento para decidir la forma de onda de la tensión de fase no se limita al diagrama de flujo de la figura 20. Se pueden adoptar otros procedimientos, siempre que la regla para decidir la forma de onda se pueda cambiar en base a la distinción positiva y negativa del valor del ancho de pulsos que tiene el valor absoluto mayor.

Aunque la primera a cuarta realizaciones se refieren al caso en el que el circuito de control de inversor acorde con la presente invención está incorporado en el sistema inversor interactivo con la red eléctrica, el sistema se puede disponer de otro modo. Un medio de registro, tal como una ROM que contiene de manera extraíble el programa de generación de la señal PWM mediante el procedimiento anterior, se puede disponer para un ordenador asociado con

el circuito de control de inversor convencional, de tal modo que el programa puede ser leído y ejecutado, para proporcionar la función del circuito de control de inversor acorde con la presente invención.

El circuito de control de inversor acorde con la presente invención no se limita a las realizaciones anteriores. La estructura específica de los componentes del circuito de control de inversor según la presente invención se puede modificar de varias maneras.

SIGNOS DE REFERENCIA

-A1-, -A2-, -A3-, -A4- sistema inversor interactivo con la red eléctrica

-1- fuente de alimentación de CC

-2- circuito inversor

-3- circuito de filtro

-4- circuito transformador

-5- sistema comercial de alimentación

-6- circuito de control de inversor

-61- circuito de generación de señales de comando

-611- circuito de generación de señales de control de tensión de fase

-611a- circuito de detección de fase

-611b- circuito de control PI

-611c- circuito de conversión trifásica/bifásica

-611d- circuito de conversión de coordenadas estáticas

-611e- circuito de control PI

-611f- circuito de conversión de coordenadas de rotación

-611g- circuito de conversión bifásica/trifásica

-612- circuito de conversión de señales de control

-613-, -614- circuito de generación de señales

-615- circuito de corrección de la tensión de línea

-62-, -63- circuito de generación de señales PWM

-7- sensor de tensión de CC

-8- sensor de corriente

-9- sensor de tensión de línea

REIVINDICACIONES

1. Circuito (6) de control de inversor para un sistema inversor interactivo con la red eléctrica configurado para generar y entregar señales PWM para controlar el funcionamiento de una serie de dispositivos de conmutación en un circuito inversor trifásico (2) de un sistema inversor interactivo con la red eléctrica, suministrando la salida del circuito inversor trifásico (2) alimentación a un sistema de alimentación trifásico (5),

en el que el circuito de control de inversor está configurado para generar señales PWM que garantizan que una forma de onda de una tensión de fase entregada desde el circuito inversor trifásico (2) a través de un filtro paso bajo (3) es cero en un primer periodo de un tercio de un ciclo, es una onda sinusoidal correspondiente a una fase de 0 a 2π/3 en un subsiguiente periodo de un tercio del ciclo; y es una onda sinusoidal correspondiente a una fase de π/3 a π en un restante periodo de un tercio del ciclo, comprendiendo el circuito (6) de control de inversor:

un generador (61) de señales de valor objetivo que está configurado para generar una primera señal del valor objetivo, una segunda señal del valor objetivo y una tercera señal del valor objetivo, teniendo la primera señal del valor objetivo una forma de onda que es cero en el primer periodo de un tercio del ciclo, es una onda sinusoidal correspondiente a una fase de 0 a 2π/3 en el subsiguiente segundo periodo de un tercio del ciclo, y es una onda sinusoidal correspondiente a una fase de π/3 a π en el restante periodo de un tercio del ciclo, teniendo la segunda señal del valor objetivo una fase adelantada en 2π/3 respecto de la primera señal del valor objetivo, teniendo la tercera señal del valor objetivo una fase retardada en 2π/3 respecto de la primera señal del valor objetivo; y

un generador (62) de señales PWM configurado para generar las señales PWM en base a las señales de valor objetivo,

en el que el generador (61) de señales de valor objetivo incluye:

un generador (611) de señales de control de tensión de fase configurado para generar tres señales de control de tensión de fase, cuya generación se basa en una señal detectada de corriente trifásica entregada desde el circuito inversor trifásico, una señal detectada de tensión de CC introducida al circuito inversor trifásico y una señal detectada de la tensión de línea trifásica del sistema de alimentación trifásico; y

un generador (613, 614) de señales configurado para generar la primera a tercera señales de valor objetivo para las fases respectivas del circuito inversor trifásico, a partir de las tres señales de control de tensión de fase;

en el que, para el periodo en el que la primera señal del valor objetivo se hace cero, el generador (613, 614) de señales está configurado para generar:

la primera señal del valor objetivo restando la primera señal de control de tensión de fase de la primera señal de control de tensión de fase de la fase correspondiente a la primera señal de control de tensión de fase,

la segunda señal del valor objetivo restando la primera señal de control de tensión de fase de la segunda señal de control de tensión de fase de la fase correspondiente a la segunda señal del valor objetivo, y

la tercera señal del valor objetivo restando la primera señal de control de tensión de fase de la tercera señal de control de tensión de fase de la fase correspondiente a la tercera señal del valor objetivo;

en el que, para el siguiente periodo de un tercio después del periodo cero, el generador (613, 614) de señales está configurado para generar:

la primera señal del valor objetivo restando la tercera señal de control de tensión de fase de la primera señal de control de tensión de fase,

la segunda señal del valor objetivo restando la tercera señal de control de tensión de fase de la segunda señal de control de tensión de fase, y

la tercera señal del valor objetivo restando la tercera señal de control de tensión de fase de la tercera señal de control de tensión de fase; y

en el que, para el restante periodo de un tercio del ciclo, el generador (613, 614) de señales está configurado para generar:

la primera señal del valor objetivo restando la segunda señal de control de tensión de fase de la primera señal de control de tensión de fase,

la segunda señal del valor objetivo restando la segunda señal de control de tensión de fase de la segunda señal de control de tensión de fase, y

la tercera señal del valor objetivo restando la segunda señal de control de tensión de fase de la tercera señal de control de tensión de fase.

2. Circuito (6) de control de inversor, según la reivindicación 1, en el que una señal de onda sinusoidal que forma la forma de onda de la primera a tercera señales de valor objetivo es una señal de control de tensión de línea que tiene la misma forma de onda que la de una señal de tensión de línea trifásica compensada que se tiene que entregar desde el circuito inversor trifásico (2).

3. Circuito (6) de control de inversor, según la reivindicación 1 o 2, en el que el generador (62) de señales PWM está configurado para generar la señal PWM comparando cada una de las tres señales de valor objetivo con una señal portadora predeterminada, con el nivel cero de la señal del valor objetivo emparejado con el nivel de amplitud mínimo de la señal portadora.

4. Sistema inversor (A1, A2, A3, A4) interactivo con la red eléctrica, que comprende el circuito (6) de control de inversor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3; y

un circuito inversor trifásico (2) que comprende una serie de dispositivos de conmutación configurados para alimentar un sistema de alimentación trifásico (5).

FIG.1

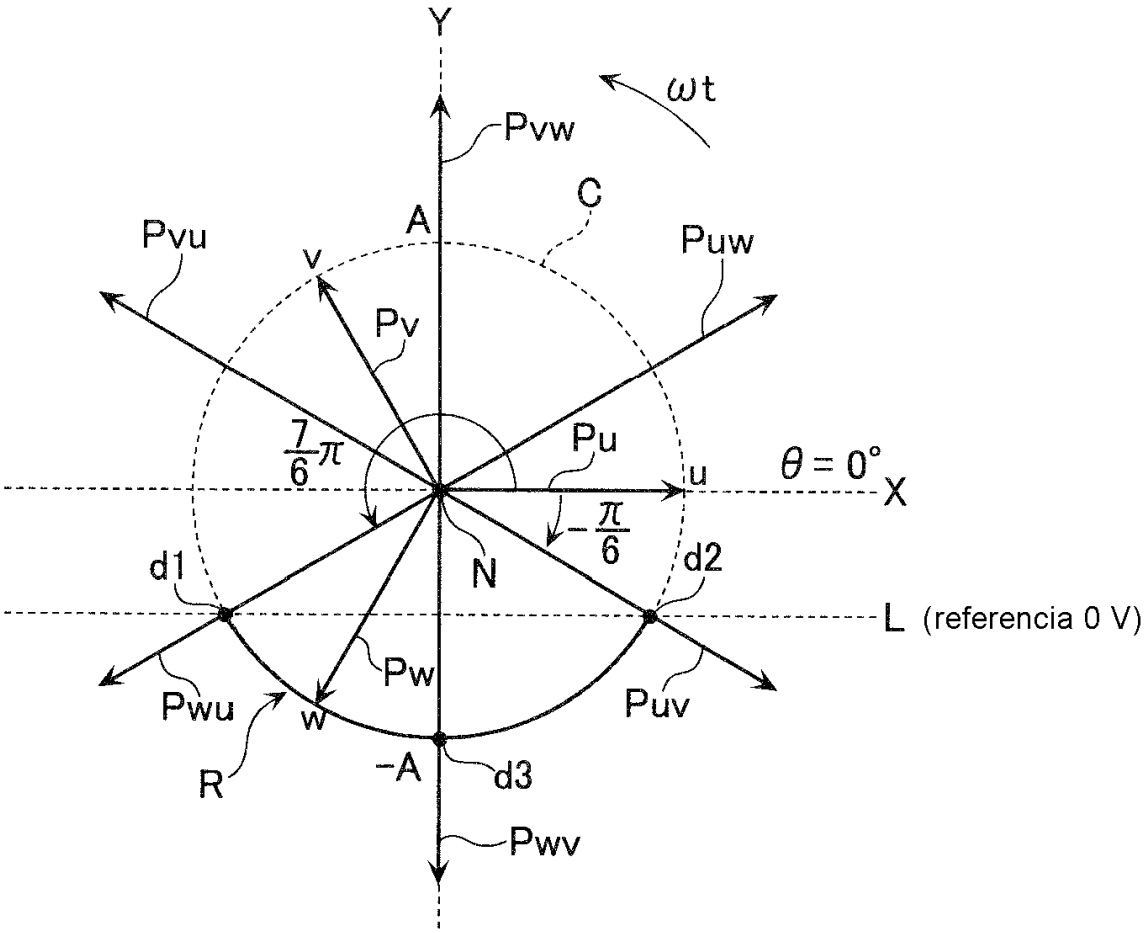

Y
ωt
Pvw
C
A
Pvu
v
Puw
Pv
7/6 π
Pu
u
θ = 0°
X
−π/6
N
d1
d2
L (referencia 0 V)
Pw
Pwu
w
Puv
R
−A
d3
Pwv

FIG.2

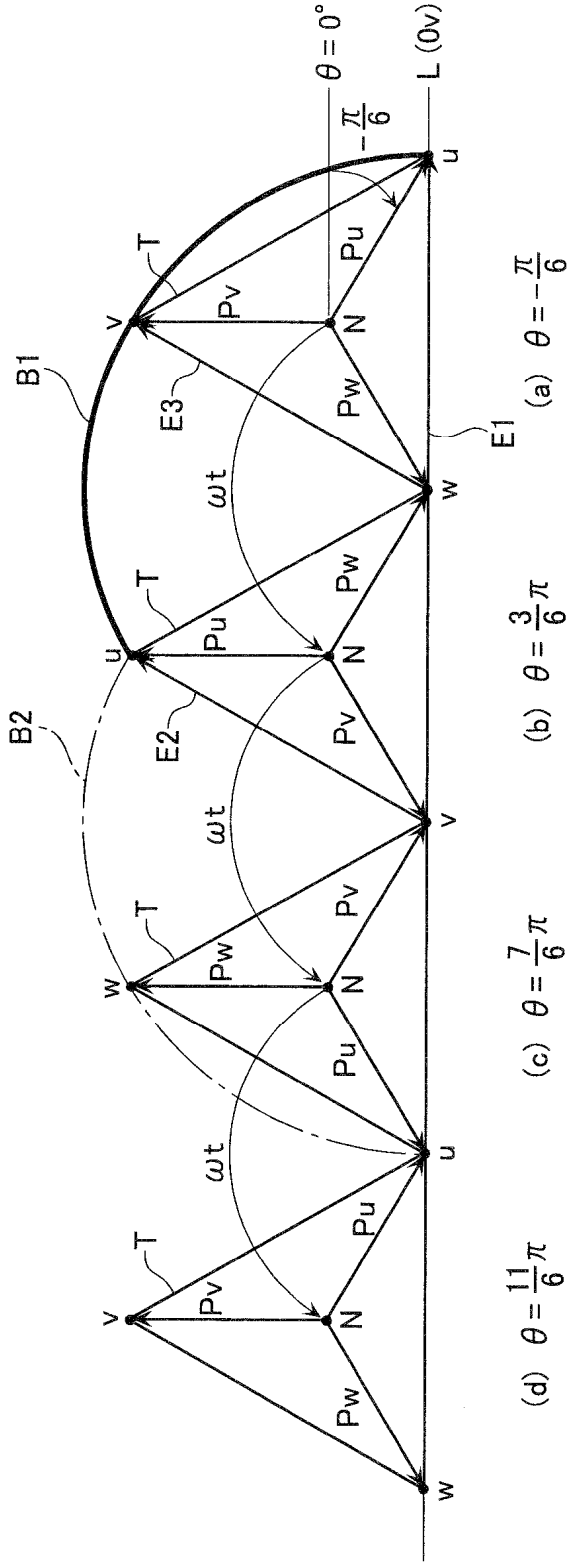

θ = 0°
L (0v)
$-\frac{\pi}{6}$
B1
B2
E1
E2
E3
T
Pu
Pv
Pw
N
u
v
w
ωt
(a) $\theta = -\frac{\pi}{6}$
(b) $\theta = \frac{3}{6}\pi$
(c) $\theta = \frac{7}{6}\pi$
(d) $\theta = \frac{11}{6}\pi$

FIG.3

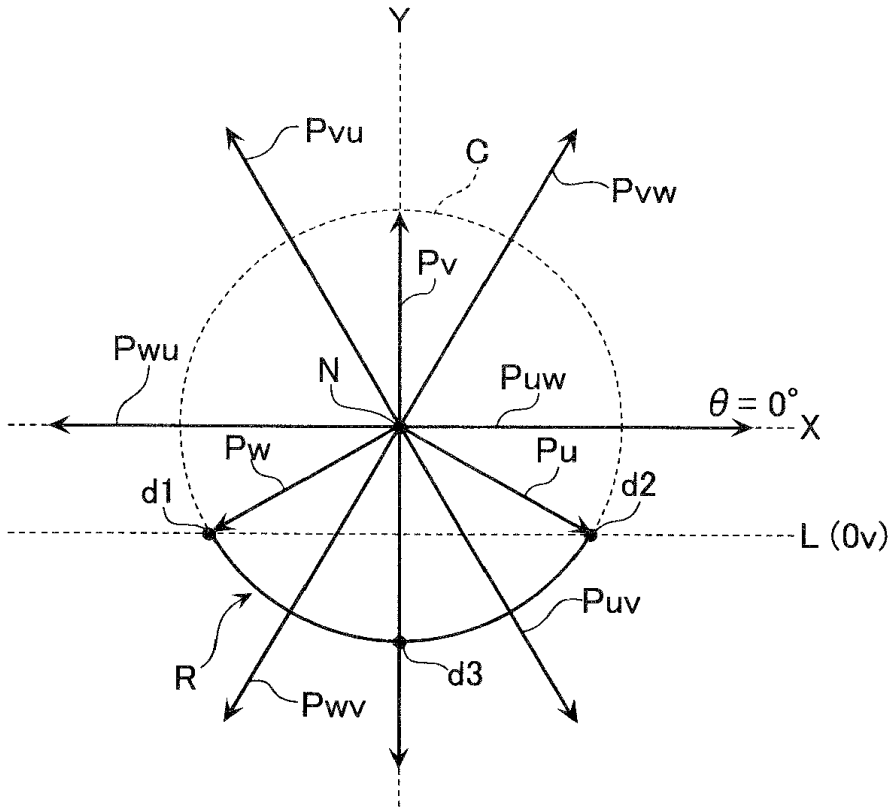


FIG.4

Fase θ	Fase U	Fase V	Fase W
$-\frac{\pi}{6} \sim \frac{3}{6}\pi$	Vuw	Vvw	0
$\frac{3}{6}\pi \sim \frac{7}{6}\pi$	Vuv	0	Vwv
$\frac{7}{6}\pi \sim \frac{11}{6}\pi$	0	Vvu	Vwu

FIG.5

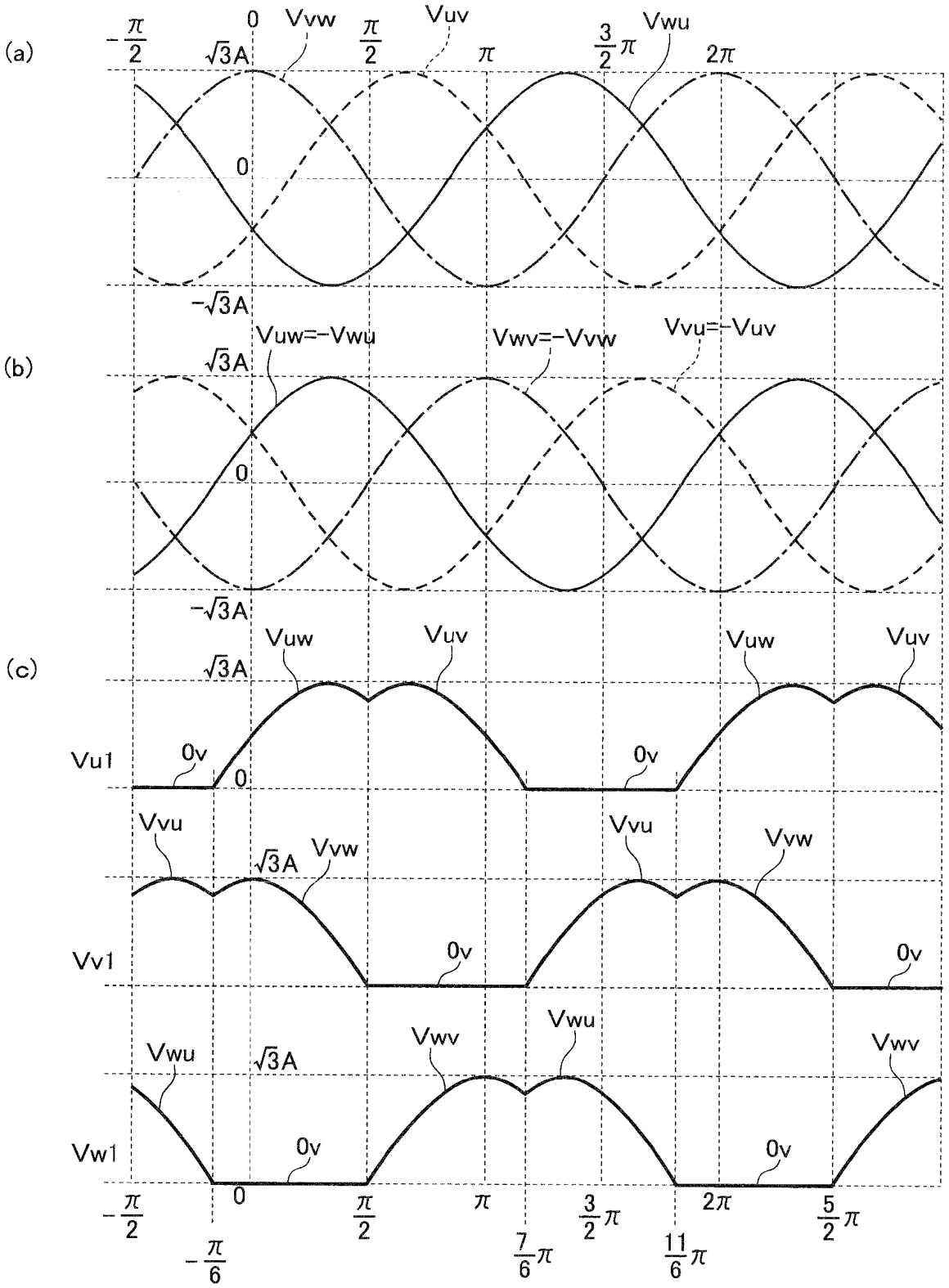

(a)
(b)
(c)
Vvw
Vuv
Vwu
√3A
−√3A
Vuw=−Vwu
Vwv=−Vvw
Vvu=−Vuv
Vuw
Vvu
Vwv
Vu1
Vv1
Vw1
0v
−π/2
π/2
π
3/2 π
2π
5/2 π
−π/6
7/6 π
11/6 π

FIG.6

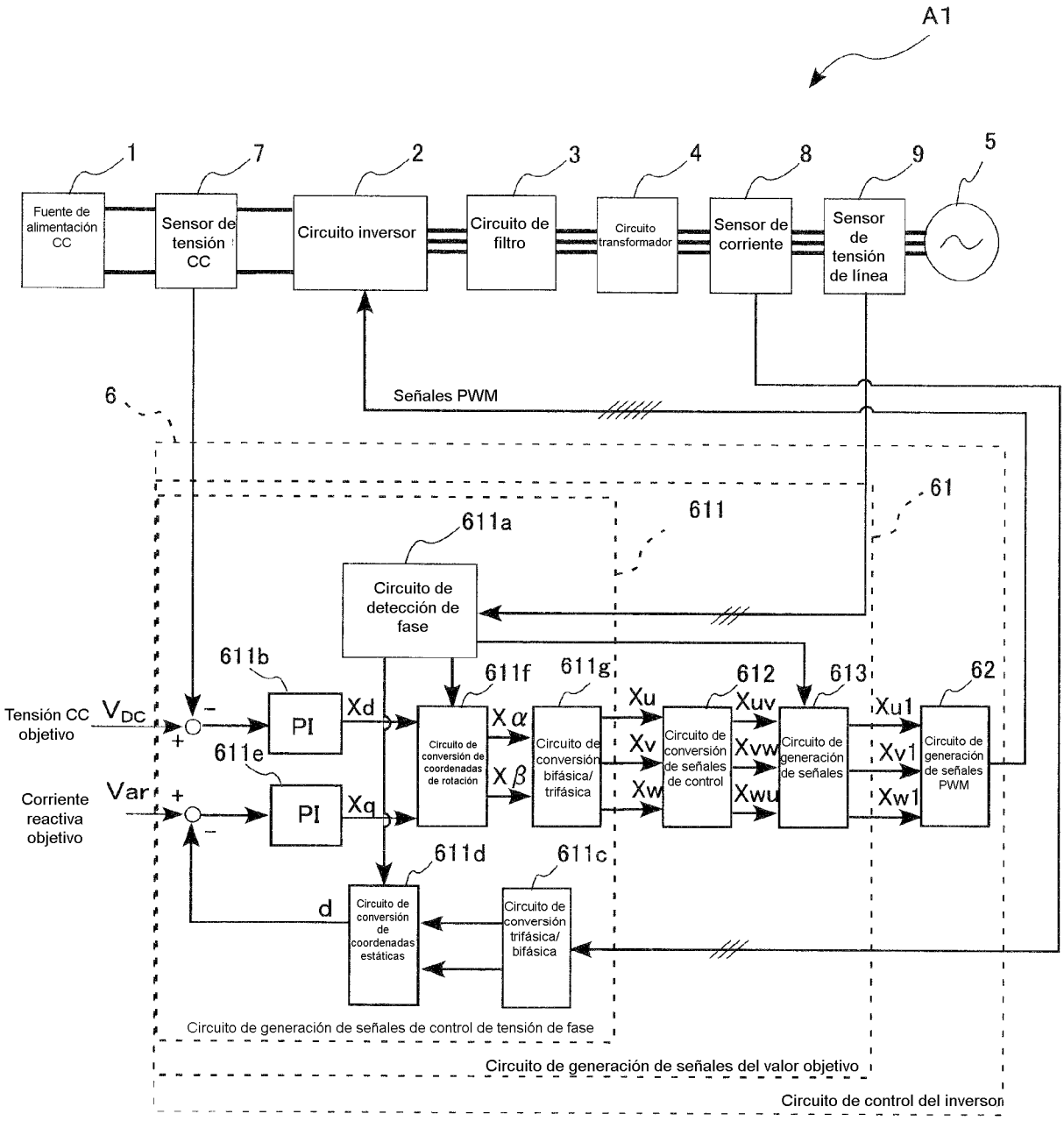

A1
1
7
2
3
4
8
9
5
Fuente de alimentación CC
Sensor de tensión CC
Circuito inversor
Circuito de filtro
Circuito transformador
Sensor de corriente
Sensor de tensión de línea
Señales PWM
6
61
611
611a
Circuito de detección de fase
611b
611e
611f
611g
612
613
62
Tensión CC objetivo
V_{DC}
Corriente reactiva objetivo
Var
PI
PI
Xd
Xq
Circuito de conversión de coordenadas de rotación
Xα
Xβ
Circuito de conversión bifásica/ trifásica
Xu
Xv
Xw
Circuito de conversión de señales de control
Xuv
Xvw
Xwu
Circuito de generación de señales
Xu1
Xv1
Xw1
Circuito de generación de señales PWM
611d
611c
d
Circuito de conversión de coordenadas estáticas
Circuito de conversión trifásica/ bifásica
Circuito de generación de señales de control de tensión de fase
Circuito de generación de señales del valor objetivo
Circuito de control del inversor

FIG.7

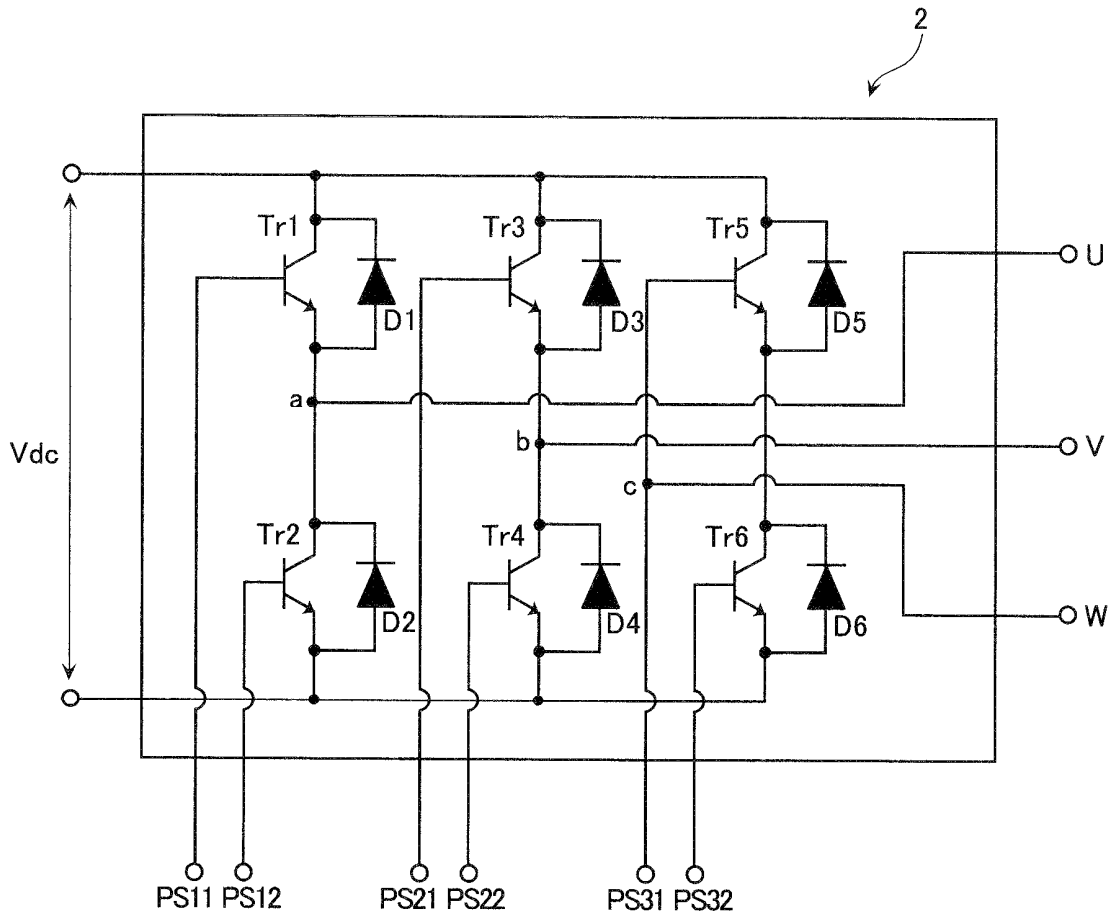

2
Tr1
Tr3
Tr5
D1
D3
D5
U
a
b
V
c
Vdc
Tr2
Tr4
Tr6
D2
D4
D6
W
PS11 PS12
PS21 PS22
PS31 PS32

FIG.8

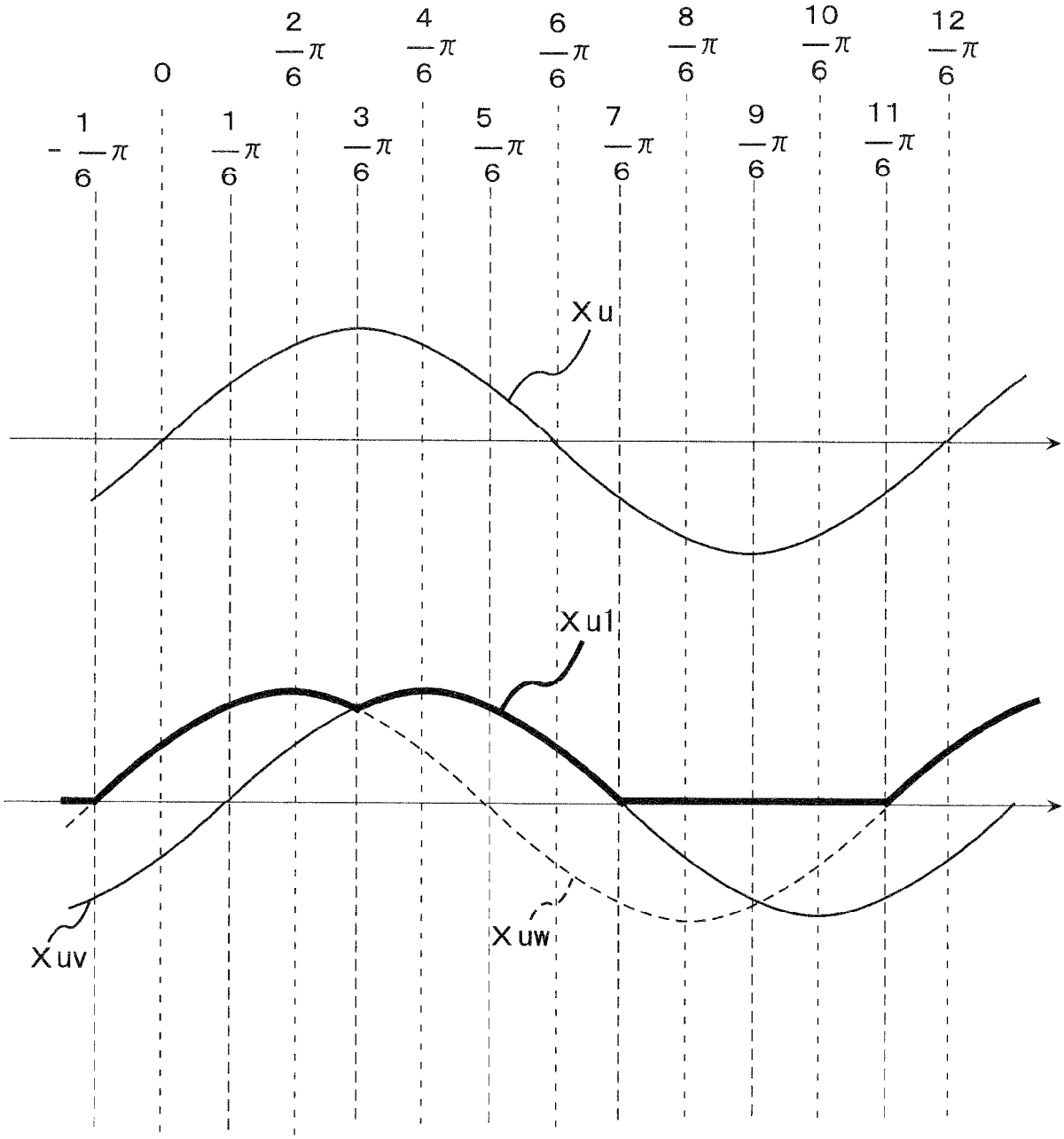

0
2/6 π
4/6 π
6/6 π
8/6 π
10/6 π
12/6 π
-1/6 π
1/6 π
3/6 π
5/6 π
7/6 π
9/6 π
11/6 π
Xu
Xu1
Xuv
Xuw

FIG.9

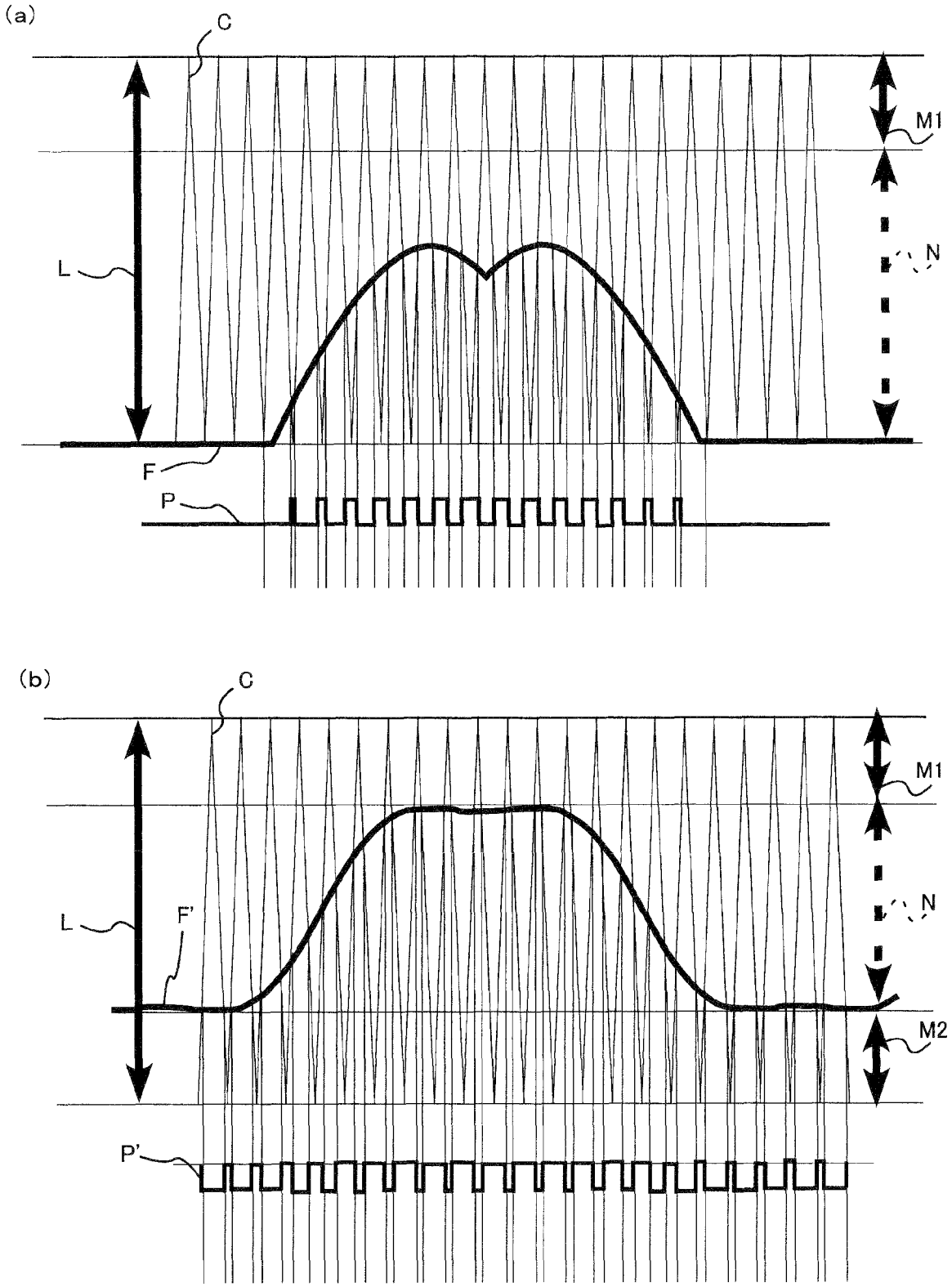


FIG.10

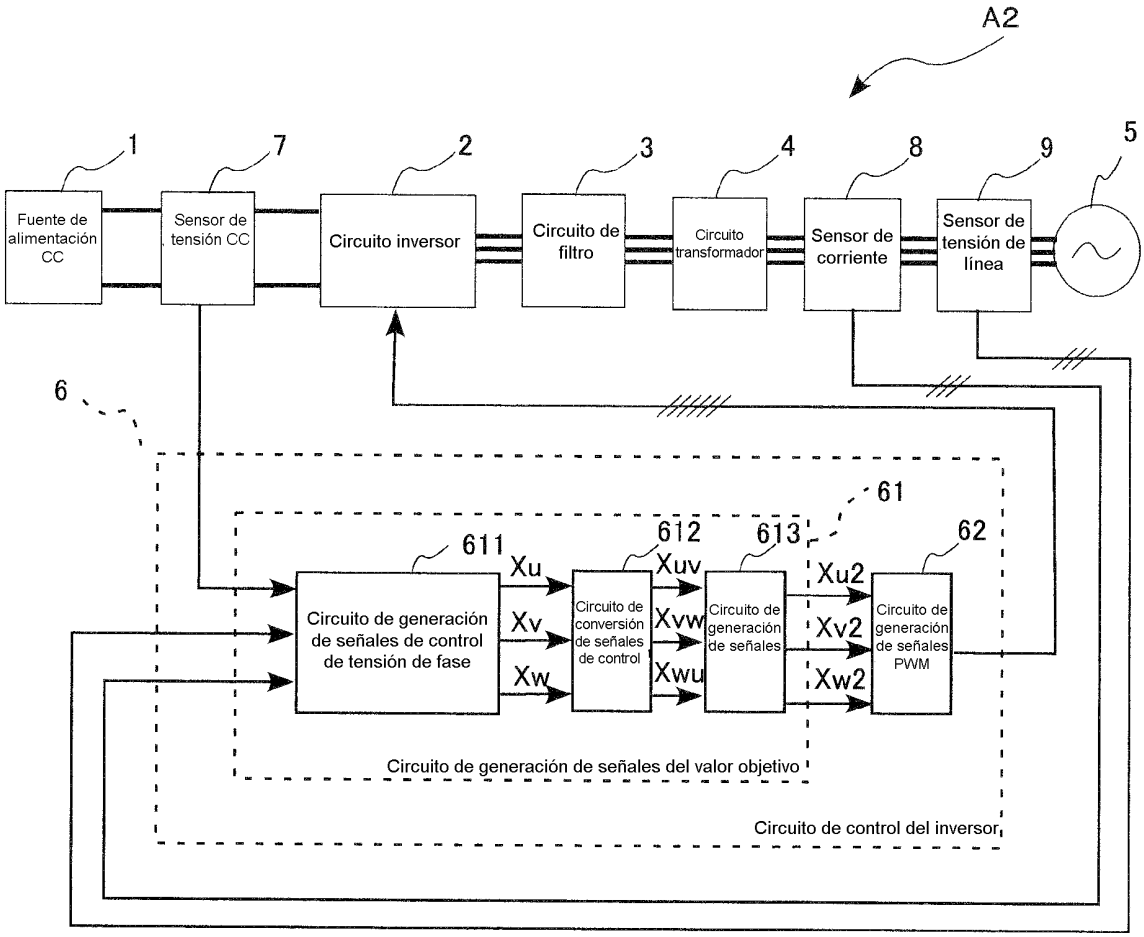

A2
1
7
2
3
4
8
9
5
Fuente de alimentación CC
Sensor de tensión CC
Circuito inversor
Circuito de filtro
Circuito transformador
Sensor de corriente
Sensor de tensión de línea
6
61
611
612
613
62
Xu
Xv
Xw
Xuv
Xvw
Xwu
Xu2
Xv2
Xw2
Circuito de generación de señales de control de tensión de fase
Circuito de conversión de señales de control
Circuito de generación de señales
Circuito de generación de señales PWM
Circuito de generación de señales del valor objetivo
Circuito de control del inversor

FIG.11

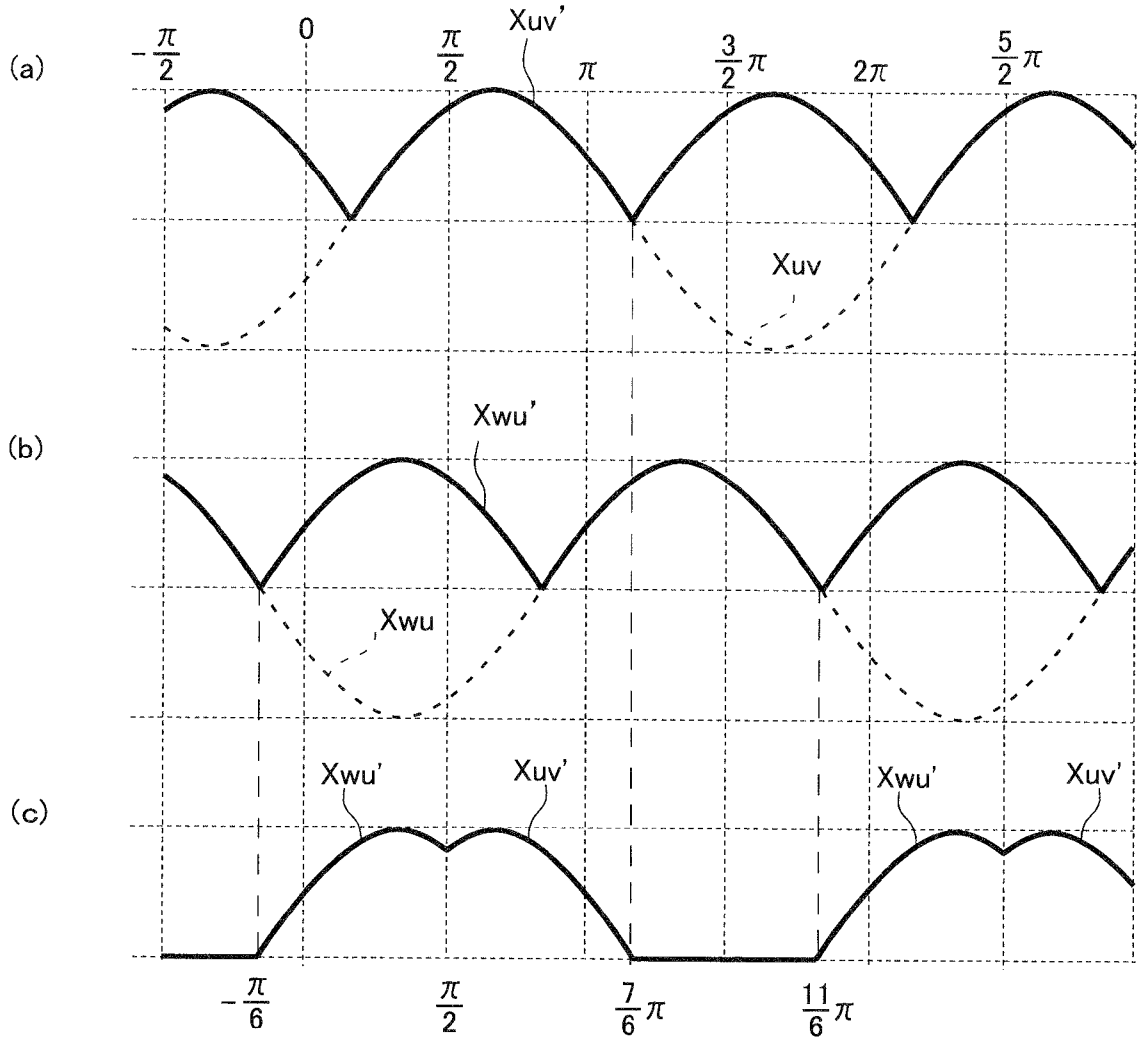

(a)
(b)
(c)
Xuv'
Xuv
Xwu'
Xwu
Xwu'
Xuv'
Xwu'
Xuv'
$-\frac{\pi}{2}$
0
$\frac{\pi}{2}$
π
$\frac{3}{2}\pi$
2π
$\frac{5}{2}\pi$
$-\frac{\pi}{6}$
$\frac{\pi}{2}$
$\frac{7}{6}\pi$
$\frac{11}{6}\pi$

FIG.12

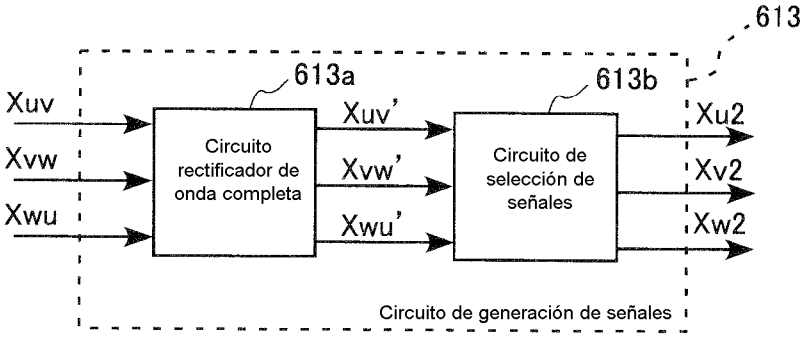

613
613a
613b
Xuv
Xvw
Xwu
Circuito rectificador de onda completa
Xuv'
Xvw'
Xwu'
Circuito de selección de señales
Xu2
Xv2
Xw2
Circuito de generación de señales

FIG.13

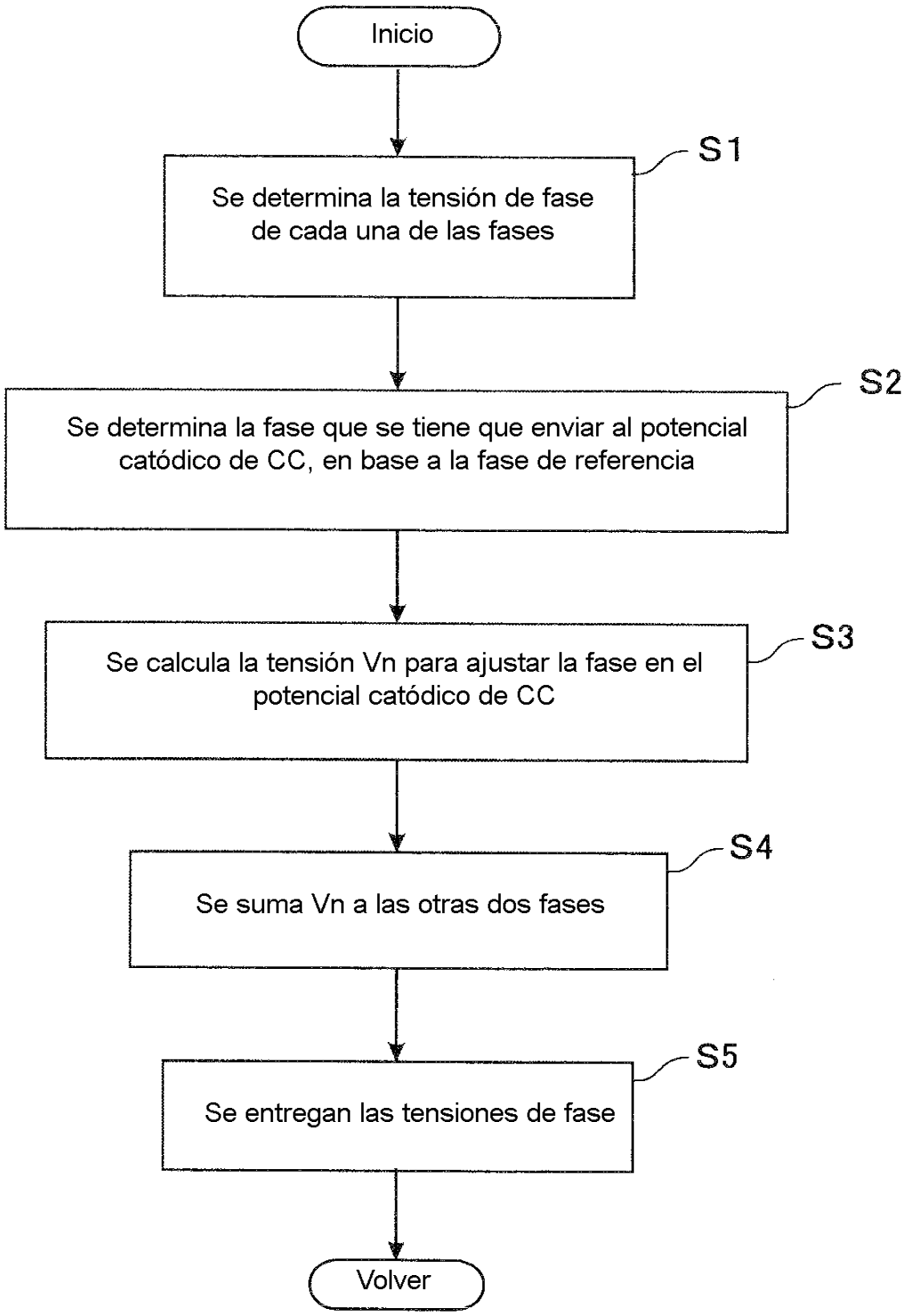

Inicio
S1
Se determina la tensión de fase de cada una de las fases
S2
Se determina la fase que se tiene que enviar al potencial catódico de CC, en base a la fase de referencia
S3
Se calcula la tensión Vn para ajustar la fase en el potencial catódico de CC
S4
Se suma Vn a las otras dos fases
S5
Se entregan las tensiones de fase
Volver

FIG.14

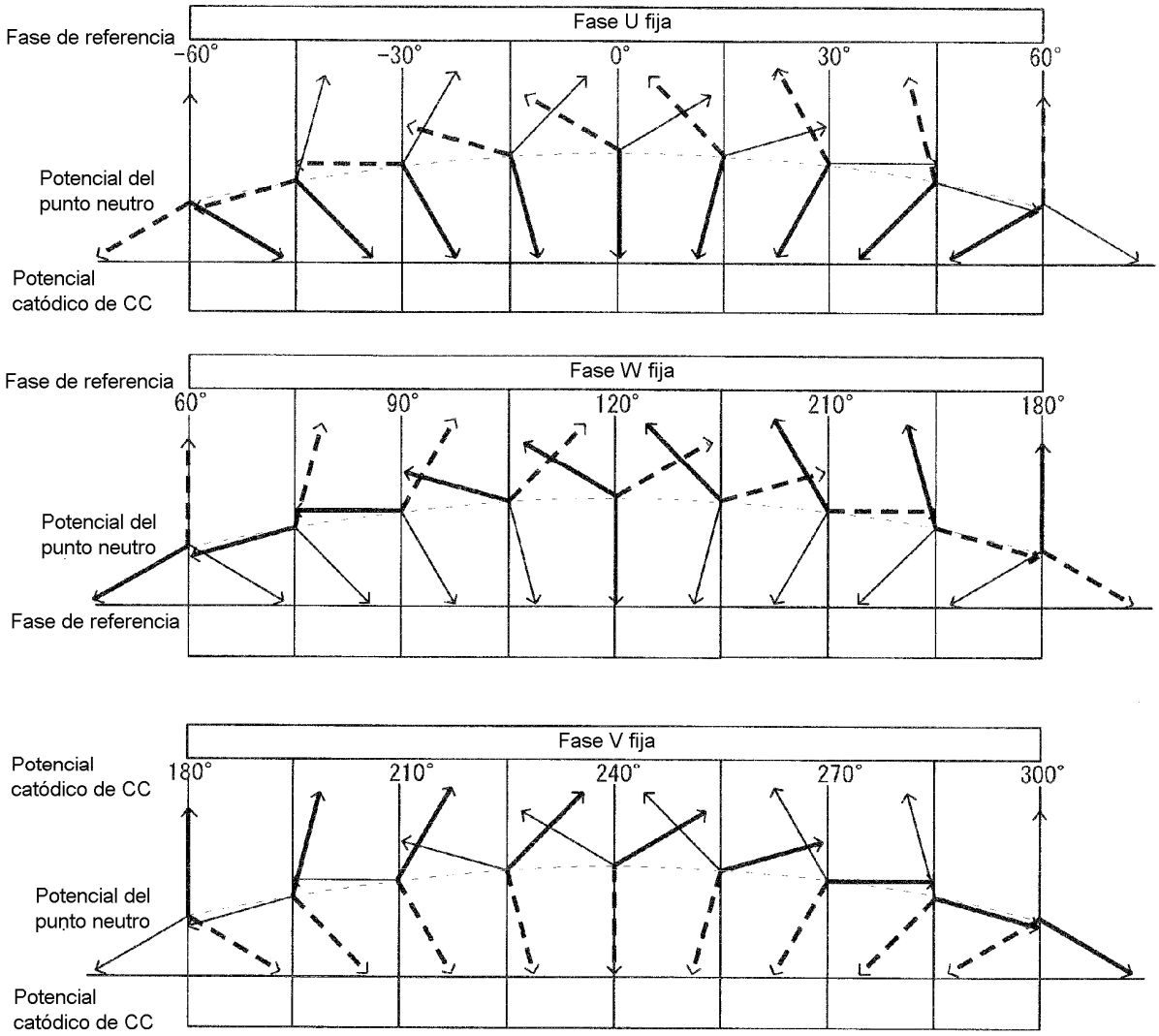

Fase U fija
Fase de referencia
-60°
-30°
0°
30°
60°
Potencial del punto neutro
Potencial catódico de CC
Fase W fija
Fase de referencia
60°
90°
120°
210°
180°
Potencial del punto neutro
Fase de referencia
Fase V fija
Potencial catódico de CC
180°
210°
240°
270°
300°
Potencial del punto neutro
Potencial catódico de CC

FIG.15

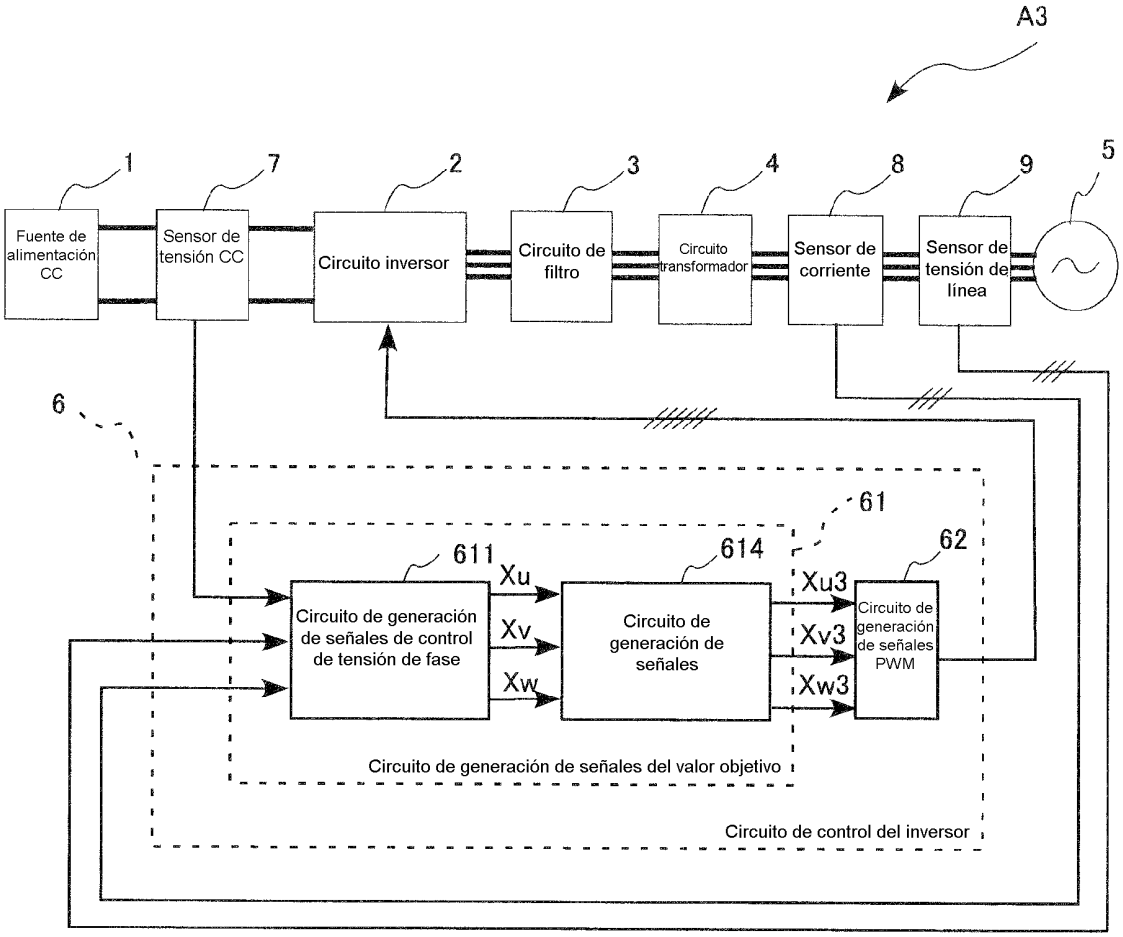

A3
1
7
2
3
4
8
9
5
Fuente de alimentación CC
Sensor de tensión CC
Circuito inversor
Circuito de filtro
Circuito transformador
Sensor de corriente
Sensor de tensión de línea
6
61
611
614
62
Xu
Xv
Xw
Xu3
Xv3
Xw3
Circuito de generación de señales de control de tensión de fase
Circuito de generación de señales
Circuito de generación de señales PWM
Circuito de generación de señales del valor objetivo
Circuito de control del inversor

FIG.16

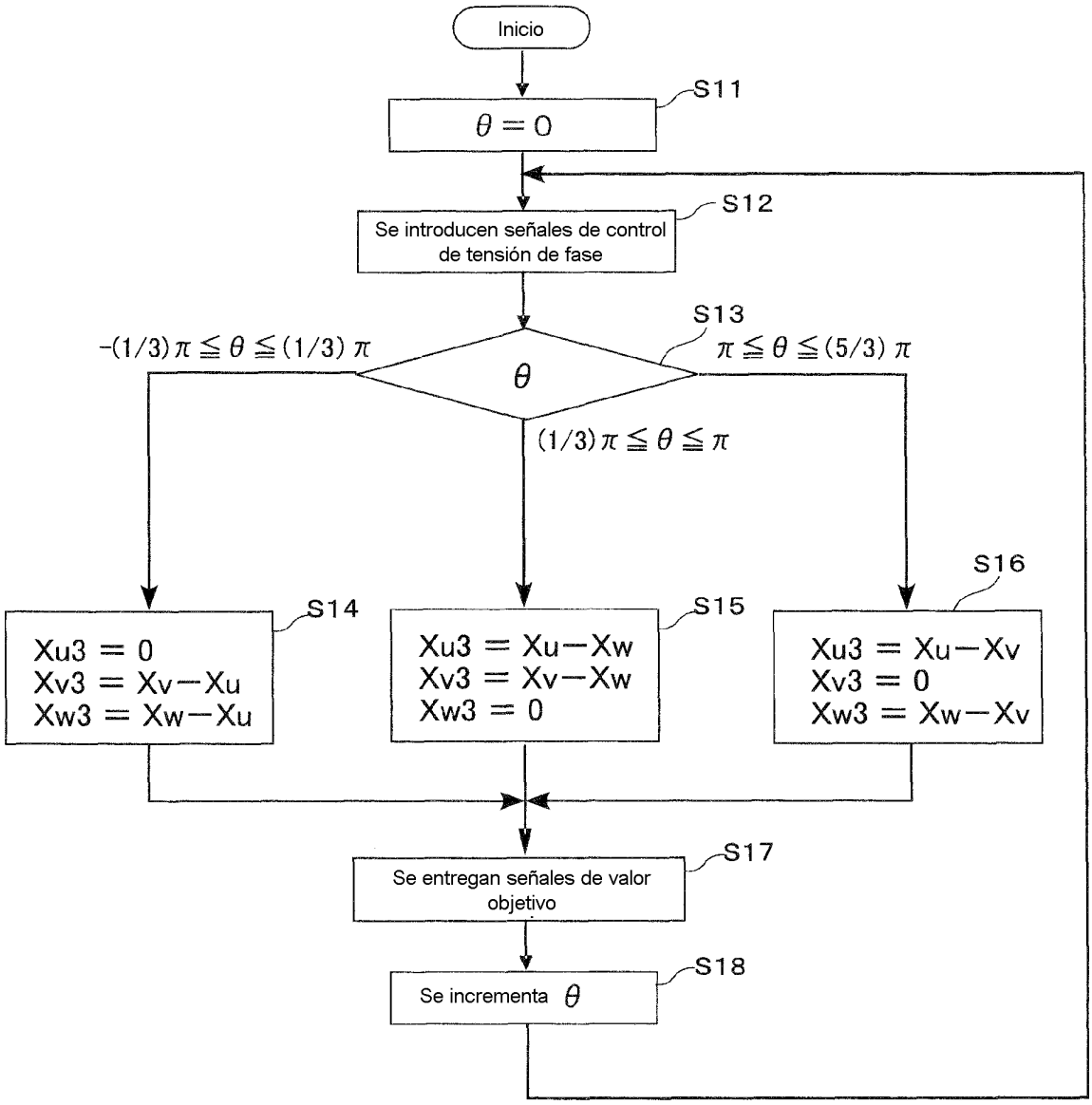

Inicio
S11
θ = 0
S12
Se introducen señales de control de tensión de fase
S13
θ
-(1/3)π ≦ θ ≦ (1/3)π
π ≦ θ ≦ (5/3)π
(1/3)π ≦ θ ≦ π
S14
Xu3 = 0
Xv3 = Xv−Xu
Xw3 = Xw−Xu
S15
Xu3 = Xu−Xw
Xv3 = Xv−Xw
Xw3 = 0
S16
Xu3 = Xu−Xv
Xv3 = 0
Xw3 = Xw−Xv
S17
Se entregan señales de valor objetivo
S18
Se incrementa θ

FIG.17

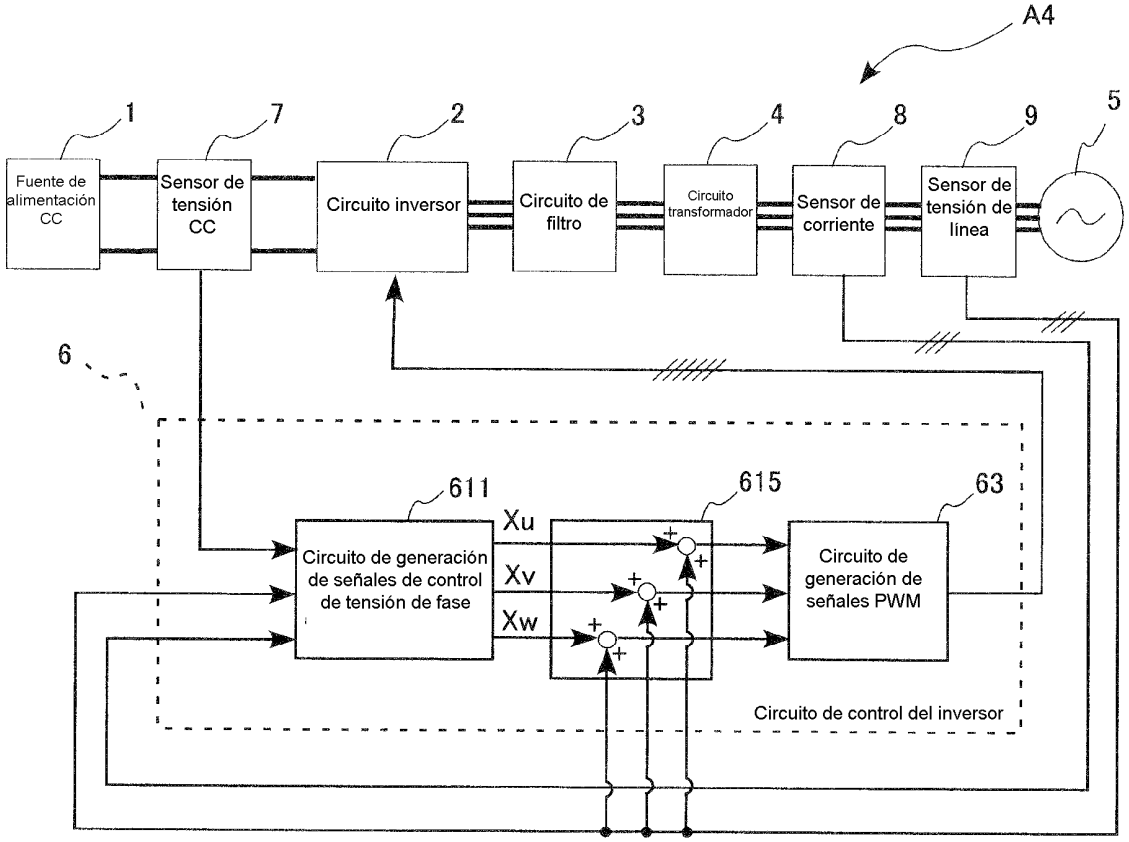

A4
1
7
2
3
4
8
9
5
Fuente de alimentación CC
Sensor de tensión CC
Circuito inversor
Circuito de filtro
Circuito transformador
Sensor de corriente
Sensor de tensión de línea
6
611
615
63
Xu
Xv
Xw
Circuito de generación de señales de control de tensión de fase
Circuito de generación de señales PWM
Circuito de control del inversor

FIG.18

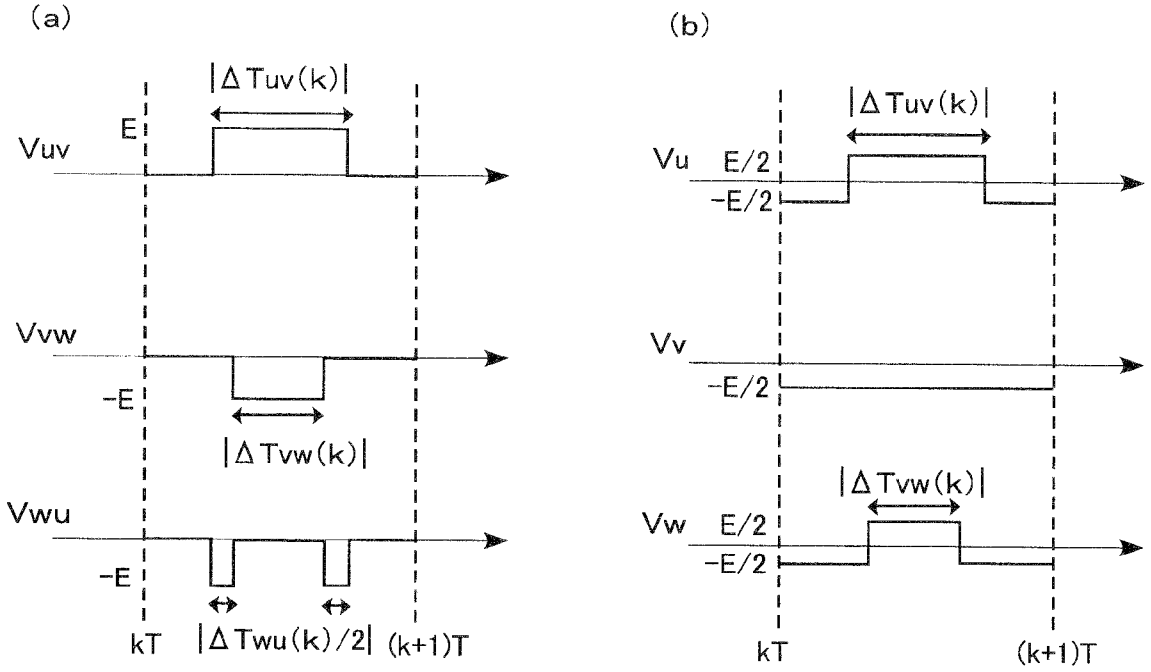

(a)
|ΔTuv(k)|
E
Vuv
Vvw
-E
|ΔTvw(k)|
Vwu
-E
kT
|ΔTwu(k)/2|
(k+1)T
(b)
|ΔTuv(k)|
Vu
E/2
-E/2
Vv
-E/2
|ΔTvw(k)|
Vw
E/2
-E/2
kT
(k+1)T

FIG.19

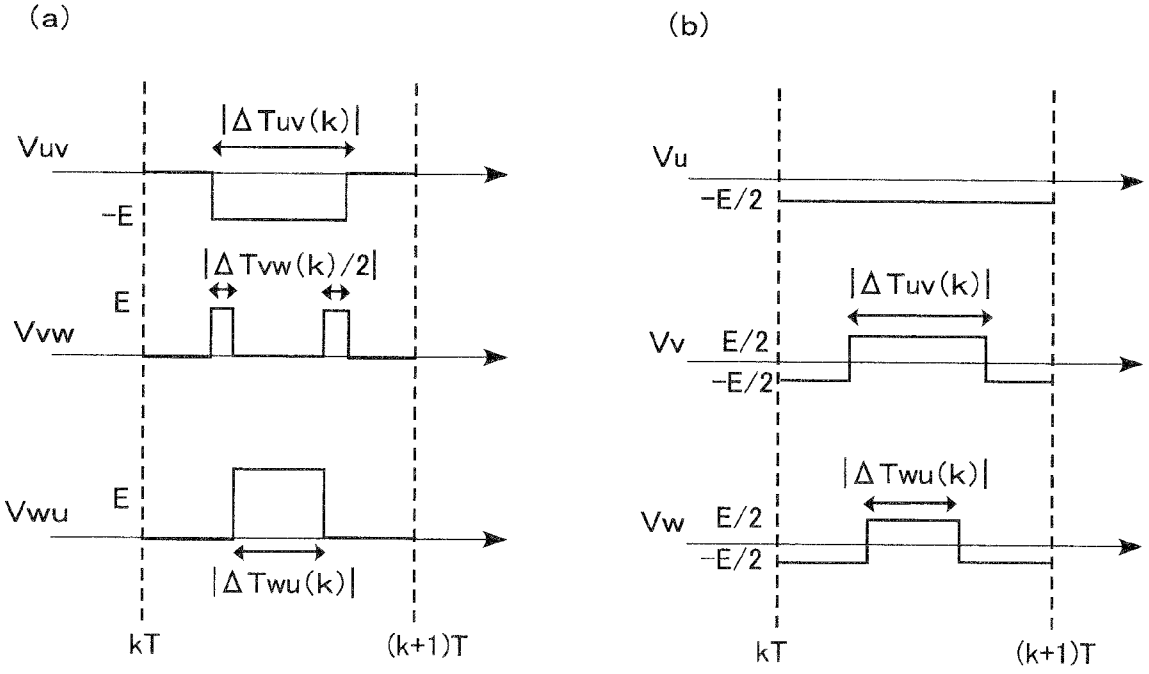

(a)
|ΔTuv(k)|
Vuv
-E
|ΔTvw(k)/2|
E
Vvw
Vwu
E
|ΔTwu(k)|
kT
(k+1)T
(b)
Vu
-E/2
|ΔTuv(k)|
Vv
E/2
-E/2
|ΔTwu(k)|
Vw
E/2
-E/2
kT
(k+1)T

FIG.20

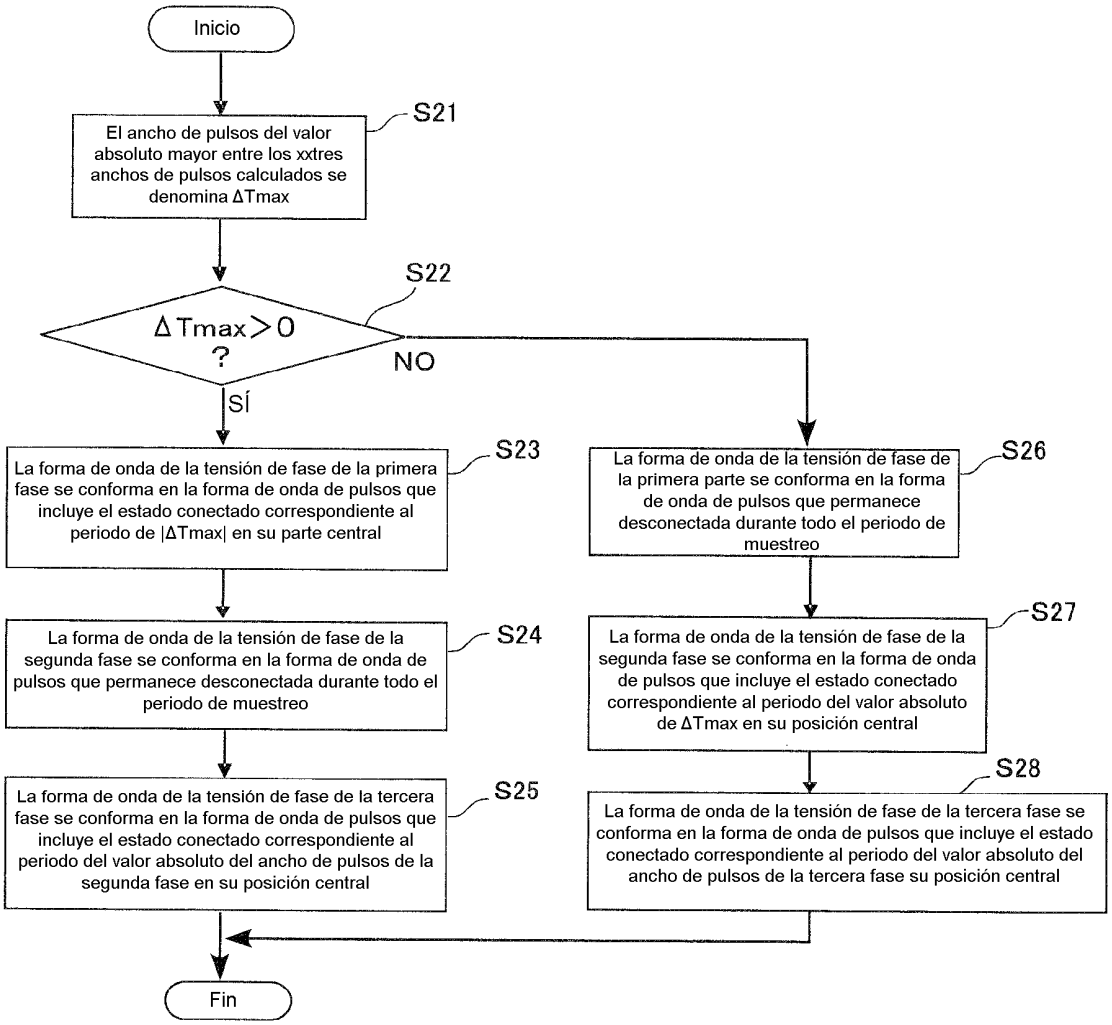

Inicio
El ancho de pulsos del valor absoluto mayor entre los xxtres anchos de pulsos calculados se denomina ΔTmax
S21
S22
ΔTmax>0 ?
NO
SÍ
La forma de onda de la tensión de fase de la primera fase se conforma en la forma de onda de pulsos que incluye el estado conectado correspondiente al periodo de |ΔTmax| en su parte central
S23
La forma de onda de la tensión de fase de la segunda fase se conforma en la forma de onda de pulsos que permanece desconectada durante todo el periodo de muestreo
S24
La forma de onda de la tensión de fase de la tercera fase se conforma en la forma de onda de pulsos que incluye el estado conectado correspondiente al periodo del valor absoluto del ancho de pulsos de la segunda fase en su posición central
S25
La forma de onda de la tensión de fase de la primera parte se conforma en la forma de onda de pulsos que permanece desconectada durante todo el periodo de muestreo
S26
La forma de onda de la tensión de fase de la segunda fase se conforma en la forma de onda de pulsos que incluye el estado conectado correspondiente al periodo del valor absoluto de ΔTmax en su posición central
S27
La forma de onda de la tensión de fase de la tercera fase se conforma en la forma de onda de pulsos que incluye el estado conectado correspondiente al periodo del valor absoluto del ancho de pulsos de la tercera fase su posición central
S28
Fin

FIG.21

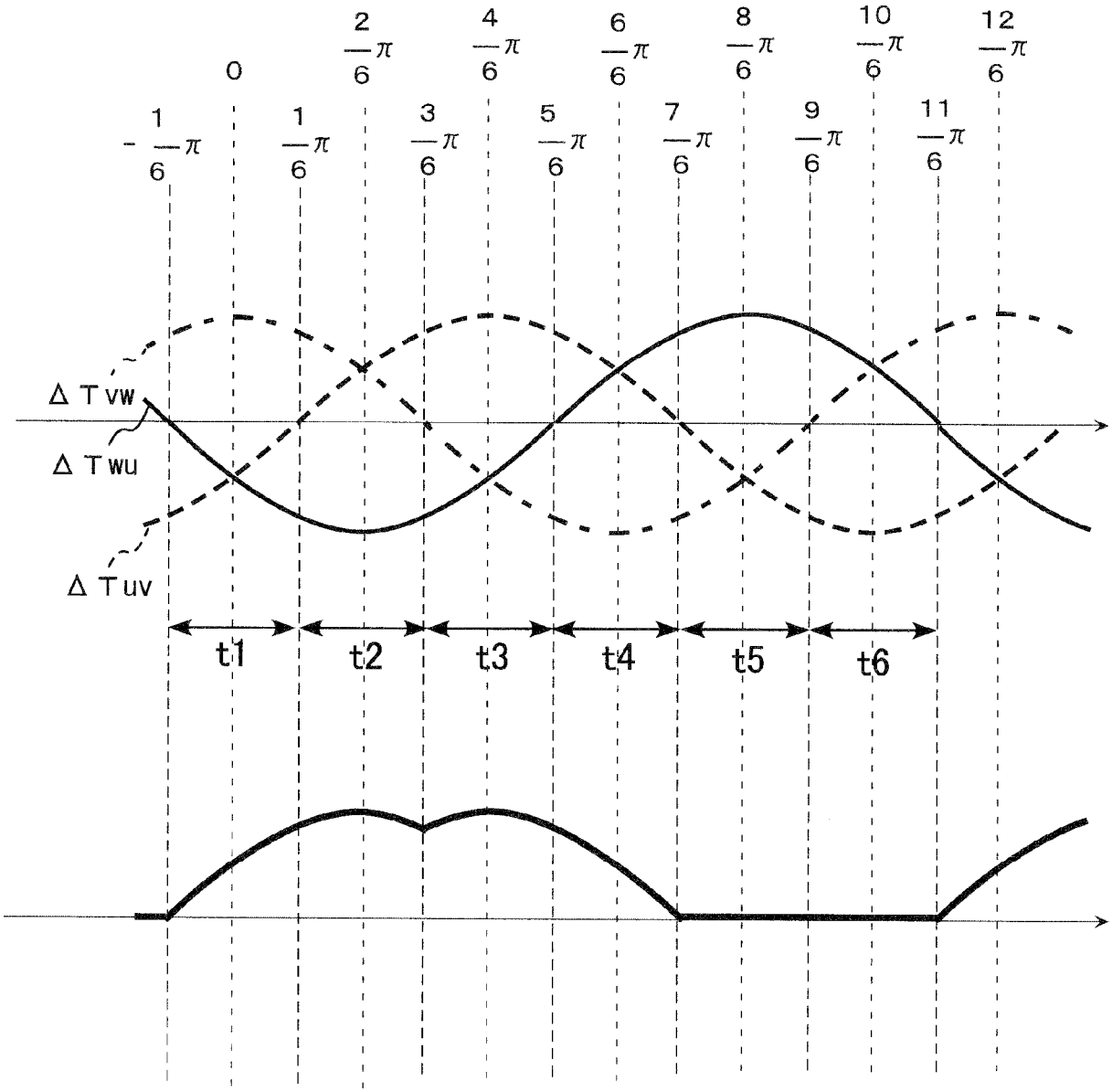

0
2/6 π
4/6 π
6/6 π
8/6 π
10/6 π
12/6 π
-1/6 π
1/6 π
3/6 π
5/6 π
7/6 π
9/6 π
11/6 π
ΔTvw
ΔTwu
ΔTuv
t1
t2
t3
t4
t5
t6

FIG.22

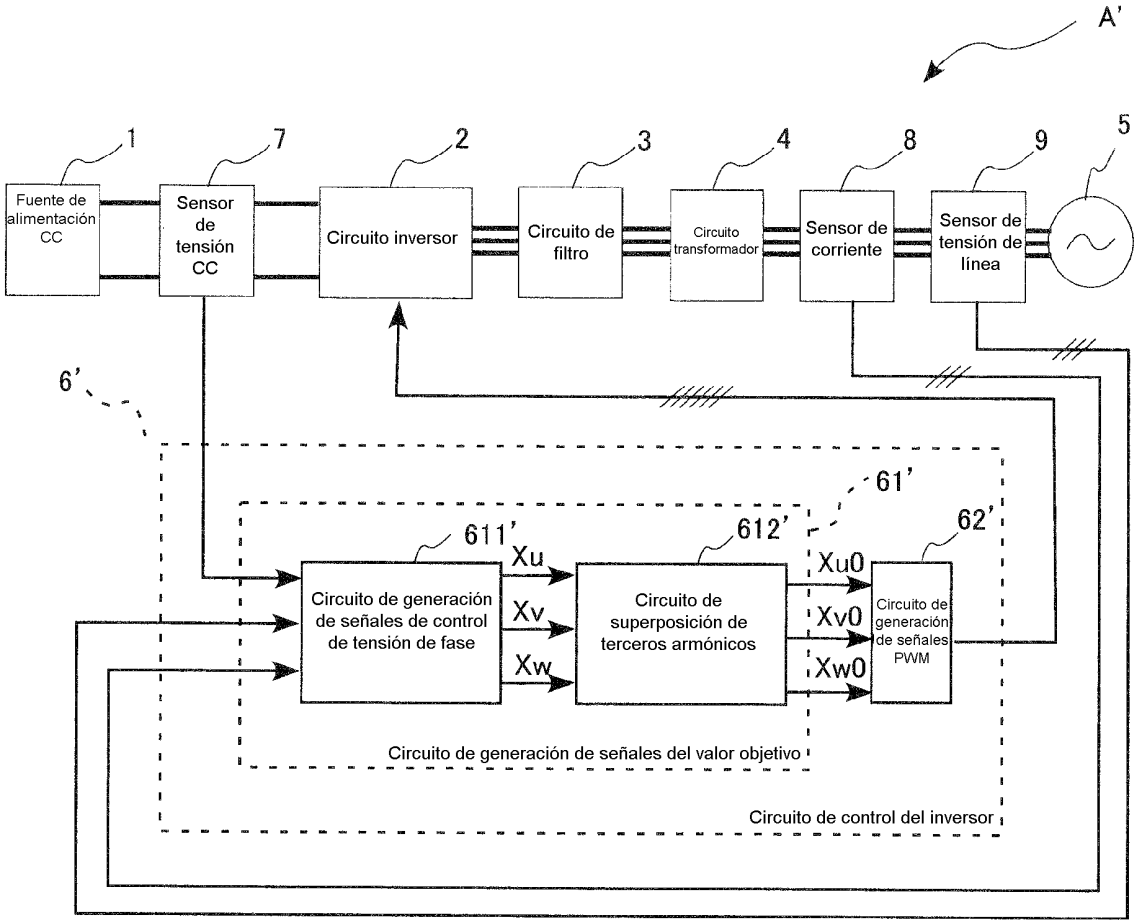

A'
1
7
2
3
4
8
9
5
Fuente de alimentación CC
Sensor de tensión CC
Circuito inversor
Circuito de filtro
Circuito transformador
Sensor de corriente
Sensor de tensión de línea
6'
61'
611'
612'
62'
Xu
Xv
Xw
Xu0
Xv0
Xw0
Circuito de generación de señales de control de tensión de fase
Circuito de superposición de terceros armónicos
Circuito de generación de señales PWM
Circuito de generación de señales del valor objetivo
Circuito de control del inversor

FIG.23

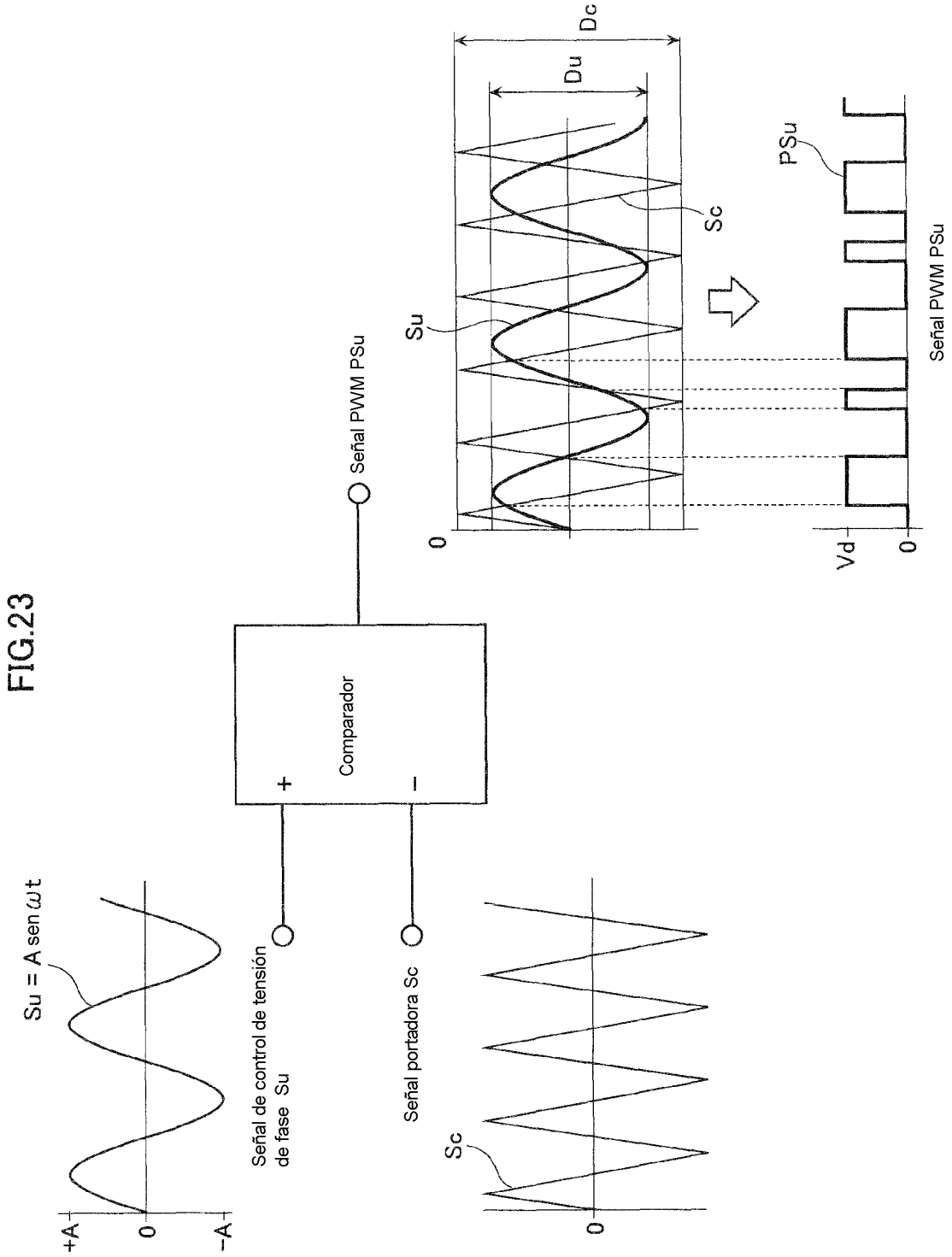
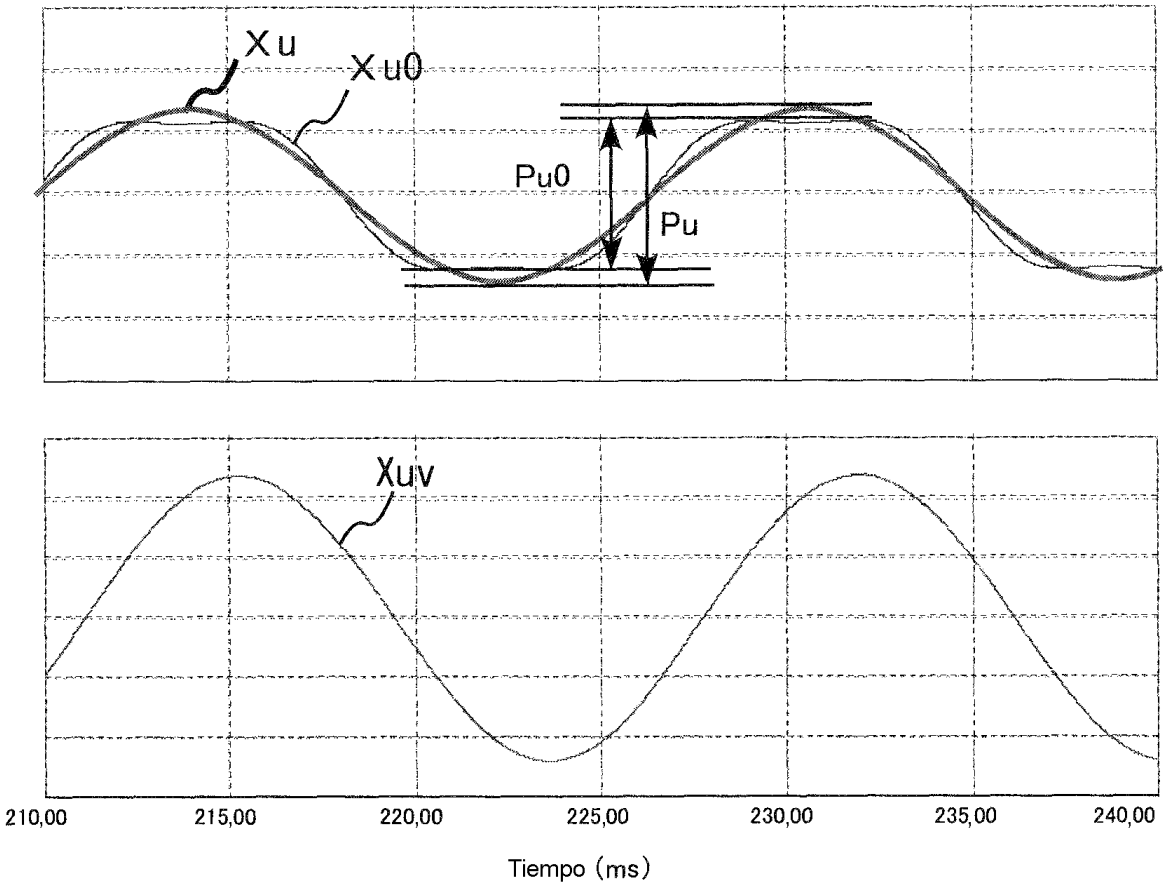

Su = A sen ωt
+A
0
−A
Señal de control de tensión de fase Su
Señal portadora Sc
Sc
0
Comparador
+
−
Señal PWM PSu
Su
0
Du
Dc
Sc
PSu
Vd
0
Señal PWM PSu

FIG.24


Xu
Xu0
Pu0
Pu
Xuv
210,00
215,00
220,00
225,00
230,00
235,00
240,00
Tiempo (ms)