

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 178**

51 Int. Cl.:

H02M 7/5387 (2007.01)

H02M 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2008 PCT/JP2008/066399**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.04.2009 WO09041276**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2008 E 08832791 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.04.2018 EP 2197096**

54 Título: **Generador de señales PWM e inversor equipado con este generador de señales PWM**

30 Prioridad:

25.09.2007 JP 2007247068

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

05.06.2018

73 Titular/es:

**DAIHEN CORPORATION (33.3%)
2-1-11, TAGAWA, YODOGAWA-KU
OSAKA-SHI, OSAKA 532-8512, JP;
KYOTO UNIVERSITY (33.3%) y
NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION
NAGAOKA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
(33.3%)**

72 Inventor/es:

**HATTORI, NOBUYUKI;
OHTA, YOSHITO y
HIRATA, KENJI**

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 671 178 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

Generador de señales PWM e inversor equipado con este generador de señales PWM

5 SECTOR TÉCNICO

Esta invención se refiere a un generador de señales PWM que genera formas de onda de pulsos y a un dispositivo inversor equipado con este generador de señales PWM.

10 ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

Convencionalmente, se han desarrollado dispositivos inversores conectados a un sistema, con los que se ha suministrado energía conectando a un sistema comercial de energía una alimentación de corriente continua CC generada por una célula de combustible, una célula solar o similar. Con este dispositivo inversor conectado al sistema, se propone una técnica para reducir pérdidas por conmutación reduciendo el número de veces que es necesario conmutar los elementos de conmutación.

Por ejemplo, la solicitud de patente japonesa a inspección pública número H11-53042 da a conocer una técnica para reducir las pérdidas por conmutación reduciendo el número de elementos de conmutación que se tienen que conmutar en la zona de utilización práctica. Dicha reducción se consigue ajustando la frecuencia de una onda triangular para generar una señal de PWM (pulse width modulation, modulación por ancho de pulsos) que controla la operación de conexión/desconexión de los elementos de conmutación a 20 kHz cuando la potencia de salida del inversor Pout (Psalida) no está dentro de un intervalo del 30 al 80 % de un valor nominal Pr, y cambia la frecuencia de la onda triangular a una frecuencia menor (tal como de 15 kHz) cuando la potencia de salida del inversor Pout (Psalida) está dentro del intervalo del 30 al 80 % del valor nominal Pr.

Asimismo, es conocido un procedimiento denominado control de corriente por histéresis, como un procedimiento con el que el número de veces que se tienen que conmutar los elementos de conmutación se puede reducir más que con el procedimiento dado a conocer en la solicitud de patente japonesa a inspección pública número H11-53042.

Este control de la corriente mediante un procedimiento de histéresis implica la generación de una señal PWM mediante el procedimiento mostrado en la figura 15, y el control de la conexión/desconexión de los elementos de conmutación con esta señal PWM.

En la figura 15, la curva en línea continua A indica la forma de onda de un valor de objetivo de control de un componente fundamental de la onda de la corriente de salida, mientras que las curvas en línea de puntos AU y AD indican las formas de onda límite superior e inferior dentro del intervalo permisible cuando el componente fundamental de la corriente de salida fluctúa. Asimismo, la línea en zigzag B indicada por la línea de puntos y rayas es la forma de onda del valor de la corriente emitido por un dispositivo inversor.

Con el control de la corriente por histéresis, cuando el valor de la corriente emitido por el dispositivo inversor aumenta hasta el valor límite superior Isuperior del intervalo permisible ΔI , el nivel de la señal PWM se conmuta al nivel en que los elementos de conmutación son controlados de tal modo que el suministro de la corriente de alimentación al inversor se detiene ("nivel bajo" en la figura 15). Por el contrario, cuando el valor de la corriente emitido desde el dispositivo inversor cae al valor límite inferior linferior del intervalo permisible ΔI , el nivel de la señal PWM se conmuta al nivel en que los elementos de conmutación son controlados de tal modo que el suministro de la corriente de alimentación al inversor se inicia ("nivel alto" en la figura 15).

Documento de patente 1: solicitud de patente japonesa a inspección pública número H11-53042.

Se proponen directrices para conectar a un sistema, un dispositivo inversor conectado a un sistema. Por ejemplo, se requiere mantener el valor efectivo del componente fundamental de la onda (60 Hz en la región de Kansai y 50 Hz en la región de Kanto) dentro de un intervalo específico permisible con respecto a la corriente de salida, o mantener cada uno de los componentes de alta frecuencia de quinto, séptimo y decimotercer orden en el 1 % o menos, y mantenerlos globalmente dentro del 3 % o menos.

Ejemplos de aspectos del rendimiento requeridos generalmente en un dispositivo inversor incluyen una mayor precisión de salida, una respuesta más rápida y una mayor eficiencia. Dado que el objetivo principal de un dispositivo inversor conectado a un sistema es suministrar energía a un sistema, a diferencia de un dispositivo inversor que se utiliza para controlar un motor, la necesidad de una mayor eficiencia recibe prioridad sobre una mayor precisión de salida o una respuesta más rápida. Por lo tanto, con un dispositivo inversor conectado a un sistema, con la condición de que se satisfagan las directrices mencionadas anteriormente, es preferible aumentar la eficiencia reduciendo en todo lo posible el número de veces de la conmutación.

El control de la corriente por histéresis es un procedimiento en que el valor de la corriente entregado desde un dispositivo inversor conectado al sistema se mantiene tanto como sea posible dentro de un intervalo permisible ΔI

del valor de objetivo de control (tal como un valor de objetivo de control del $\pm 3\%$) para reducir la frecuencia de conmutación de los elementos de conmutación y reducir las pérdidas por conmutación. Por lo tanto, desde el punto de vista de aumentar la eficiencia en la situación en que se satisfacen las directrices, se considera que el control de la corriente por histéresis es un procedimiento de generación de señal PWM que es más adecuado para un dispositivo inversor conectado a un sistema que el procedimiento descrito en la solicitud de patente japonesa a inspección pública número H11-53042.

Sin embargo, el control de la corriente por histéresis implica los problemas siguientes.

(1) Es necesario un circuito para monitorizar constantemente si la corriente alterna CA entregada realmente por el dispositivo inversor conectado al sistema se aparta o no del intervalo permisible.

(2) Es difícil formar una unidad en la que se genere un modelo de señales PWM en función de si la corriente alterna CA entregada realmente por el dispositivo inversor conectado al sistema se aparta del intervalo permisible, utilizando un sistema de control digital. Por consiguiente, no se puede aprovechar la buena universalidad y flexibilidad del diseño del sistema de control digital.

El documento JP-A-2000102257 da a conocer un generador de pulsos PWM y un procedimiento de generación para un inversor.

CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

La presente invención ha sido propuesta en vista de la situación anterior, y un objetivo de la presente invención es dar a conocer un generador de señales PWM que resuelva los inconvenientes del control de corriente por histéresis y que genere señales PWM con un periodo más largo por medio de un sistema de control digitalizado, y un dispositivo inversor que está equipado con este generador de señales PWM.

Para resolver los problemas mencionados anteriormente, en la presente invención se utilizan los siguientes medios tecnológicos.

El generador de señales PWM dado a conocer mediante un primer aspecto de la presente invención comprende un primer generador de formas de onda de pulsos para generar una primera forma de onda de pulsos, un segundo generador de formas de onda de pulsos para generar una segunda forma de onda de pulsos cuando transcurre un tiempo de demora predeterminado después del inicio de la generación de la primera forma de onda de pulsos; y un generador de señales PWM para generar una señal PWM en base a una forma de onda de pulsos compuesta, en la que la primera forma de onda de pulsos generada por el primer generador de formas de onda de pulsos se combina con la segunda forma de onda de pulsos generada por el segundo generador de formas de onda de pulsos; en el que el primer generador de formas de onda de pulsos genera la siguiente primera forma de onda de pulsos a la finalización de la forma de onda de pulsos compuesta.

Con esta estructura, dado que se genera un sistema comercial de energía que tiene un periodo más largo que la primera forma de onda de pulsos generada por los medios de generación de las primeras formas de onda de pulsos, se puede generar una señal PWM con un periodo más largo.

En una realización preferente de la presente invención, la primera forma de onda de pulsos tiene un primer periodo de pulsos predeterminado, y pasa a ser de nivel alto en la parte intermedia del primer periodo de pulsos y pasa a ser de nivel bajo en ambos extremos del primer periodo de pulsos. La segunda forma de onda de pulsos tiene un segundo periodo de pulsos predeterminado, y pasa a ser de nivel alto en la primera parte del segundo periodo de pulsos y pasa a ser de nivel bajo en la última parte del segundo periodo de pulsos. La forma de onda de pulsos compuesta es el mismo tipo de forma de onda que la primera forma de onda de pulsos formada conectando la segunda forma de onda de pulsos a un intervalo de nivel alto de la primera forma de onda de pulsos.

En una realización preferente de la presente invención, el primer periodo de pulsos es igual al segundo periodo de pulsos.

En una realización preferente de la presente invención, el intervalo a nivel alto de la primera forma de onda de pulsos está dispuesto en el centro del primer periodo de pulsos.

En una realización preferente de la presente invención, el tiempo de demora satisface la condición de que la generación de la segunda forma de onda de pulsos se inicia con un intervalo en el que la primera forma de onda de pulsos generada por el primer generador de formas de onda de pulsos está a nivel alto.

En una realización preferente de la presente invención, el tiempo de demora es la mitad del primer periodo de pulsos.

En una realización preferente de la presente invención, el primer generador de formas de onda de pulsos incluye: un calculador del primer tiempo de conexión para calcular, al inicio del primer periodo de pulsos, un primer tiempo de conexión en el que la primera forma de onda de pulsos está a nivel alto; y un elemento de decisión del primer momento de inversión para determinar un primer momento de inversión en el que el nivel de la primera forma de onda de pulsos se invierte de nivel bajo a nivel alto en el primer periodo de pulsos, en base al primer tiempo de conexión y a la posición del nivel alto en el primer periodo de pulsos. El segundo generador de formas de onda de pulsos incluye: un calculador del segundo tiempo de conexión para calcular, después del transcurso del tiempo de demora con posterioridad al inicio del primer periodo de pulsos, un segundo tiempo de conexión en el que la segunda forma de onda de pulsos tiene que estar a nivel alto; y un elemento de decisión del segundo momento de inversión para determinar, en base al segundo tiempo de conexión, un segundo momento de inversión en el que el nivel de las segundas formas de onda de pulsos se invierte de un nivel alto a un nivel bajo en el segundo periodo de pulsos en el que se ha calculado el segundo tiempo de conexión. Los medios de generación de señales PWM incluyen: un detector de momento de inversión para detectar el primer y el segundo momentos de inversión en relación con el momento del inicio del primer periodo de pulsos; y una unidad de salida de señales PWM para ajustar el nivel de salida al nivel bajo al inicio del primer periodo de pulsos, invirtiendo a continuación el nivel de salida al nivel alto cuando se detecta el primer momento de inversión, invirtiendo después de ello el nivel de salida al nivel bajo cuando se detecta el segundo momento de inversión, generando de ese modo una señal de pulsos en la que se combinan la primera forma de onda de pulsos y la segunda forma de onda de pulsos, para entregar esta señal de pulsos como los diversos pulsos de la señal PWM.

En una realización preferente de la presente invención, el elemento de decisión del primer momento de inversión determina, como el primer momento de inversión, un punto en el que el tiempo restante, obtenido restando la mitad del primer tiempo de conexión calculado del tiempo en la posición a la mitad del nivel alto en el primer periodo de pulsos, ha transcurrido desde el inicio del cálculo del primer tiempo de conexión, cada vez que se calcula el primer tiempo de conexión. Los medios de determinación del segundo momento de inversión determinan, como el segundo momento de inversión, un punto en el que el segundo tiempo de conexión calculado ha transcurrido desde el inicio del cálculo del segundo tiempo de conexión, cada vez que se calcula el segundo tiempo de conexión.

En una realización preferente de la presente invención, el generador de señales PWM comprende además: un elemento de determinación para determinar si el nivel de la segunda forma de onda de pulsos está a un nivel alto o no, cada vez que finaliza un periodo de la primera forma de onda de pulsos; y un elemento de regeneración de formas de onda de pulsos para, solamente cuando el nivel de la segunda forma de onda de pulsos a la finalización de un periodo de la primera forma de onda de pulsos está a un nivel alto, hacer que el segundo generador de formas de onda de pulsos genere de nuevo una segunda forma de onda de pulsos a la finalización de un periodo de la primera forma de onda de pulsos. El generador de señales PWM genera una señal PWM en base a una forma de onda de pulsos compuesta en la que la primera forma de onda de pulsos se combina con la segunda forma de onda de pulsos generada y la segunda forma de onda de pulsos regenerada.

En una realización preferente de la presente invención, el generador de señales PWM comprende además: un segundo elemento de determinación para determinar si el nivel de la segunda forma de onda de pulsos regenerada a la finalización de un periodo de la segunda forma de onda de pulsos generada anteriormente está o no a un nivel alto cuando la generación de la segunda forma de onda de pulsos se lleva a cabo de nuevo mediante el elemento de regeneración de formas de onda de pulsos. El elemento de regeneración de formas de onda de pulsos repite la operación de hacer que el segundo generador de formas de onda de pulsos genere de nuevo una segunda forma de onda de pulsos a la finalización de un periodo de la segunda forma de onda de pulsos generada anteriormente, hasta que el nivel de la segunda forma de onda de pulsos regenerada a la finalización de un periodo de la segunda forma de onda de pulsos generada anteriormente alcanza un nivel bajo. El generador de señales PWM genera una señal PWM en base a una forma de onda de pulsos compuesta en la que la primera forma de onda de pulsos se combina con la segunda forma de onda de pulsos generada y con una o varias segundas formas de onda de pulsos regeneradas.

En una realización preferente de la presente invención, el primer generador de formas de onda de pulsos incluye: un calculador del primer tiempo de conexión para calcular, al inicio del primer periodo de pulsos, un primer tiempo de conexión en el que la primera forma de onda de pulsos tiene que estar a un nivel alto; y un elemento de decisión del primer momento de inversión para determinar un primer momento de inversión en el que el nivel de la primeras formas de onda de pulsos se invierte de un nivel bajo a un nivel alto en el primer periodo de pulsos, en base al primer tiempo de conexión y a la posición del nivel alto en el primer periodo de pulsos. El segundo generador de formas de onda de pulsos incluye: un calculador del segundo tiempo de conexión para calcular un segundo tiempo de conexión en el que la segunda forma de onda de pulsos tiene que estar a un nivel alto, después del transcurso del tiempo de demora desde el inicio del primer periodo de pulsos, y si se lleva a cabo de nuevo la generación de la segunda forma de onda de pulsos mediante el elemento de regeneración de formas de onda de pulsos, al término del primer periodo de pulsos y al término del periodo de la segunda forma de onda de pulsos generada anteriormente; y un elemento de decisión del segundo momento de inversión para determinar, en base al segundo tiempo de conexión que se ha calculado por última vez mediante el calculador del segundo tiempo de conexión, un segundo momento de inversión al que el nivel de la segunda forma de onda de pulsos se invierte de un nivel alto a un nivel bajo en el segundo periodo de pulsos en el que se ha calculado el segundo tiempo de conexión. El

generador de señales PWM incluye: un detector de momento de inversión para detectar el primer y el segundo momentos de inversión en relación con un tiempo de inicio del primer periodo de pulsos; y una unidad de salida de señales PWM para establecer un nivel de salida a un nivel bajo al inicio del primer periodo de pulsos, invirtiendo a continuación el nivel de salida al nivel alto cuando se detecta el primer momento de inversión, manteniendo el nivel de salida al nivel alto en base a dichas una o varias segundas formas de onda de pulsos generadas, invirtiendo a continuación el nivel de salida al nivel bajo cuando se detecta el segundo momento de inversión, generando de ese modo una señal de pulsos en la que se combinan la primera forma de onda de pulsos y dichas una o varias segundas formas de onda de pulsos, para entregar esta señal de pulsos como los diversos pulsos de la señal PWM.

5
10
15 En una realización preferente de la presente invención, el elemento de decisión del primer momento de inversión determina, como el primer momento de inversión, un punto en el que el tiempo restante, obtenido restando la mitad del primer tiempo de conexión calculado del tiempo en la posición a la mitad del nivel alto en el primer periodo de pulsos, ha transcurrido desde el inicio del cálculo del primer tiempo de conexión, cada vez que se calcula el primer tiempo de conexión. El elemento de decisión del segundo momento de inversión determina, como el segundo momento de inversión, un punto en que el último segundo tiempo de conexión calculado ha transcurrido desde el inicio del último cálculo del segundo tiempo de conexión.

20
25 En una realización preferente de la presente invención, el calculador del primer tiempo de conexión calcula el primer tiempo de conexión utilizando una primera fórmula de cálculo para encontrar una solución a una primera ecuación de estado en la que una variable de entrada es el primer tiempo de conexión de la primera forma de onda de pulsos, y que se obtiene a partir de una ecuación de estado en la que una variable de estado introducida en un objeto de control es la primera forma de onda de pulsos. El calculador del segundo tiempo de conexión calcula el segundo tiempo de conexión utilizando una segunda fórmula de cálculo para encontrar una solución a una segunda ecuación de estado en la que una variable de entrada es el segundo tiempo de conexión de la segunda forma de onda de pulsos y que se obtiene a partir de una ecuación de estado en la que la variable de estado introducida en el objeto de control es la segunda forma de onda de pulsos.

30
35 El dispositivo inversor dado a conocer por un segundo aspecto de la presente invención comprende una fuente de alimentación de CC que entrega una tensión de CC; un circuito fuente que transforma inversamente la tensión de CC entregada por la fuente de alimentación de CC en tensión de CA, y en el que una serie de elementos de conmutación están conectados en puente; un circuito de control que controla la operación de transformación inversa del circuito puente mediante el control de la operación de conexión/desconexión de la serie de elementos de conmutación; un circuito de filtrado que elimina el ruido de conmutación incluido en la tensión de CA entregada desde el circuito puente; y un transformador que recibe la tensión de CA entregada desde el circuito de filtrado para aplicar una tensión transformada a una carga; en el que el circuito de control incluye el generador de señales PWM según el primer aspecto, y controla la operación de conexión/desconexión de la serie de elementos de conmutación por medio de señales PWM generadas por el generador de señales PWM.

40 En una realización preferente de la presente invención, la fuente de alimentación de CC comprende una célula solar, el circuito puente comprende un circuito puente trifásico, y la tensión de CA entregada desde el transformador es una tensión de CA trifásica entregada en conexión con un sistema comercial de energía.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

45 La figura 1 es un diagrama de la configuración del circuito, según una realización de un dispositivo inversor monofásico al que se refiere la presente invención;

50 la figura 2 es un diagrama que muestra el procedimiento para generar la señal PWM que es generada por un controlador del inversor;

la figura 3 es un diagrama que muestra dos clases de formas de onda de pulsos utilizadas en la generación de la señal PWM;

55 la figura 4 es un diagrama que muestra la tensión pulsada que indica la tensión de salida del inversor;

la figura 5 es un diagrama de circuito que muestra un modelo de un dispositivo inversor simplificado;

la figura 6 es un diagrama de bloques de la función de generación de señales PWM del controlador del inversor;

60 la figura 7 es un diagrama que muestra el funcionamiento del componente de conmutación;

la figura 8 es un diagrama de flujo del procedimiento de generación de una señal PWM en el controlador del inversor;

65 la figura 9 es un diagrama que muestra la forma de onda de pulsos de salida según una segunda realización;

la figura 10 es un diagrama que muestra la forma de onda de pulsos de salida según una tercera realización;

la figura 11 es un diagrama que muestra la forma de onda de pulsos de salida según una cuarta realización;

5 la figura 12 es un diagrama que muestra la configuración del circuito, según una realización del dispositivo inversor trifásico al que se refiere la presente invención;

la figura 13 es un diagrama de bloques de la configuración básica del componente de generación de señales PWM de un dispositivo inversor trifásico convencional;

10 la figura 14 es un diagrama de bloques de la configuración básica del componente de generación de señales PWM del dispositivo inversor trifásico, según la presente invención; y

la figura 15 es un diagrama que muestra un procedimiento de control de corriente por histéresis.

15 MEJOR MODO DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

Se describirán realizaciones preferentes de la presente invención haciendo referencia a los dibujos.

20 La figura 1 es un diagrama de la configuración del circuito, según una realización de un dispositivo inversor al que se refiere la presente invención. El dispositivo inversor -1- mostrado en la figura es un dispositivo inversor monofásico conectado a un sistema, que suministra energía eléctrica en base a una alimentación de CC en conexión con un sistema comercial de energía.

25 El dispositivo inversor -1- incluye una fuente de alimentación de CC -2- que entrega alimentación de CC, un circuito inversor -3- que transforma la alimentación de CC entregada desde esta fuente de alimentación de CC -2- en alimentación de CA, un controlador -4- del inversor que controla la operación de conexión/desconexión de los elementos de conmutación -TR1- a -TR4- en este circuito inversor -3-, un circuito de filtrado -5- que elimina el ruido de conmutación incluido en la tensión de CA entregada desde el circuito inversor -3-, un transformador -6- para
30 combinar la tensión de CA entregada desde el circuito de filtrado -5- con tensión del sistema para entregar la tensión a un sistema -9- (corresponde a la carga con respecto al dispositivo inversor -1-), un detector -7- de corriente de salida que detecta la corriente entregada por el transformador -6- (en adelante, denominada "corriente de salida") y un detector -8- de la tensión del sistema que detecta la tensión del sistema -9- (corresponde a la carga con respecto al dispositivo inversor -1-).

35 El controlador -4- del inversor controla la tensión generada desde el circuito inversor -3-, y de este modo el dispositivo inversor -1- controla que la corriente de salida sea conforme con una corriente objetivo para la conexión al sistema. El controlador -4- del inversor transforma la corriente de salida y la corriente objetivo en tensión de salida y tensión objetivo, y utiliza una señal generada mediante un cálculo prescrito utilizando estas tensiones para
40 controlar la tensión generada desde el circuito inversor -3-. Una característica de la presente invención es este cálculo que utiliza la tensión de salida y la tensión objetivo en el controlador -4- del inversor, de tal modo que a continuación se omitirá para mayor simplicidad la descripción del proceso en el que la corriente de salida y la corriente objetivo son transformadas en la tensión de salida y la tensión objetivo.

45 La fuente de alimentación de CC -2- está dotada de una célula solar -211- que convierte la energía solar en energía eléctrica. Un diodo -D1- dispuesto en una línea de salida de la célula solar -211- sirve para impedir el flujo de retorno de la corriente desde el circuito inversor -3- a la célula solar -211-.

50 El circuito inversor -3- se compone de un circuito inversor de tipo regulado por tensión. Específicamente, el circuito inversor -3- incluye cuatro elementos de conmutación -TR1- a -TR4- en una conexión en puente. Los elementos de conmutación -TR1-, -TR2-, -TR3- y -TR4- están conectados en paralelo a diodos de retroalimentación -D2-, -D3-, -D4- y -D5-, respectivamente. Estos elementos de conmutación pueden ser, por ejemplo, transistores bipolares, transistores de efecto campo, tiristores u otros elementos de conmutación semiconductores, y la figura 1 muestra un ejemplo de utilización de transistores.

55 La tensión de CC Vcc entregada desde la fuente de alimentación de CC -2- es suministrada a ambos extremos de la conexión en serie del elemento de conmutación -TR1- y el elemento de conmutación -TR2-, y de la conexión en serie del elemento de conmutación -TR3- y el elemento de conmutación -TR4-, y la tensión de CA convertida por el
60 circuito inversor -3- se entrega desde el punto de conexión a entre el elemento de conmutación -TR1- y el elemento de conmutación -TR2- y el punto de conexión b entre el elemento de conmutación -TR3- y el elemento de conmutación -TR4-.

65 La operación de conexión/desconexión de los cuatro elementos de conmutación -TR1- a -TR4- está controlada por las señales PWM emitidas desde el controlador -4- del inversor. Específicamente, dos pares de señales PWM con anchuras de pulso diferentes son emitidas desde el controlador -4- del inversor, en el que un par se compone de dos señales PWM con fases invertidas mutuamente. Cuando las señales PWM de un par están representadas por -S11-

y -S12-, y las señales PWM del otro par por -S21- y -S22-, las señales PWM -S11- y -S12- son introducidas en los terminales de control (la base del transistor de la figura 1) del elemento de conmutación -TR1- y del elemento de conmutación -TR2-, respectivamente, mientras que las señales PWM -S21- y -S22- se introducen en los terminales de control (la base del transistor de la figura 1) del elemento de conmutación -TR3- y del elemento de conmutación -TR4-, respectivamente.

Cuando el estado conectado de los elementos de conmutación -TR1- a -TR4- se considera un "estado conductivo", y el estado desconectado se considera un "estado de interrupción", la conexión en serie del elemento de conmutación -TR1- y del elemento de conmutación -TR2- del circuito inversor -3- (en adelante, esta parte del circuito se denominará como un "primer brazo") es tal que el estado de funcionamiento se repite alternativamente entre un estado de (-TR1-, -TR2-) = (conectado, desconectado) y un estado de (-TR1-, -TR2-) = (desconectado, conectado). Tal como resulta evidente por la conexión en puente de la figura 1, el estado de (-TR1-, -TR2-) = (conectado, desconectado) es un estado del circuito en el que se suministra alimentación de CC desde la célula solar -211- al circuito inversor -3-, mientras que el estado de (-TR1-, -TR2-) = (conectado, desconectado) es un estado del circuito en el que el suministro de alimentación de CC al circuito inversor -3- está desconectado.

Análogamente, la conexión en serie del elemento de conmutación -TR3- y el elemento de conmutación -TR4- (en adelante, esta parte del circuito se denominará como un "segundo brazo") es tal que el estado de funcionamiento se repite de manera alternativa entre un estado de (-TR3-, -TR4-) = (conectado, desconectado) y un estado de (-TR3-, -TR4-) = (desconectado, conectado). El estado de (-TR3-, -TR4-) = (conectado, desconectado) es un estado del circuito en el que se suministra alimentación de CC desde la célula solar -211- al circuito inversor -3-, mientras que el estado de (-TR3-, -TR4-) = (desconectado, conectado) es un estado del circuito en el que el suministro de alimentación de CC al circuito inversor -3- está desconectado.

Los periodos de las señales PWM -S11- y -S12- y las señales PWM -S21- y -S22- cambian, pero estos periodos cambian sincronizados entre sí, y solamente son mutuamente diferentes las relaciones de trabajo. Por ejemplo, en un periodo determinado, si la relación de trabajo de las señales PWM -S11- y -S12- es mayor que la relación de trabajo de las señales PWM -S21- y -S22- (es decir, si el intervalo de conexión de la señal PWM -S11- es mayor que el intervalo de conexión de la señal PWM -S21-), entonces el estado del circuito de (-TR1-, -TR2-) = (conectado, desconectado) es más largo que el estado del circuito de (-TR3-, -TR4-) = (conectado, desconectado), de tal modo que la tensión V_a en el punto de conexión a entre el elemento de conmutación -TR1- y el elemento de conmutación -TR2- es mayor que la tensión V_b en el punto de conexión b entre el elemento de conmutación -TR3- y el elemento de conmutación -TR4-. En este caso, tomando el punto de conexión b como el punto de referencia de la tensión (0 V), por ejemplo, se entrega entonces una tensión de $(V_a - V_b) (> 0)$ desde el circuito inversor -3-.

A la inversa, si la relación de trabajo de las señales PWM -S11- y -S12- es menor que la relación de trabajo de las señales PWM -S21- y -S22-, entonces el estado del circuito de (-TR1-, -TR2-) = (conectado, desconectado) es más corto que el estado del circuito de (-TR3-, -TR4-) = (conectado, desconectado), de tal modo que la tensión V_a en el punto de conexión a es menor que la tensión V_b en el punto de conexión b, y se entrega una tensión de $(V_a - V_b) (< 0)$ desde el circuito inversor -3-.

Dado que la relación de trabajo de las señales PWM -S11- y -S12- y la relación de trabajo de las señales PWM -S21- y -S22- cambia continuamente para cada periodo, la tensión V_{out} (V_{salida}) que es entregada desde el circuito inversor -3- y pasa a través del circuito de filtrado -5- termina variando de una forma sinusoidal.

El controlador -4- del inversor, tal como se ha explicado anteriormente, incluye dos generadores de señales PWM -41- y -42- correspondientes al primer y al segundo brazos, y estos generadores de señales PWM -41- y -42- generan las cuatro señales PWM -S11-, -S12-, -S21- y -S22-. La operación de conversión de CC/CA del circuito inversor -3- está controlada por las señales PWM -S11-, -S12-, -S21- y -S22-. El controlador -4- del inversor está constituido principalmente por un microprocesador. El controlador -4- del inversor utiliza datos sobre la tensión de salida convertida a partir de la corriente de salida introducida desde el detector -7- de la corriente de salida, para ejecutar el cálculo prescrito con un programa predeterminado, y calcula de ese modo el momento de conexión y desconexión de las señales PWM -S11- y -S21-, conmuta entre los niveles alto y bajo en tiempo real en base al resultado de este cálculo, y genera de este modo las señales PWM -S11- y -S21-. El controlador -4- del inversor genera asimismo las señales PWM -S12- y -S22- invirtiendo la fase de estas señales PWM -S11- y -S21-. Se explicará a continuación el procedimiento para la generación de la señal PWM -S11- o la señal PWM -S21-.

El circuito de filtrado -5- está constituido por un filtro de paso bajo en el que dos inductores L_{F1} y L_{F2} están respectivamente conectados en serie a un par de líneas de salida, y un condensador C_F está conectado en paralelo al lado de salida. En la figura 1, el circuito de filtrado -5- está representado como un circuito equilibrado, de tal modo que los mismos inductores L_{F1} y L_{F2} están respectivamente conectados en serie al par de líneas de salida, pero si estuviera representado por un circuito no equilibrado, entonces los inductores L_F (es decir, $L_{F1} + L_{F2}$) y el condensador C_F estarían conectados en forma de L invertida.

La tensión de CA emitida desde el circuito inversor -3- contiene ruido de conmutación de los elementos de conmutación -TR1- a -TR4- producido por las señales PWM, y para eliminar este ruido de conmutación, la frecuencia

de corte del circuito de filtrado -5- debería ser ajustada a la frecuencia mínima de las señales PWM o incluso más baja. Sin embargo, tal como se explicará a continuación, dado que el periodo de las señales PWM correspondientes a esta realización se prolonga según las circunstancias, no se puede especificar la frecuencia mínima. Por lo tanto, se establece como la frecuencia de corte del circuito de filtrado -5- una frecuencia ventajosa que es menor que la frecuencia mínima del intervalo que se puede esperar por la experiencia (2 kHz, por ejemplo) y mayor que la frecuencia de la tensión del sistema (50 ó 60 Hz).

El transformador -6- hace subir o bajar la tensión de CA entregada por el circuito de filtrado -5- (tensión sinusoidal) sustancialmente al mismo nivel que la tensión del sistema. El detector -7- de la corriente de salida está dispuesto en una del par de líneas de salida del transformador -6-, y detecta la corriente alterna CA (corriente de salida) que fluye a dicha línea de salida. El detector -8- de tensión del sistema está dispuesto entre los dos extremos del par de líneas de salida del transformador -6-, y detecta la tensión de CA (tensión de salida) entregada desde dichas líneas de salida. La tensión de salida del dispositivo inversor -1- está controlada para ser sustancialmente igual a la tensión del sistema -9-, de tal modo que la tensión detectada mediante el detector -8- de la tensión del sistema se puede denominar asimismo la tensión del sistema -9-. La corriente de salida detectada por el detector -7- de la corriente de salida se introduce en el controlador -4- del inversor y se transforma en la tensión de salida, y se utiliza para generar las señales PWM -S11- y -S21-. La tensión de salida detectada por el detector -8- de la tensión del sistema es introducida asimismo en el controlador -4- del inversor, y es utilizada para detectar la fase.

A continuación, se describirá el procedimiento para la generación de señales PWM en el controlador -4- del inversor.

El dispositivo inversor -1- es un sistema que incluye el circuito inversor -3-, que realiza un funcionamiento no lineal, el circuito de filtrado -5- y el transformador -6-, que realiza un funcionamiento lineal (es decir, es un sistema con una mezcla de circuitos lineales y no lineales). Según la teoría de control moderna, se propone la formación de un sistema de control digital mediante un procedimiento en el que el sistema de control es modelizado como un sistema lineal, se crea una ecuación de estado que expresa este modelo de sistema lineal y se encuentra un valor de control como la solución a esta ecuación de estado.

Con la presente invención, la atención se centra en el hecho de que la tensión introducida en el primer circuito lineal del dispositivo inversor -1- es la tensión pulsada, y se aplica un procedimiento de mantenimiento de PWM mediante la predeterminación del periodo y de la forma de onda de la tensión pulsada. Específicamente, el tiempo T_{ON} ($T_{CONEXIÓN}$) en que la tensión pulsada alcanza el nivel alto en el intervalo de muestreo predeterminado T (en adelante, denominado como el "tiempo de conexión") se denomina la variable de estado, el sistema de control del dispositivo inversor -1- se expresa mediante una ecuación de estado en base a la posición del intervalo a nivel alto de este tiempo de conexión $T_{CONEXIÓN}$ (denominado en adelante el "intervalo de conexión"), y esta ecuación de estado se transforma en una ecuación de estado para un sistema de tiempo discreto y se resuelve para encontrar el tiempo de conexión $T_{CONEXIÓN}$. A continuación se explicará esta ecuación de estado y el procedimiento para resolverla. Un sistema de control para el dispositivo inversor -1- (un sistema de control que genera señales PWM) puede ser formado como un sistema de control digital utilizando un procedimiento en el que se generan pulsos de señales PWM a partir del tiempo de conexión calculado $T_{CONEXIÓN}$, del intervalo de muestreo T y de la posición del intervalo de conexión dentro del periodo.

Sin embargo, con el anterior procedimiento, el periodo T de muestreo tiene que ser seleccionado como el periodo T de la tensión pulsada, y dado que este periodo T es fijo, el periodo de cada pulso de señal PWM no se puede variar. Esto es debido a que si el tiempo de conexión $T_{CONEXIÓN}$ se calcula al inicio del periodo T de muestreo, se supone que el estado del sistema inversor en el momento de este cálculo no cambia dentro del periodo T de muestreo, y es un requisito que el periodo T de muestreo sea controlado con una tensión pulsada que tenga el intervalo de conexión del tiempo de conexión calculado $T_{CONEXIÓN}$.

En la presente invención, el tiempo de conexión $T_{CONEXIÓN}$ se calcula al inicio del intervalo de muestreo T , y se determina la forma de onda de la tensión pulsada hasta el inicio del siguiente intervalo de muestreo T , pero el tiempo de conexión $T_{CONEXIÓN}$ se recalcula dentro del intervalo de muestreo T , y se corrige el momento en que finaliza el intervalo de conexión de la tensión pulsada (el momento de desconexión). Si el estado no ha cambiado dentro del intervalo de muestreo T , el momento de desconexión obtenido a partir del tiempo de conexión recalculado $T_{CONEXIÓN}$ (el momento de desconexión corregido) debería ser sustancialmente igual que el momento de desconexión obtenido a partir del tiempo de conexión $T_{CONEXIÓN}$ calculado inicialmente (el momento de desconexión inicial), pero si el estado ha cambiado dentro de el intervalo de muestreo T , entonces el momento de desconexión corregido diferirá del momento de desconexión inicial. Independientemente de si el momento de desconexión corregido cambia o no con respecto al momento de desconexión inicial, la forma de onda de pulsos determinada anteriormente es corregida mediante la forma de onda de pulsos determinada mediante el tiempo de conexión recalculado $T_{CONEXIÓN}$. Por consiguiente, el periodo de cada pulso de la señal PWM es más largo que el periodo de muestreo T .

Las formas de onda de pulsos comprenden las siguientes.

(1) Una forma de onda que está al nivel bajo en ambos lados de un periodo, y al nivel alto en la parte central (un tipo que se invierte al nivel alto a medio camino en el periodo, y a continuación vuelve al nivel bajo; en adelante denominado "tipo A").

5 (2) Una forma de onda que está al nivel alto en la primera parte de un periodo, y al nivel bajo en la última parte (un tipo que se invierte al nivel alto al inicio del periodo, y se invierte al nivel bajo a la mitad del periodo; en adelante denominado "tipo B").

10 (3) Una forma de onda que está al nivel bajo en la primera parte de un periodo, y al nivel alto en la última parte (un tipo que se invierte al nivel bajo al inicio del periodo, y se invierte al nivel alto a la mitad del periodo; en adelante denominado "tipo C").

15 Estos tipos A, B y C son posibles combinaciones de formas de onda de pulsos determinadas anteriormente y de formas de onda de pulsos determinadas mediante recálculo. Sin embargo, si, por ejemplo, la forma de onda de pulsos determinada anteriormente y la forma de onda de pulsos determinada mediante recálculo son ambas de tipo A, la forma de onda de pulsos corregida tendrá dos pulsos en un periodo, y el periodo de los pulsos de señal PWM será más corto que el periodo de muestreo T. Por lo tanto, para prolongar el periodo de los pulsos de señal PWM, es necesario utilizar el tipo B, en el que el recálculo se lleva a cabo sobre el intervalo de conexión de la forma de onda de pulsos determinada anteriormente, y la forma de onda de pulsos determinada mediante el recálculo está al nivel alto al inicio del periodo.

25 Asimismo, por ejemplo, si la forma de onda de pulsos determinada anteriormente y la forma de onda de pulsos determinada mediante el recálculo son ambas de tipo B, el intervalo de conexión de la forma de onda de pulsos determinada anteriormente puede ser tal que el momento final del intervalo de conexión es incierto en la primera parte del periodo, de tal modo que el momento en el que se lleva a cabo el recálculo está limitado solamente a la duración de la primera parte del periodo de la forma de onda de pulsos determinada anteriormente. En este caso, el cálculo llevado a cabo anteriormente y el recálculo están muy próximos entre sí, y el periodo de la forma de onda de pulsos corregida no se puede prolongar mucho. Asimismo, si la forma de onda de pulsos determinada anteriormente es de tipo C y la forma de onda de pulsos determinada mediante el recálculo es de tipo B, el intervalo de conexión de la forma de onda de pulsos determinada anteriormente será tal que el tiempo de inicio del intervalo de conexión es incierto en la última parte del periodo, de tal modo que el momento en que se lleva a cabo el recálculo está limitado solamente el intervalo de la última parte del periodo de la forma de onda de pulsos determinada anteriormente. Debido a lo anterior, la combinación óptima es una en la que la forma de onda de pulsos determinada anteriormente es de tipo A y la forma de onda de pulsos determinada por recálculo es de tipo B.

35 Los periodos de la forma de onda de pulsos determinada anteriormente y de la forma de onda de pulsos determinada por recálculo pueden ser diferentes entre sí, pero es preferible que sean iguales para simplificar el proceso de cálculo. Asimismo, no hay limitaciones en la posición del intervalo de conexión de la forma de onda de pulsos determinada anteriormente, pero preferentemente está dispuesta en el centro del periodo con el fin de mejorar la precisión del proceso de cálculo. Tampoco hay limitaciones sobre el momento del recálculo, siempre que esté dentro del intervalo de conexión de la forma de onda de pulsos determinada anteriormente, pero preferentemente es un momento en el centro del periodo de la forma de onda de pulsos determinada anteriormente, para que el proceso de cálculo para el cálculo anterior y el recálculo sea constante.

45 A continuación se describirá en detalle el procedimiento para generar las señales PWM generadas mediante el controlador -4- del inversor, haciendo referencia a las figuras 2 y 3. Lo que sigue es una descripción de una primera realización en la que la forma de onda de pulsos determinada anteriormente es de tipo A, la forma de onda de pulsos determinada por recálculo es de tipo B, los periodos de las formas de onda de pulsos son iguales, la posición del intervalo de conexión de la forma de onda de pulsos determinada anteriormente está dispuesta en el centro del periodo y el momento del recálculo está en el centro del periodo de la forma de onda de pulsos determinada anteriormente.

55 La figura 2 es un diagrama que muestra el procedimiento para generar la señal PWM que es generada por el controlador -4- del inversor. La figura 2(a) es un diagrama de forma de onda que muestra cómo se combinan dos clases de forma de onda de pulsos en una forma de onda de pulsos de salida. La figura 2(b) es un diagrama que muestra la relación entre la forma de onda de pulsos de salida y la corriente de salida I del circuito inversor -3-, y corresponde a la figura 15.

60 La figura 3 es un diagrama que muestra dos clases de formas de onda de pulsos utilizadas en la generación de la señal PWM. La siguiente descripción será de la señal PWM -S11-, pero el mismo procedimiento puede ser aplicado igualmente a la generación de la señal PWM -S21-.

65 En primer lugar, en la figura 2, se calcula el tiempo de conexión para cuando se utiliza como periodo el periodo inicial predeterminado T (tal como 0,17 ms), en un instante de tiempo $t = t_0$. Este cálculo está previsto para encontrar el tiempo de conexión de la forma de onda de pulsos para una señal PWM para mantener la corriente de salida I dentro del intervalo permisible, y el tiempo de conexión se calcula a partir del tiempo de conexión calculado

anteriormente, de la tensión de salida convertida a partir de la corriente de salida detectada por el detector -7- de la corriente de salida, y de la tensión objetivo. La fórmula de cálculo para este tiempo de conexión se obtiene a partir de la ecuación de estado del dispositivo inversor -1-, y a continuación se explicará el procedimiento para calcular esta fórmula de cálculo.

5 A continuación, se genera una forma de onda de pulsos en cuyo centro está situado el intervalo de conexión del tiempo de conexión calculado (ver la figura 3(a); en adelante, denominada la "primera forma de onda de pulsos"; asimismo, el tiempo de conexión calculado para generar la primera forma de onda de pulsos se denomina el "primer tiempo de conexión"). Si el primer tiempo de conexión calculado se representa mediante ΔT_1 , esta primera forma de onda de pulsos se activa después del transcurso del tiempo $(1/2) \cdot (T - \Delta T_1)$ desde el instante de tiempo t_0 en que se calculó este ΔT_1 , y se desactiva después del transcurso del tiempo $(1/2) \cdot (T + \Delta T_1)$ (ver la forma de onda de pulsos en el lado izquierdo del modelo -1- en la figura 2).

15 A continuación, en $t = t_1$ después del transcurso del tiempo $(1/2) \cdot T$ desde el instante de tiempo t_0 , se calcula de nuevo el tiempo de conexión para cuando se supone que T es un periodo.

20 En el ejemplo de la figura 2(b), I_1 es la corriente de salida I en $t = t_1$, y se calcula el tiempo de conexión óptimo de tal modo que la corriente de salida I en este punto caiga dentro del intervalo permisible ΔI . En caso de que el tiempo para calcular el tiempo de conexión sea demasiado corto y no se haya calculado el tiempo de conexión, dado que la primera forma de onda de pulsos generada anteriormente no se puede prolongar, se utiliza como forma de onda de pulsos la primera forma de onda de pulsos generada tal como se ha mencionado anteriormente, sin que se lleve a cabo el proceso siguiente.

25 Si el tiempo de conexión se calcula en $t = t_1$, se genera una forma de onda de pulsos en cuyo frente anterior está situado el intervalo de conexión del tiempo de conexión calculado (ver la figura 3(b); en adelante denominada como "segunda forma de onda de pulsos"; asimismo, el tiempo de conexión calculado para generar la segunda forma de onda de pulsos se denomina como "segundo tiempo de conexión"). Representando el segundo tiempo de conexión calculado mediante ΔT_2 , esta segunda forma de onda de pulsos se activa a partir del instante de tiempo t_1 en el que se calculó el tiempo de conexión, y se desactiva después del transcurso de ΔT_2 (ver la forma de onda de pulsos en el lado izquierdo del modelo -2- de la figura 2).

35 El controlador -4- del inversor genera la forma de onda de pulsos de salida mencionada anteriormente en la que se combinan dos formas de onda de pulsos, y se emiten señales PWM en base a las formas de onda de pulsos de salida (ver la forma de onda de pulsos en el lado izquierdo de la forma de onda de pulsos de salida de la figura 2). Esta forma de onda de pulsos de salida es una en la que el tiempo de conexión es $(1/2) \cdot \Delta T_1 + \Delta T_2$, que se activa después del transcurso del tiempo $(1/2) \cdot (T - \Delta T_1)$ desde el instante de tiempo $t = t_0$ (en adelante, este instante de tiempo se denominará " T_a "), y se desactiva después del transcurso del tiempo $(1/2) \cdot (T + \Delta T_2)$ (en adelante, este instante de tiempo se denominará " T_b "). Tal como resultará evidente por la figura 2, el periodo de esta forma de onda de pulsos de salida es $(3/2) \cdot T$.

40 En $t = t_0$, el nivel de la señal PWM emitida desde el controlador -4- del inversor está controlado en base a la forma de onda de pulsos de salida generada en el anterior proceso de cálculo, y pasa al nivel bajo en la figura 2. Después de $t = t_0$, básicamente el nivel de la señal PWM emitida desde el controlador -4- del inversor está controlado en base a la primera forma de onda de pulsos calculada en el proceso de cálculo en $t = t_0$, de tal modo que la señal PWM emitida desde el controlador -4- del inversor se mantiene al nivel bajo, y el nivel de la señal PWM se invierte del nivel bajo al nivel alto en $t = t_a$ en base al resultado del cálculo en $t = t_0$.

50 El nivel de la señal PWM invertida al nivel alto continúa hasta que $t = t_a + \Delta T_1$, de tal modo que el nivel de la señal PWM en $t = t_1$ se mantiene al nivel alto. Cuando se calcula ΔT_2 en el proceso de cálculo en $t = t_1$, la segunda forma de onda de pulsos basada en este ΔT_2 está al nivel alto desde $t = t_1$ hasta $t = t_b (= t_1 + \Delta T_2)$, y al nivel bajo desde $t = t_b$ hasta $t = t_3$, de tal modo que la señal PWM se mantiene al nivel alto incluso después de $t = t_1$, y se invierte al nivel bajo en base a la segunda forma de onda de pulsos en $t = t_b$.

55 El resultado de controlar el nivel de la señal PWM emitida desde el controlador -4- del inversor es que la corriente de salida I del circuito inversor -3- es tal como se muestra en -N-, que es la línea continua de la figura 2(b). Si no se lleva a cabo el proceso de cálculo para corregir el tiempo de conexión en $t = t_1$, y en cambio se lleva a cabo el proceso de cálculo para la siguiente forma de onda de pulsos en $t = t_2$, la corriente de salida I del circuito inversor -3- es tal como se muestra mediante -N'-, que se indica mediante una línea de trazos en la figura 2(b).

60 Tal como se ha comentado anteriormente, la primera forma de onda de pulsos está al nivel alto en el centro del periodo T , y al nivel bajo en ambos extremos, de tal modo que el proceso de cálculo para encontrar la primera forma de onda de pulsos se tiene que llevar a cabo en el momento en el que la señal PWM está al nivel bajo. Por otra parte, tal como se ha descrito anteriormente, la segunda forma de onda de pulsos está al nivel alto en el frente anterior del periodo T , y está al nivel bajo en el frente posterior, de tal modo que en la presente invención, básicamente se genera una primera forma de onda de pulsos, tras lo cual se lleva a cabo un proceso de cálculo para generar en base a esta primera forma de onda de pulsos una segunda forma de onda de pulsos durante el tiempo

en que la señal PWM está al nivel alto, y si se obtiene una segunda forma de onda de pulsos, el periodo de la forma de onda de pulsos de salida se prolonga combinando esta segunda forma de onda de pulsos con la primera forma de onda de pulsos.

5 Por lo tanto, cuando el segundo tiempo de conexión ΔT_2 es calculado mediante recálculo, el periodo de la forma de onda de pulsos de salida se prolonga en $(1/2) \cdot T$ desde el periodo inicial T . Esto permite al controlador -4- del inversor generar señales PWM en las que el periodo de los pulsos ha sido prolongado. Por lo tanto, con el dispositivo inversor -1- correspondiente a esta realización, se reduce el número de veces que se tienen que conmutar los elementos de conmutación -TR1- a -TR4- y existe menos pérdida por conmutación que cuando el periodo de los pulsos de las señales PWM está fijado a T , de tal modo que se puede mejorar la eficiencia de conversión de la tensión.

15 Asimismo, en esta realización, el momento del cálculo de los diversos tiempos de conexión está fijado, y los valores de medición introducidos desde el exterior se utilizan solamente durante el cálculo de los tiempos de conexión, de tal modo que no es necesario monitorizar constantemente los valores de medición. Asimismo, dado que el controlador -4- del inversor está formado mediante un sistema de control digital, esto proporciona más universalidad y flexibilidad en el diseño.

20 Asimismo, en esta realización, el intervalo de conexión de la primera forma de onda de pulsos está dispuesto en el centro del periodo. Por lo tanto, es menos probable que el tiempo de inicio para el intervalo de conexión de la primera forma de onda de pulsos haya transcurrido cuando se calcula el primer tiempo de conexión ΔT_1 , o que este intervalo de conexión se prolongue más allá de un periodo, o que se encuentren otros problemas de este tipo. Y dado que el error es el mínimo en la forma de cálculo para el primer tiempo de conexión ΔT_1 , esto mejora la precisión del primer tiempo de conexión ΔT_1 calculado.

25 Asimismo, en esta realización, el cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 se lleva a cabo en el centro del periodo de la primera forma de onda de pulsos. Por lo tanto, es menos probable que el intervalo de conexión de la primera forma de onda de pulsos haya finalizado en el momento de inicio para el intervalo de conexión de la segunda forma de onda de pulsos, o que se encuentren otros problemas de este tipo. Asimismo, dado que los periodos de cálculo para el primer tiempo de conexión ΔT_1 y el segundo tiempo de conexión ΔT_2 son constantes, la precisión del control es mejor.

35 Asimismo, en esta realización, se utiliza un procedimiento para prolongar adicionalmente el periodo de la forma de onda de pulsos de salida.

40 Si el segundo tiempo de conexión ΔT_2 es menor que $(1/2) \cdot T$, entonces la señal PWM está al nivel bajo en el punto final del periodo T utilizado para calcular la primera forma de onda de pulsos. Asimismo, la forma de onda de pulsos de salida en la que la señal PWM está al nivel bajo se encuentra a partir de la segunda forma de onda de pulsos para el intervalo de $(1/2) \cdot T$ prolongado desde el punto final del periodo T . Por lo tanto, el proceso de cálculo para la siguiente primera forma de onda de pulsos se lleva a cabo en el punto en que este intervalo prolongado $(1/2) \cdot T$ ha finalizado (ver las formas de onda de los modelos 1 y 2 para $t = t_0$ a t_3 de la figura 2(a)).

45 Por otra parte, si el segundo tiempo de conexión ΔT_2 de la segunda forma de onda de pulsos es mayor que $(1/2) \cdot T$, dado que la señal PWM estará al nivel alto en el punto final del periodo T utilizado para calcular la primera forma de onda de pulsos, el proceso de cálculo para la segunda forma de onda de pulsos se puede llevar a cabo de nuevo en el punto final de este periodo T . En vista de esto, en esta realización, si la segunda forma de onda de pulsos está al nivel alto en el punto final del periodo T de la primera forma de onda de pulsos, se lleva a cabo de nuevo el proceso de cálculo para la segunda forma de onda de pulsos, y si se calcula el tiempo de conexión en este proceso de cálculo, la segunda forma de onda de pulsos a partir del segundo tiempo se combinará además con la forma de onda de pulsos combinada con la segunda forma de onda de pulsos del primer tiempo, y esto prolonga adicionalmente el periodo de la forma de onda de pulsos de salida.

50 Específicamente, en $t = t_3$ de la figura 2, se lleva a cabo el proceso de cálculo para la siguiente primera forma de onda de pulsos, y después de que se genere una primera forma de onda de pulsos que tiene un primer tiempo de conexión $\Delta T_1'$, se lleva a cabo un proceso de cálculo para la segunda forma de onda de pulsos en $t = t_4 (= t_3 + (1/2) \cdot T)$. El segundo tiempo de conexión $\Delta T_2'$ calculado en este proceso de cálculo es mayor que $(1/2) \cdot T$, de tal modo que en $t = t_5$ se calcula de nuevo un segundo tiempo de conexión $\Delta T_3'$. Si no se calcula $\Delta T_3'$ en este caso, se genera como forma de onda de pulsos de salida una forma de onda de pulsos en la que se combinan la primera forma de onda de pulsos del tiempo de conexión $\Delta T_1'$ (ver la forma de onda de pulsos en el lado derecho del modelo -1- en la figura 2) y la segunda forma de onda de pulsos del tiempo de conexión $\Delta T_2'$ (ver la forma de onda de pulsos en el lado derecho del modelo -2- de la figura 2).

65 Si se calcula $\Delta T_3'$ en $t = t_5$ y si $\Delta T_3'$ es menor que $(1/2) \cdot T$, entonces se genera como forma de onda de pulsos de salida una forma de onda de pulsos en la que se combinan la primera forma de onda de pulsos del tiempo de conexión $\Delta T_1'$, la segunda forma de onda de pulsos del tiempo de conexión $\Delta T_2'$ y la segunda forma de onda de pulsos del tiempo de conexión $\Delta T_3'$ (ver la forma de onda de pulsos en el lado derecho de la forma de onda de

pulsos de salida de la figura 2). Esta forma de onda de pulsos de salida se activa después del transcurso del tiempo $(1/2) \cdot (T - \Delta T_1')$ desde el instante de tiempo $t = t_3$ (en adelante, este instante de tiempo se denominará " t_c "), se desactiva después del transcurso del tiempo $T + \Delta T_3'$ (en adelante, este instante de tiempo se denominará " t_d ") y es una forma de onda de pulsos en la que el tiempo de conexión es $(1/2) \cdot T + (1/2) \cdot \Delta T_1' + \Delta T_3'$. Asimismo, por la figura 2 resulta evidente que el periodo de esta forma de onda de pulsos de salida es $2 \cdot T$.

La corriente de salida I del circuito inversor -3- es tal como se muestra mediante -N-, que es la línea continua en la figura 2(b). Si no se lleva a cabo el proceso de cálculo para corregir el tiempo de conexión en $t = t_4$, la corriente de salida I del circuito inversor -3- es tal como se muestra mediante -N"-, que se indica mediante una línea de trazos en la figura 2(b). Asimismo, si no se lleva a cabo el proceso de cálculo para corregir el tiempo de conexión en $t = t_5$, la corriente de salida I del circuito inversor -3- es tal como se muestra mediante -N'''-, que se indica mediante una línea de trazos en la figura 2(b).

Si $\Delta T_3'$ es mayor que $(1/2) \cdot T$, la señal PWM está al nivel alto en el punto final del periodo T utilizado en el cálculo de la segunda forma de onda de pulsos, de tal modo que se calcula de nuevo el segundo tiempo de conexión para el punto final $t = t_6 (= t_5 + (1/2) \cdot T)$ de este periodo T . A continuación, se calcula del mismo modo el segundo tiempo de conexión, y si este tiempo de conexión es mayor que $(1/2) \cdot T$, se lleva a cabo de nuevo el cálculo del segundo tiempo de conexión en el instante de tiempo alcanzado después del transcurso de $(1/2) \cdot T$ desde el instante de tiempo en que se llevó a cabo este proceso de cálculo. Este proceso de cálculo del segundo tiempo de conexión se repite hasta que no se calcula el segundo tiempo de conexión o bien el segundo tiempo de conexión calculado es menor o igual que $(1/2) \cdot T$.

Por lo tanto, en esta realización, el tiempo de conexión y el periodo de la forma de onda de pulsos de salida se prolongan siempre que se calcule el segundo tiempo de conexión y este segundo tiempo de conexión sea mayor que $(1/2) \cdot T$, es decir, siempre que la segunda forma de onda de pulsos esté al nivel alto después del punto final del periodo T de la segunda forma de onda de pulsos anterior. Por consiguiente, la duración del periodo de cada pulso de la señal PWM es $(1/2) \cdot mT$ (en que m es un número natural mayor o igual que 2), y comparada con cuando el periodo de la señal PWM está fijado en T , los elementos de conmutación -TR1- a -TR4- se conmutan en promedio menos veces, se reduce la pérdida por conmutación y se puede mejorar la eficiencia de conversión de la tensión.

A continuación se describirá el cálculo del tiempo de conexión.

En esta realización, para generar la señal PWM principalmente mediante el proceso de cálculo, se utiliza un procedimiento de mantenimiento de PWM para modelar los circuitos del circuito inversor -3- para el transformador -6- en el dispositivo inversor -1- como un sistema lineal según se ha descrito anteriormente. Específicamente, en esta realización se modifica la ecuación de estado en la que se utiliza como entrada la tensión de salida (tensión pulsada) del circuito inversor, se obtiene una ecuación de estado en la que se utiliza como entrada el tiempo de conexión del pulso de dicha tensión de salida (una ecuación de estado que representa un modelo lineal del sistema), se encuentra a partir de esta ecuación de estado una fórmula para obtener una solución y se utiliza la fórmula para calcular sustancialmente en tiempo real el tiempo de conexión.

En primer lugar, se describirá el procedimiento para obtener una ecuación de estado en la que el tiempo de conexión del pulso de salida se utiliza como entrada de una ecuación de estado en la que se utiliza la tensión de salida del inversor.

En la teoría de control moderna, se han estudiado diversos procedimientos para analizar las características de funcionamiento de un objeto de control hallando un modelo numérico de un objeto de control y una relación de entrada/salida para dicho modelo numérico, obteniendo una ecuación para el estado de funcionamiento (ecuación de estado) y resolviendo esta ecuación de estado.

En el caso de un sistema de una entrada, una salida, en el que el objeto de control se expresa mediante las siguientes ecuaciones diferenciales de estado (1) y (2), es sabido que las soluciones para la variable de estado $x(t)$ y la salida $y(t)$ se expresan mediante las siguientes formulas (3) y (4)

[E1]

$$\dot{x}(t) = A \cdot x(t) + B \cdot u(t) \dots (1)$$

$$y(t) = C \cdot x(t) + D \cdot u(t) \dots (2)$$

$u(t)$: vector de entrada

$y(t)$: vector de salida

$x(t)$: vector de la variable de estado

$\dot{x}(t)$: derivada de $x(t)$

5 A, B, C, D : vectores de coeficientes

[E2]

$$x(t) = e^{A(t-t_0)} \cdot x(t_0) + \int_{t_0}^t e^{A(t-\tau)} \cdot B \cdot u(\tau) d\tau \quad \dots \quad (3)$$

10

$$y(t) = C \cdot e^{A(t-t_0)} \cdot x(t_0) + \int_{t_0}^t C \cdot e^{A(t-\tau)} \cdot B \cdot u(\tau) d\tau + D \cdot u(t) \quad \dots \quad (4)$$

$x(t_0)$: valor inicial de la variable de estado

15 El vector de entrada $u(t)$ con el dispositivo inversor es la tensión pulsada $v_i(t)$ entregada desde el circuito inversor. El periodo de este pulso de entrada está representado por T , y el estado en el que $t = (k + 1) \cdot T$ se considerará a partir del estado de $t_0 = kT$. En la anterior fórmula (3), si se toma $u(t)$ como $v_i(t)$, y $t_0 = kT$ y $t = (k + 1) \cdot T$, se obtiene la siguiente fórmula (5).

20 [E3]

$$x((k+1)T) = e^{AT} x(kT) + \int_{kT}^{(k+1)T} e^{A((k+1)T-\tau)} \cdot B \cdot v_i(\tau) d\tau \quad \dots \quad (5)$$

25 En este caso, tal como se muestra en la figura 4, la tensión de salida del inversor que es la magnitud de entrada es la tensión pulsada con un tamaño de V_{CC} y una anchura de ΔT , y tiene una forma de onda de pulsos de tipo A en la que el tiempo de conexión está dispuesto en el centro. Por lo tanto, si $kT \leq \tau < kT + (1/2) \cdot (T - \Delta T)$ y $kT + (1/2) \cdot (T + \Delta T) \leq \tau < (k + 1) \cdot T$, entonces $v_i(\tau) = 0$, y si $kT + (1/2) \cdot (T - \Delta T) \leq \tau < kT + (1/2) \cdot (T + \Delta T)$, entonces $v_i(\tau) = V_{CC}$. Por consiguiente, la anterior fórmula (5) se transforma en la siguiente fórmula (6). Por lo tanto, el parámetro de entrada puede ser transformado de la tensión del inversor a la anchura del pulso.

30

[E4]

$$x((k+1)T) = e^{AT} x(kT) + \int_{\frac{(T-\Delta T)}{2}}^{\frac{(T+\Delta T)}{2}} e^{A(T-\tau)} \cdot B \cdot V_{DC} d\tau \quad \dots \quad (6)$$

35 Cuando la anterior fórmula (6) se transforma en la siguiente fórmula (7), suponiendo que $x[k] = x(kT)$, se obtiene la siguiente fórmula (8). De este modo, el dispositivo inversor -1- se expresa como un sistema lineal en el que la entrada es el tiempo de conexión ΔT .

40 [E5]

$$\begin{aligned} x((k+1)T) &= e^{AT} x(kT) + A^{-1} \cdot \left\{ e^{\frac{A(T+\Delta T)}{2}} - e^{\frac{A(T-\Delta T)}{2}} \right\} \cdot B \cdot V_{DC} \\ &= e^{AT} x(kT) + A^{-1} \cdot e^{\frac{AT}{2}} \cdot \left\{ e^{\frac{A\Delta T}{2}} - e^{-\frac{A\Delta T}{2}} \right\} \cdot B \cdot V_{DC} \\ &= e^{AT} x(kT) + e^{\frac{AT}{2}} \cdot \int_{-\frac{\Delta T}{2}}^{\frac{\Delta T}{2}} e^{A\Delta T} d\Delta T \cdot B \cdot V_{DC} \\ &= e^{AT} x(kT) + e^{\frac{AT}{2}} \cdot \int_{kT}^{(k+1)T} \Delta T(k) d\Delta T \cdot B \cdot V_{DC} \quad \dots \quad (7) \end{aligned}$$

[E6]

$$x[k+1] = A_T x[k] + B_T \Delta T[k]$$

$$A_T = e^{AT}$$

$$B_T = e^{\frac{AT}{2}} \cdot B \cdot V_{DC} \dots (8)$$

5 A continuación, se hallará una fórmula para calcular el tiempo de conexión a partir de una ecuación de estado para un dispositivo inversor específico. La fórmula del circuito eléctrico de un modelo del dispositivo inversor simplificado mostrado en la figura 5 se expresa mediante la siguiente fórmula (9) a partir de la ley de Kirchhoff. $v_i(t)$ y $v_o(t)$ son valores de tensión en el tiempo t para los puntos V_i y V_o de la figura 5, respectivamente.

10 [E7]

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} V_o(t) \\ \dot{V}_o(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{LC} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_o(t) \\ \dot{V}_o(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{LC} \end{bmatrix} V_i(t) \dots (9)$$

15 Aplicando a la fórmula (9) anterior el procedimiento de mantenimiento de PWM mencionado anteriormente, y tomando como entrada el tiempo de conexión $\Delta T[k]$, se obtiene la siguiente fórmula (10). Para simplificar el cálculo de los diversos elementos de la matriz, estos se expresan mediante ϕ_{11} , ϕ_{12} , ϕ_{21} , ϕ_{22} , g_1 y g_2

[E8]

$$\begin{bmatrix} V_o[k+1] \\ \dot{V}_o[k+1] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} \\ \phi_{21} & \phi_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_o[k] \\ \dot{V}_o[k] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \end{bmatrix} \Delta T[k] \dots (10)$$

20 En esta realización, el control se realiza mediante un control de tiempo mínimo (de tipo "deadbeat"). En el caso del control de tiempo mínimo (de tipo "deadbeat"), la fórmula para calcular el tiempo de conexión $\Delta T[k]$ se puede encontrar expandiendo la fórmula (10) anterior. Al expandir la fórmula (10) anterior, se obtienen las siguientes fórmulas (11) y (12). Multiplicando ambos lados de las siguientes fórmulas (11) y (12) por ϕ_{22} y ϕ_{12} , respectivamente, y sustituyendo $(k+1)$ por k , se obtienen las siguientes formulas (13) y (14).

[E9]

$$V_o[k+1] = \phi_{11} V_o[k] + \phi_{12} \dot{V}_o[k] + g_1 \Delta T[k] \dots (11)$$

$$\dot{V}_o[k+1] = \phi_{21} V_o[k] + \phi_{22} \dot{V}_o[k] + g_2 \Delta T[k] \dots (12)$$

$$\phi_{22} V_o[k] = \phi_{11} \phi_{22} V_o[k-1] + \phi_{12} \phi_{22} \dot{V}_o[k-1] + g_1 \phi_{22} \Delta T[k-1] \dots (13)$$

$$\phi_{12} \dot{V}_o[k] = \phi_{12} \phi_{21} V_o[k-1] + \phi_{12} \phi_{22} \dot{V}_o[k-1] + g_2 \phi_{12} \Delta T[k-1] \dots (14)$$

35 Combinando las anteriores formulas (13) y (14), se obtiene la siguiente fórmula (15). Sustituyendo ésta por la anterior fórmula (11) y modificándola, se obtiene la siguiente fórmula (16).

40

[E10]

$$\phi_{12}\dot{V}_0[k] = (\phi_{12}\phi_{21} - \phi_{11}\phi_{22})V_0[k-1] + (g_2\phi_{12} - g_1\phi_{22})\Delta T[k-1] + \phi_{22}V_0[k] \dots (15)$$

$$\Delta T[k] = \frac{\{V_0[k+1] - (\phi_{11} + \phi_{22})V_0[k] + (\phi_{11}\phi_{22} - \phi_{12}\phi_{21})V_0[k-1] + (g_1\phi_{22} - g_2\phi_{12})\Delta T[k-1]\}}{g_1}$$

... (16)

5 Utilizando la anterior fórmula (16), se puede calcular el tiempo de conexión $\Delta T[k]$ durante el presente muestreo a partir del tiempo de conexión $\Delta T[k-1]$ y de la tensión de salida $v_0[k-1]$ durante el muestreo anterior, la tensión de salida $v_0[k]$ durante el presente muestreo y la tensión de salida objetivo $v_0[k+1]$ durante el muestreo siguiente.

10 La fórmula de cálculo para el tiempo de conexión $\Delta T_1[k]$ de la primera forma de onda de pulsos en cuyo centro está localizado el intervalo de conexión en la figura 3(a). La fórmula de cálculo para el segundo tiempo de conexión $\Delta T_2[k]$ de la segunda forma de onda de pulsos que tiene una forma de onda de pulsos de tipo B en la que el intervalo de conexión en la figura 3(b) está situado en el lado del frente anterior se puede encontrar del mismo modo, utilizando una fórmula en la que $B_T = e^{A_T} \cdot B \cdot V_{DC}$ en la fórmula (8).

15 La fórmula de cálculo mencionada anteriormente es una de un caso de utilización de control de tiempo mínimo (de tipo "deadbeat"). La presente invención se puede aplicar asimismo a otros tipos de control, pero cuando se utiliza otro tipo de control, el tiempo de conexión $\Delta T[k]$ se tiene que calcular mediante un procedimiento que sea compatible con dicho control.

20 En la descripción anterior, se ha descrito que se genera una forma de onda de pulsos de salida que comprende una combinación de dos formas de onda de pulsos, para explicar el concepto del procedimiento para generar señales PWM. De hecho, el controlador -4- del inversor está constituido por los bloques funcionales mostrados en la figura 6, el momento de conexión se establece a partir del primer tiempo de conexión calculado $\Delta T_1[k]$, el momento de desconexión se establece a partir del segundo tiempo de conexión $\Delta T_2[k+r]$ (en que r es el número de veces que se ha recalculado el segundo tiempo de conexión) que se ha calculado por última vez, y el nivel de salida de las señales PWM se conmuta en estos momentos.

30 La figura 6 es un diagrama de bloques de la función de generación de señales PWM del controlador -4- del inversor

35 El controlador -4- del inversor incluye, como bloques de función para generar señales PWM, un calculador -401- del primer tiempo de conexión, un calculador -402- del segundo tiempo de conexión, un componente de memoria -403-, un componente de ajuste -404- de la tensión objetivo, un elemento -405- de ajuste de la conmutación, un componente de conmutación -406-, un comparador -407-, un contador -408-, un componente de ajuste -409- del periodo inicial, un componente de ajuste -410- del momento de conexión, un componente de ajuste -411- del momento de desconexión, un medidor de tiempo -412- y un generador -413- de señales de pulsos.

40 El calculador -401- del primer tiempo de conexión calcula el primer tiempo de conexión $\Delta T_1[k]$. El calculador -401- del primer tiempo de conexión calcula el primer tiempo de conexión $\Delta T_1[k]$ cuando se ha introducido una señal de medición de tiempo desde el medidor de tiempo -412-, en el caso en el que se ha introducido una señal de selección desde el componente de conmutación -406-. El calculador -401- del primer tiempo de conexión utiliza la anterior fórmula (16), que es una fórmula de cálculo para el primer tiempo de conexión $\Delta T_1[k]$, para calcular el primer tiempo de conexión $\Delta T_1[k]$ en el muestreo actual a partir de la tensión de salida $v_0[k]$ obtenida mediante la conversión A/D de la señal de tensión de salida introducida y convertida desde el detector -7- de la tensión de salida, la tensión de salida $v_0[k-1]$ utilizada en el cálculo anterior e introducida desde el componente de memoria -403- (en adelante, denominada la "tensión de salida anterior"), el tiempo de conexión $\Delta T[k-1]$ calculado en el tiempo anterior (en adelante, denominado el "tiempo de conexión anterior") y la tensión objetivo $v_0[k+1]$ introducida desde el componente de ajuste -404- de la tensión objetivo.

50 El calculador -401- del primer tiempo de conexión entrega el primer tiempo de conexión $\Delta T_1[k]$ calculado mediante el componente de ajuste -410- del momento de conexión y el componente de ajuste -411- del momento de desconexión, y entrega una señal de conmutación al componente de conmutación -406- y una señal de restablecimiento al contador -408-. El calculador -401- del primer tiempo de conexión entrega asimismo el primer tiempo de conexión calculado $\Delta T_1[k]$ y la tensión de salida $v_0[k]$ utilizada en el cálculo al componente de memoria -403-. El primer tiempo de conexión $\Delta T_1[k]$ y la tensión de salida $v_0[k]$ se utilizan en este caso como los tiempos de conexión anteriores $\Delta T_1[k]$ y $\Delta T_2[k]$ y la tensión de salida anterior $v_0[k]$ en el cálculo del primer tiempo de conexión $\Delta T_1[k+1]$ o del segundo tiempo de conexión $\Delta T_2[k+1]$ en el siguiente muestreo.

El calculador -402- del segundo tiempo de conexión calcula el segundo tiempo de conexión $\Delta T_2[k]$. El calculador -402- del segundo tiempo de conexión calcula el segundo tiempo de conexión $\Delta T_2[k]$ cuando se ha introducido una señal de medición de tiempo desde el medidor de tiempo -412-, en el caso en el que se ha introducido una señal de selección desde el componente de conmutación -406-. El calculador -402- del segundo tiempo de conexión utiliza una fórmula de cálculo para el segundo tiempo de conexión $\Delta T_2[k]$, que es igual que la fórmula anterior (16), para calcular el segundo tiempo de conexión $\Delta T_2[k]$ a partir de la tensión de salida $v_0[k]$ obtenida mediante la conversión de A/D a partir de la señal de tensión de salida, la tensión de salida $v_0[k - 1]$ utilizada en el cálculo anterior e introducida desde el componente de memoria -403-, el tiempo de conexión $\Delta T[k - 1]$ calculado en el tiempo anterior y la tensión objetivo $v_0[k + 1]$ introducida desde el componente de ajuste -404- de la tensión objetivo.

El calculador -402- del segundo tiempo de conexión entrega una señal de conteo al contador -408- cuando se calcula el segundo tiempo de conexión $\Delta T_2[k]$, y entrega el segundo tiempo de conexión calculado $\Delta T_2[k]$ al comparador -407- y al componente de ajuste -411- del momento de desconexión. El calculador -402- del segundo tiempo de conexión entrega asimismo al componente de memoria -403- el segundo tiempo de conexión calculado $\Delta T_2[k]$ y la tensión de salida $v_0[k]$ utilizada para el cálculo. El segundo tiempo de conexión $\Delta T_2[k]$ y la tensión de salida $v_0[k]$ se utilizan en este caso como los tiempos de conexión anteriores $\Delta T_1[k]$ y $\Delta T_2[k]$ y la tensión de salida anterior $v_0[k]$ en el cálculo del primer tiempo de conexión $\Delta T_1[k + 1]$ o del segundo tiempo de conexión $\Delta T_2[k + 1]$ en el siguiente muestreo.

El componente de memoria -403- almacena la tensión de salida $v_0[k]$ y los tiempos de conexión $\Delta T_1[k]$ y $\Delta T_2[k]$ introducidos desde el calculador -401- del primer tiempo de conexión o el calculador -402- del segundo tiempo de conexión sobrescribiéndolos sobre la tensión de salida almacenada (la tensión de salida anterior $v_0[k - 1]$) y los tiempos de conexión almacenados (los tiempos de conexión anteriores $\Delta T_1[k - 1]$ y $\Delta T_2[k - 1]$). El componente de memoria -403- entrega asimismo la tensión de salida almacenada $v_0[k]$ y los tiempos de conexión $\Delta T_1[k]$ y $\Delta T_2[k]$ almacenados al calculador -401- del primer tiempo de conexión y al calculador -402- del segundo tiempo de conexión, como la tensión de salida anterior y los tiempos de conexión anteriores.

El componente de ajuste -404- de la tensión objetivo entrega al calculador -401- del primer tiempo de conexión y al calculador -402- del segundo tiempo de conexión la tensión objetivo correspondiente a la forma de onda objetivo de la tensión de salida predeterminada, cuando se introduce una señal de medición de tiempo desde el medidor de tiempo -412-.

El elemento -405- de ajuste de la conmutación ajusta la conmutación del componente de conmutación -406- para ajustar el tiempo que transcurre desde el cálculo del tiempo de conexión ΔT_2 de la segunda forma de onda de pulsos mediante el calculador -402- del segundo tiempo de conexión hasta el cálculo del tiempo de conexión ΔT_1 de la primera forma de onda de pulsos mediante el calculador -401- del primer tiempo de conexión. El elemento -405- de ajuste de la conmutación entrega una señal de conmutación al componente de conmutación -406- cuando se ha introducido una señal de medición de tiempo desde el medidor de tiempo -412- si se ha introducido una señal de selección desde el componente de conmutación -406-.

El componente de conmutación -406- conmuta al procedimiento para calcular el tiempo de conexión. El componente de conmutación -406- emite una señal de selección para cualquiera del calculador -401- del primer tiempo de conexión, el calculador -402- del segundo tiempo de conexión o el elemento -405- de ajuste de la conmutación que haya sido seleccionado. El componente de conmutación -406- cambia el destino de salida de la señal de selección cuando se introduce una señal de conmutación desde el calculador -401- del primer tiempo de conexión, el elemento -405- de ajuste de la conmutación, el comparador -407- o el medidor de tiempo -412-.

Cuando se introduce una señal de conmutación desde el calculador -401- del primer tiempo de conexión en el caso en que se selecciona el calculador -401- del primer tiempo de conexión, el componente de conmutación -406- cambia la selección al calculador -402- del segundo tiempo de conexión. Cuando se introduce una señal de conmutación desde el comparador -407- en el caso en que se selecciona el calculador -402- del segundo tiempo de conexión, se cambia la selección al elemento -405- de ajuste de la conmutación, y cuando se introduce una señal de conmutación desde el medidor de tiempo -412-, se cambia la selección al calculador -401- del primer tiempo de conexión. Asimismo, cuando se introduce una señal de conmutación desde el elemento -405- de ajuste de la conmutación en el caso en que se selecciona el elemento -405- de ajuste de la conmutación, la selección se cambia al calculador -401- del primer tiempo de conexión.

La figura 7 es un diagrama que muestra el funcionamiento del componente de conmutación -406-. En la figura 7, el primer tiempo de conexión se indica mediante ΔT_a y el segundo tiempo de conexión mediante ΔT_b . La figura 7 muestra las formas de onda de pulsos de salida para cuando no fue calculado el segundo tiempo de conexión ΔT_b (forma de onda de pulsos de salida A), cuando el segundo tiempo de conexión calculado ΔT_b ha sido más corto que la mitad del periodo inicial T (forma de onda de pulsos de salida B) y cuando ha sido más largo que la mitad del periodo inicial T (forma de onda de pulsos de salida C).

La forma de onda de pulsos de salida A es la forma de onda de pulsos de salida en el caso en que el segundo tiempo de conexión ΔT_b no se ha calculado después del cálculo del primer tiempo de conexión ΔT_a . Se describirá la

conmutación de la selección del componente de conmutación -406- cuando se genera esta forma de onda de pulsos de salida A.

5 En primer lugar, el componente de conmutación -406- selecciona el calculador -401- del primer tiempo de conexión. Por lo tanto, cuando se introduce una señal de medición de tiempo desde el medidor de tiempo -412- en $t = t_0$, el calculador -401- del primer tiempo de conexión calcula el primer tiempo de conexión ΔT_a . Cuando el calculador -401- del primer tiempo de conexión calcula el primer tiempo de conexión ΔT_a y se emite una señal de conmutación al componente de conmutación -406-, el componente de conmutación -406- en el que se ha introducido la señal de conmutación cambia la selección al calculador -402- del segundo tiempo de conexión. A continuación, cuando se introduce una señal de medición de tiempo desde el medidor de tiempo -412- en $t = t_1$, el calculador -402- del segundo tiempo de conexión calcula el segundo tiempo de conexión ΔT_b . Sin embargo, dado que se alcanza el momento de desconexión sin que se haya calculado el segundo tiempo de conexión ΔT_b , el medidor de tiempo -412- entrega una señal de conmutación al componente de conmutación -406-. El componente de conmutación -406- en el que se ha introducido la señal de conmutación cambia la selección al calculador -401- del primer tiempo de conexión. A continuación, cuando se introduce una señal de medición de tiempo desde el medidor de tiempo -412- en $t = t_2$, el calculador -401- del primer tiempo de conexión calcula el primer tiempo de conexión ΔT_a .

20 Volviendo a la figura 6, el comparador -407- compara el periodo inicial T establecido por el componente de ajuste -409- del periodo inicial con el segundo tiempo de conexión ΔT_2 introducido desde el calculador -402- del segundo tiempo de conexión. En el caso en que el segundo tiempo de conexión ΔT_2 es menor que $(1/2) \cdot T$, el comparador -407- emite una señal de conmutación al componente de conmutación -406-, y emite el segundo tiempo de conexión ΔT_2 al componente de ajuste -411- del momento de desconexión. En el caso en que el segundo tiempo de conexión ΔT_2 sea por lo menos $(1/2) \cdot T$, se calcula el segundo tiempo de conexión ΔT_2 de nuevo mediante el calculador -402- del segundo tiempo de conexión, de tal modo que no se entrega ninguna señal de conmutación.

25 En la figura 7, la forma de onda de pulsos de salida B es la forma de onda de pulsos de salida cuando el segundo tiempo de conexión ΔT_b es calculado después del cálculo del primer tiempo de conexión ΔT_a , y este ΔT_b es menor que $(1/2) \cdot T$. Hasta que el calculador -402- del segundo tiempo de conexión calcula el segundo tiempo de conexión ΔT_b en $t = t_1$, todo es igual que durante la generación mencionada anteriormente de la forma de onda de pulsos de salida A. Desde que se calcula el segundo tiempo de conexión ΔT_b , este segundo tiempo de conexión ΔT_b se introduce en el comparador -407-. Dado que el segundo tiempo de conexión ΔT_b es menor que $(1/2) \cdot T$, el comparador -407- entrega una señal de conmutación al componente de conmutación -406-. El componente de conmutación -406- en el que se ha introducido la señal de conmutación cambia la selección al elemento -405- de ajuste de la conmutación. El elemento -405- de ajuste de la conmutación al que se ha introducido la señal de medición de tiempo desde el medidor de tiempo -412- en $t = t_2$ emite una señal de conmutación al componente de conmutación -406-. El componente de conmutación -406- cambia la selección al calculador -401- del primer tiempo de conexión cuando se introduce una señal de conmutación desde el elemento -405- de ajuste de la conmutación. A continuación, cuando se introduce una señal de medición de tiempo desde el medidor de tiempo -412- en $t = t_3$, el calculador -401- del primer tiempo de conexión calcula el primer tiempo de conexión ΔT_a .

40 La forma de onda de pulsos de salida C es la forma de onda de pulsos de salida cuando el segundo tiempo de conexión ΔT_b ha sido calculado después del cálculo del primer tiempo de conexión ΔT_a , este ΔT_b es por lo menos $(1/2) \cdot T$ y el segundo tiempo de conexión ha sido calculado de nuevo, pero ΔT_b no se ha calculado. Hasta que el segundo tiempo de conexión ΔT_b calculado en $t = t_1$ se introduce en el comparador -407-, todo es lo mismo que durante la generación mencionada anteriormente de la forma de onda de pulsos de salida B. Dado que ΔT_b es por lo menos $(1/2) \cdot T$, el comparador -407- no emite una señal de conmutación al componente de conmutación -406-. Cuando se introduce una señal de medición de tiempo desde el medidor de tiempo -412- en $t = t_2$, el calculador -402- del segundo tiempo de conexión calcula el segundo tiempo de conexión ΔT_b . Sin embargo, dado que se alcanza el momento de desconexión sin que se haya calculado el segundo tiempo de conexión ΔT_b , el medidor de tiempo -412- entrega una señal de conmutación al componente de conmutación -406-. El componente de conmutación -406- al que se ha introducido la señal de conmutación cambia la selección al calculador -401- del primer tiempo de conexión. A continuación, cuando se introduce una señal de medición de tiempo desde el medidor de tiempo -412- en $t = t_3$, el calculador -401- del primer tiempo de conexión calcula el primer tiempo de conexión ΔT_a .

55 Volviendo la figura 6, el contador -408- cuenta el número de veces que el calculador -402- del segundo tiempo de conexión ha calculado el segundo tiempo de conexión. El cómputo se inicializa a $n = 0$ cuando se introduce una señal de restablecimiento desde el calculador -401- del primer tiempo de conexión, y se incrementa en una unidad cada vez que se introduce una señal de cómputo desde el calculador -402- del segundo tiempo de conexión.

60 El componente de ajuste -409- del periodo inicial establece el periodo inicial T , que es el periodo base para la señal PWM. El periodo inicial T se determina previamente en base a la experiencia del usuario, y en esta realización se ha fijado en 0,17 ms.

65 El componente de ajuste -410- del momento de conexión establece el instante de tiempo del siguiente momento de conexión, y el componente de ajuste -411- del momento de desconexión establece el instante de tiempo de el siguiente momento de desconexión.

El componente de ajuste -410- del momento de conexión calcula el tiempo $(1/2) \cdot (T - \Delta T_1)$ desde el primer tiempo de conexión ΔT_1 introducido desde el calculador -401- del primer tiempo de conexión y el periodo inicial T ajustado por el componente de ajuste -409- del periodo inicial. Este tiempo se suma al instante de tiempo en que se ha calculado el primer tiempo de conexión ΔT_1 , y éste se establece como el instante de tiempo del siguiente momento de conexión. Por ejemplo, en la figura 2(a), se establecen los instantes de tiempo calculados t_a y t_c . Los instantes de tiempo establecidos para el momento de conexión se introducen en el medidor de tiempo -412-.

El componente de ajuste -411- del momento de desconexión calcula el tiempo $(1/2) \cdot (T + \Delta T_1)$ a partir del primer tiempo de conexión introducido ΔT_1 y del periodo inicial T establecido por el componente de ajuste -409- del periodo inicial cuando se ha introducido el primer tiempo de conexión ΔT_1 desde el calculador -401- del primer tiempo de conexión. Este tiempo se suma al instante de tiempo en el que se ha calculado el primer tiempo de conexión ΔT_1 , y éste se establece como el instante de tiempo para el siguiente momento de desconexión. Los instantes de tiempo establecidos para el momento de desconexión se introducen en el medidor de tiempo -412-.

El componente de ajuste -411- del momento de desconexión calcula asimismo el tiempo $(1/2) \cdot n \cdot T + \Delta T_2$ a partir del segundo tiempo de conexión introducido ΔT_2 , el periodo inicial T establecido por el componente de ajuste -409- del periodo inicial y el cómputo n introducido desde el contador -408- cuando el segundo tiempo de conexión ΔT_2 ha sido introducido desde el calculador -402- del segundo tiempo de conexión antes del instante de tiempo de ajuste del momento de desconexión. Este tiempo se añade al instante de tiempo en el que se ha calculado el segundo tiempo de conexión ΔT_2 , y éste se establece como instante de tiempo del siguiente momento de desconexión. Por ejemplo, en la figura 2(a), se establecen los instantes de tiempo calculados t_b y t_d . Los instantes de tiempo establecidos para el momento de desconexión se introducen en el medidor de tiempo -412-. Si el segundo tiempo de conexión ΔT_2 es introducido desde el calculador -402- del segundo tiempo de conexión antes del instante de tiempo de ajuste del momento de desconexión, entonces se ajusta de nuevo el momento de desconexión.

El medidor de tiempo -412- mantiene un seguimiento del instante de tiempo del momento de conexión introducido desde el componente de ajuste -410- del momento de conexión y del instante de tiempo del momento de desconexión introducido desde el componente de ajuste -411- del momento de desconexión. El medidor de tiempo -412- entrega una señal de medición de tiempo al generador -413- de señales de pulsos cada vez que se verifica el instante de tiempo del momento de conexión. El medidor de tiempo -412- entrega asimismo una señal de medición de tiempo al generador -413- de señales de pulsos y entrega una señal de conmutación al componente de conmutación -406- cada vez que se verifica el instante de tiempo del momento de desconexión. Asimismo, el medidor de tiempo -412- entrega una señal de medición de tiempo al calculador -401- del primer tiempo de conexión, al calculador -402- del segundo tiempo de conexión, al componente de ajuste -404- de la tensión objetivo y al elemento -405- de ajuste de la conmutación cada vez que transcurre el tiempo $(1/2) \cdot T$, que es la mitad del periodo inicial T establecido por el componente de ajuste -409- del periodo inicial.

El generador -413- de la señal de pulsos genera una señal de pulsos al conmutar el nivel a alto cuando se introduce desde el medidor de tiempo -412- una señal de medición de tiempo del momento de conexión, y al conmutar el nivel a bajo cuando se introduce desde el medidor de tiempo -412- una señal de medición de tiempo del momento de desconexión. Esta señal de pulsos se emite como una señal PWM -S11- al elemento de conmutación -TR1- del circuito inversor -3-. Esta señal de pulsos es asimismo invertida y entregada al elemento de conmutación -TR2- del circuito inversor -3-.

A continuación, se describirá haciendo referencia al diagrama de flujo de la figura 8 el procedimiento para generar una señal PWM en el controlador -4- del inversor. En la siguiente descripción, se utilizará como ejemplo la señal PWM -S11-.

El diagrama de flujo de la figura 8 muestra el proceso real de generación para una señal PWM mediante el controlador -4- del inversor con el tiempo.

En primer lugar, el primer tiempo de conexión ΔT_1 se calcula tratando un periodo inicial predeterminado T1 como periodo -S1-. Se genera y se entrega -S2- una primera forma de onda de pulsos en la que el intervalo de conexión del primer tiempo de conexión calculado ΔT_1 está situado en el centro.

A continuación, se determina si ha transcurrido o no -S3- el tiempo de $(1/2) \cdot T$ después de que se haya calculado el primer tiempo de conexión ΔT_1 . Si no ha transcurrido (-S3-: no), el flujo vuelve a la etapa -S3-, pero si ha transcurrido (-S3-: sí), se calcula -S4- el segundo tiempo de conexión ΔT_2 . Específicamente, el segundo tiempo de conexión ΔT_2 se calcula una vez que ha transcurrido $(1/2) \cdot T$ después de haberse calculado el primer tiempo de conexión ΔT_1 .

A continuación, se determina si se ha calculado o no -S5- el segundo tiempo de conexión ΔT_2 . Si es posible prolongar la forma de onda de pulsos de salida se calcula el segundo tiempo de conexión ΔT_2 , pero si es imposible prolongar la forma de onda de pulsos de salida no se calcula el segundo tiempo de conexión ΔT_2 . Si el segundo tiempo de conexión ΔT_2 ha sido calculado (-S5-: sí), es generada y entregada una segunda forma de onda de pulsos

en la que el intervalo de conexión del segundo tiempo de conexión calculado ΔT_2 está situado en el lado del frente anterior (etapa -S6-). Específicamente, se prolonga el intervalo de conexión de la forma de onda de pulsos de salida.

A continuación, se determina si el segundo tiempo de conexión ΔT_2 es o no como mínimo $(1/2) \cdot T$ (-S7-: sí). Si $\Delta T_2 \geq (1/2) \cdot T$ (-S7-: sí), transcurrirá $(1/2) \cdot T$ desde el cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 antes del momento de desconexión de la forma de onda de pulsos de salida, de tal modo que el flujo avanza a la etapa -S3- para determinar si es o no posible de nuevo una prolongación de la forma de onda de pulsos de salida. Específicamente, el segundo tiempo de conexión ΔT_2 se calcula de nuevo después del transcurso de $(1/2) \cdot T$ desde el cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 por primera vez. Esto se repite y la forma de onda de pulsos se prolonga siempre que el segundo tiempo de conexión calculado ΔT_2 sea por lo menos de $(1/2) \cdot T$.

La forma de onda de pulsos de salida en el lado derecho de la figura 2(a) es una en la que el segundo tiempo de conexión ΔT_2 calculado por primera vez es como mínimo $(1/2) \cdot T$, y el segundo tiempo de conexión ΔT_2 se ha calculado de nuevo.

En la etapa -S7-, si $\Delta T_2 < (1/2) \cdot T$ (-S7-: no), la forma de onda de pulsos de salida se desconectará antes de que transcurra $(1/2) \cdot T$ desde el cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 , de tal modo que el flujo avanza a la etapa -S8- sin que se calcule de nuevo el segundo tiempo de conexión ΔT_2 .

En la etapa -S8-, se determina si ha transcurrido o no un tiempo T después del cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 -S8-. Si no ha transcurrido aún (-S8-: no), el flujo vuelve a la etapa -S8-, pero si ha transcurrido ya (-S8-: sí) el flujo vuelve a la etapa -S1-. Específicamente, el primer tiempo de conexión ΔT_1 se calcula para generar la siguiente forma de onda de pulsos de salida después del transcurso de T desde el cálculo del último segundo tiempo de conexión ΔT_2 .

La forma de onda de pulsos de salida en el lado izquierdo de la figura 2(a) es una en que el segundo tiempo de conexión ΔT_2 calculado por primera vez es menor que $(1/2) \cdot T$. La forma de onda de pulsos de salida en el lado derecho de la figura 2(a) es una en que el segundo tiempo de conexión ΔT_2 calculado por segunda vez (es decir ΔT_3) es menor que $(1/2) \cdot T$.

En la etapa -S5-, si el segundo tiempo de conexión ΔT_2 no ha sido calculado (-S5-: no), se determina si el tiempo de $(1/2) \cdot T$ ha transcurrido o no después del cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 -S9-. Si no ha transcurrido aún (-S9-: no), el flujo vuelve a la etapa -S9-, pero si ha transcurrido ya (-S9-: sí) el flujo vuelve a la etapa -S1-. Específicamente, el primer tiempo de conexión ΔT_1 se calcula para generar la siguiente forma de onda de pulsos de salida después de que haya transcurrido $(1/2) \cdot T$ después del cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 .

Tal como se ha explicado anteriormente, con el dispositivo inversor -1- correspondiente a la presente invención, se utiliza un periodo inicial T predeterminado como el periodo básico para cada periodo de una señal PWM, y la duración de cada periodo de la señal PWM se prolonga en base a un intervalo de conexión calculado mediante el cálculo. Si el periodo inicial T está fijado a un valor relativamente corto, entonces el cálculo del primer tiempo de conexión ΔT_1 no finalizará para el tiempo del momento de conexión, o el cálculo no puede ser finalizado y el periodo no se puede prolongar mediante el momento de desconexión. Por otra parte, si el periodo inicial T se ajusta a un valor relativamente largo, existe la posibilidad de que no se pueda obtener el tiempo de conexión para mantener la corriente de salida dentro del intervalo permisible.

Por lo tanto, el periodo inicial T se ajusta a un valor adecuado mediante experimentación, simulación o similar, pero se puede disponer en el dispositivo inversor -1- un elemento de control para modificar el periodo inicial T , de manera que el usuario lo pueda ajustar al valor deseado.

Asimismo, con el dispositivo inversor -1- correspondiente a la presente invención, se prolonga la duración de cada periodo de la señal PWM, pero dado que el periodo de control es el mismo que con el periodo inicial T que no se ha prolongado, teóricamente no existe ninguna disminución en la precisión del control. Asimismo, cuando se lleva a cabo la extensión del periodo, el cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 se lleva a cabo durante el intervalo de conexión de la forma de onda de pulsos de salida, de manera que no existe sustancialmente ningún retraso de cálculo.

En una simulación, la conmutación se llevó a cabo 120 veces dentro de un periodo de la tensión de salida cuando no se realizó una extensión del periodo en un periodo inicial $T = 0,17$ ms, pero con el dispositivo inversor de esta realización, la conmutación se llevó a cabo solamente 74 veces en las mismas condiciones, de tal modo que se produjo una reducción en el número de veces que fue necesaria la conmutación. Se obtuvo un resultado similar con otros tipos de control (control de retroalimentación, control de dos grados de libertad).

En la primera realización proporcionada anteriormente, la primera forma de onda de pulsos fue generada como una forma de onda de pulsos en la que el intervalo de conexión estaba situado en el centro de un periodo, pero la presente invención no se limita a esto. Específicamente, la primera forma de onda de pulsos puede ser una forma de onda de pulsos en la que el intervalo de conexión esté situado en cualquier posición dentro de un periodo.

Las fórmulas (1) a (8) proporcionadas anteriormente se pueden expandir de tal modo que el dispositivo inversor -1- esté representado como un sistema lineal en el que la entrada es el tiempo de conexión ΔT , y en esta expansión de la fórmula, la primera forma de onda de pulsos es una forma de onda de pulsos en la que el intervalo de conexión está situado en el centro de un periodo, de tal modo que el intervalo de integración del segundo término en la fórmula (6) es $((1/2) \cdot (T - \Delta T), (1/2) \cdot T + \Delta T)$.

Con la presente invención, la primera forma de onda de pulsos puede ser definida como una forma de onda de pulsos en la que el intervalo de conexión está situado en cualquier posición dentro de un periodo T . Específicamente, la primera forma de onda de pulsos se puede definir como una forma de onda de pulsos en la que el centro del intervalo de conexión está situado en $h \cdot T$ ($0 < h < 1$), y la fórmula (8) para encontrar esta forma de onda de pulsos se puede encontrar utilizando el intervalo de integración del segundo término en la fórmula (6) como $((h \cdot T - (1/2) \cdot \Delta T), (h \cdot T + (1/2) \cdot \Delta T))$.

Por lo tanto, si se encuentra una fórmula correspondiente a la fórmula (8) en la que el intervalo de integración del segundo término en la fórmula (6) sea $((1/3) \cdot T - (1/2) \cdot \Delta T), ((1/3) \cdot T + (1/2) \cdot \Delta T)$, y se encuentra una fórmula para hallar ΔT a partir de esta fórmula mediante el mismo procedimiento que la expansión de fórmula, de las formulas (9) a (16), entonces la fórmula para calcular ΔT será una en la que la primera forma de onda de pulsos sea una forma de onda de pulsos en la que el centro del intervalo de conexión esté situado a $(1/3) \cdot T$ dentro de un periodo.

Dado que no se permite que la primera forma de onda de pulsos sea tal que el intervalo de conexión esté fuera del periodo T cuando el centro del intervalo de conexión del tiempo de conexión calculado ΔT está situado en $h \cdot T$ ($0 < h < 1$) en el periodo T , en $0 < h < 1/2$ es necesario satisfacer $0 < h \cdot T - (1/2) \cdot \Delta T$, y en $1/2 < h < 1$, satisfacer $h \cdot T + (1/2) \cdot \Delta T < T$. Por ejemplo, si la primera forma de onda de pulsos es una forma de onda de pulsos en la que el centro del intervalo de conexión está situado a $(1/3) \cdot T$ en un periodo, entonces es necesario satisfacer $0 < (1/3) \cdot T - (1/2) \cdot \Delta T$, es decir, $\Delta T < (2/3) \cdot T$.

La figura 9 es un diagrama que muestra un caso de la primera forma de onda de pulsos en el que el intervalo de conexión está desplazado del centro de un periodo (en adelante, este caso se denominará como la "segunda realización").

Tal como se muestra en la figura 9(a), la primera forma de onda de pulsos se genera como una forma de onda de pulsos en la que el centro del intervalo de conexión del primer tiempo de conexión ΔT_1 está situado en $(1/3) \cdot T$. Esta primera forma de onda de pulsos se activa después del transcurso del tiempo $\{(1/3) \cdot T - (1/2) \cdot \Delta T_1\}$ desde el instante de tiempo en el que se calculó el primer tiempo de conexión ΔT_1 (el instante de tiempo al inicio de un periodo T), y se desactiva después del transcurso del tiempo $\{(1/3) \cdot T - (1/2) \cdot \Delta T_1\}$. De nuevo en este caso, el segundo tiempo de conexión ΔT_2 se calcula para cuando T es un periodo después del transcurso del tiempo $(1/2) \cdot T$.

La figura 9(b) muestra una segunda forma de onda de pulsos que tiene el intervalo de conexión del segundo tiempo de conexión ΔT_2 . Esta segunda forma de onda de pulsos se activa en el instante de tiempo en el que se calcula el segundo tiempo de conexión ΔT_2 (el instante de tiempo de $(1/2) \cdot T$ en un periodo T), y se desactiva después del transcurso del tiempo ΔT_2 . El controlador -4- del inversor emite una forma de onda de pulsos de salida en la que se combinan las dos anteriores formas de onda de pulsos (ver la figura 9(c)). Esta forma de onda de pulsos de salida es una forma de onda de pulsos que se activa después del transcurso del tiempo $\{(1/3) \cdot T - (1/2) \cdot \Delta T_1\}$ desde el instante de tiempo en el que se calculó el primer tiempo de conexión ΔT_1 (el instante de tiempo al inicio de un periodo T), y se desactiva después del transcurso del tiempo $\{(1/2) \cdot T + \Delta T_2\}$, y en la que el tiempo de conexión es $\{(1/6) \cdot T + (1/2) \cdot \Delta T_1 + \Delta T_2\}$.

Tal como resulta evidente por la figura 9(c), el periodo de esta forma de onda de pulsos de salida es $(3/2) \cdot T$. Si el segundo tiempo de conexión ΔT_2 es mayor que $(1/2) \cdot T$, es decir, si la segunda forma de onda de pulsos está al nivel alto en el punto final del periodo T de la primera forma de onda de pulsos, entonces el segundo tiempo de conexión ΔT_2 se calcula de nuevo igual que en la primera realización, y el periodo de la forma de onda de pulsos de salida se prolonga adicionalmente.

Tal como se ha explicado anteriormente, con la presente invención la forma de onda de pulsos de la señal PWM se genera con un pulso cada vez, encontrando el tiempo de conexión ΔT dispuesto en una posición predeterminada de un periodo T predeterminado. En este proceso de generación para un pulso de la forma de onda de pulsos, el tiempo de conexión ΔT se vuelve a calcular cada vez que transcurre $T/2$ en cada periodo, y cada periodo se prolonga en unidades de $T/2$ en base a este resultado del recálculo.

Por lo tanto, el periodo de la forma de onda de pulsos de salida se puede prolongar de nuevo en la segunda realización, igual que en la primera realización. Asimismo, el periodo de cálculo para el primer tiempo de conexión ΔT_1 y el segundo tiempo de conexión ΔT_2 para prolongar el periodo es constante.

Sin embargo, dado que no tener el intervalo de conexión de la primera forma de onda de pulsos situado en el centro de un periodo aumenta el error en la fórmula de cálculo para el primer tiempo de conexión ΔT_1 , la precisión del

primer tiempo de conexión calculado es menor en la segunda realización que en la primera realización. Asimismo, con la presente invención, dónde el intervalo de conexión de la primera forma de onda de pulsos está situado en el periodo tiene que estar predeterminado (es decir, el valor de h tiene que ser predeterminado), pero si esta posición se establece cerca del lado del frente anterior (es decir, si h es próximo a 0), existirán problemas tal como cuando se exceda el instante de tiempo inicial del intervalo de conexión de la primera forma de onda de pulsos durante el cálculo del primer tiempo de conexión ΔT_1 , o cuando este intervalo de conexión rebese un periodo.

Con la presente invención, dónde esté dispuesto en el periodo T el intervalo de conexión de la primera forma de onda de pulsos no está relacionado directamente con si el periodo del pulso T se puede o no prolongar en la señal PWM. Por lo tanto, para evitar tales problemas en la medida de lo posible, es preferible que la primera forma de onda de pulsos se genere como una forma de onda de pulsos en la que el intervalo de conexión esté situado en el centro de un periodo.

Asimismo, en la primera y la segunda realizaciones, el momento del cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 es posterior al transcurso del tiempo $(1/2) \cdot T$ después del cálculo del primer tiempo de conexión ΔT_1 , pero la presente invención no está limitada a este momento. El cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 se puede llevar a cabo en un momento predeterminado después del cálculo del primer tiempo de conexión ΔT_1 .

La figura 10 es un diagrama que muestra cuando el cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 se lleva a cabo en un momento predeterminado desde el cálculo del primer tiempo de conexión ΔT_1 (en adelante, denominada como la "tercera realización").

La figura 10(a) muestra una primera forma de onda de pulsos que tiene un intervalo de conexión del primer tiempo de conexión ΔT_1 en el que la forma de onda de pulsos es tal que el intervalo de conexión está situado en el centro de un periodo. Esta primera forma de onda de pulsos se activa después del transcurso del tiempo $(1/2) \cdot (T - \Delta T_1)$ desde el instante de tiempo en el que se calculó el primer tiempo de conexión ΔT_1 (el instante de tiempo al inicio del periodo T de la primera forma de onda de pulsos), y se desactiva después del transcurso del tiempo $(1/2) \cdot (T + \Delta T_1)$.

En este ejemplo, el segundo tiempo de conexión ΔT_2 se calcula para cuando T se utiliza como un periodo después del transcurso del tiempo $(1/3) \cdot T$ desde el instante de tiempo del inicio del periodo T de la primera forma de onda de pulsos. La figura 10(b) muestra una segunda forma de onda de pulsos que tiene un intervalo de conexión del segundo tiempo de conexión ΔT_2 . Esta segunda forma de onda de pulsos se activa en el instante de tiempo en el que se calculó el segundo tiempo de conexión ΔT_2 , y se desactiva después del transcurso del tiempo ΔT_2 . El controlador -4- del inversor emite una forma de onda de pulsos de salida en la que se combinan las dos formas de onda de pulsos anteriores (ver la figura 10(c)). Esta forma de onda de pulsos de salida es una forma de onda de pulsos que se activa después del transcurso del tiempo $(1/2) \cdot T - (T - \Delta T_1)$ desde el instante de tiempo en el que se calculó el primer tiempo de conexión ΔT_1 (el instante de tiempo al inicio de un periodo T de la primera forma de onda de pulsos), y se desactiva después del transcurso del tiempo $\{(1/3) \cdot T + \Delta T_2\}$, y en la que el tiempo de conexión es $\{(1/6) \cdot T + (1/2) \cdot \Delta T_1 + \Delta T_2\}$.

Tal como es evidente por la figura 10(c), el periodo de esta forma de onda de pulsos de salida es $(4/3) \cdot T (= (1/3) \cdot T + T)$. Si el segundo tiempo de conexión ΔT_2 es mayor que $(2/3) \cdot T$, es decir, si la segunda forma de onda de pulsos está al nivel alto en el punto final del periodo T de la primera forma de onda de pulsos, entonces el segundo tiempo de conexión ΔT_2 se calcula de nuevo igual que en la primera realización, y el periodo de la forma de onda de pulsos de salida se prolonga adicionalmente.

Si el momento en el que se calcula el segundo tiempo de conexión ΔT_2 es un instante de tiempo que está más allá del transcurso del tiempo $(1/2) \cdot T$ desde el instante de tiempo en el que se calculó el primer tiempo de conexión ΔT_1 (el instante de tiempo al inicio del periodo T de la primera forma de onda de pulsos), existe el problema de que el intervalo de conexión de la primera forma de onda de pulsos finaliza en el instante de tiempo al inicio del intervalo de conexión de la segunda forma de onda de pulsos. Para evitar este problema, el momento en que se calcula el segundo tiempo de conexión ΔT_2 debería estar próximo al instante de tiempo posterior al transcurso del tiempo $(1/2) \cdot T$ desde el instante de tiempo en el que se calculó el primer tiempo de conexión ΔT_1 .

También, en la tercera realización, se puede prolongar el periodo de la forma de onda de pulsos de salida. Sin embargo, dado que el periodo del cálculo para el primer tiempo de conexión ΔT_1 y el segundo tiempo de conexión ΔT_2 para prolongar el periodo no es constante, la precisión del control no es tan buena como en la primera realización. Por lo tanto, el momento en que se calcula el segundo tiempo de conexión ΔT_2 es preferentemente después del transcurso del tiempo $(1/2) \cdot T$ desde el cálculo del primer tiempo de conexión.

Asimismo, la estructura puede ser tal que la primera forma de onda de pulsos se genere como una forma de onda de pulsos en la que el intervalo de conexión está desplazado desde el centro, y el cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 se lleve a cabo en el momento en la posición central del intervalo de conexión de la primera forma de onda de pulsos.

La figura 11 es un diagrama que muestra esta estructura (en adelante, denominada "cuarta realización").

La figura 11(a) muestra una primera forma de onda de pulsos generada de tal modo que la posición del intervalo de conexión del primer tiempo de conexión ΔT_1 está desplazada desde el centro, y es un ejemplo de una forma de onda de pulsos en la que el centro del intervalo de conexión está situado en $(1/3) \cdot T$. Esta primera forma de onda de pulsos se activa después del transcurso del tiempo $\{(1/3) \cdot T - (1/2) \cdot \Delta T_1\}$ desde el instante de tiempo en que se calculó el primer tiempo de conexión ΔT_1 (el instante de tiempo al inicio de un periodo T), y se desactiva después del transcurso del tiempo $\{(1/3) \cdot T + (1/2) \cdot \Delta T_1\}$.

En este ejemplo, el segundo tiempo de conexión ΔT_2 se calcula cuando T es un periodo después del transcurso del tiempo $(1/3) \cdot T$ desde el instante de tiempo del inicio del periodo T de la primera forma de onda de pulsos. La figura 11(b) es una segunda forma de onda de pulsos que tiene un intervalo de conexión del segundo tiempo de conexión ΔT_2 . Esta segunda forma de onda de pulsos se activa en el instante de tiempo en el que fue calculado el segundo tiempo de conexión ΔT_2 , y se desactiva después del transcurso del tiempo ΔT_2 . El controlador -4- del inversor emite una forma de onda de pulsos de salida en la que se combinan las dos formas de onda de pulsos anteriores (ver la figura 11(c)). Esta forma de onda de pulsos de salida es una forma de onda de pulsos que se activa después del transcurso del tiempo $\{(1/3) \cdot T - (1/2) \cdot \Delta T_1\}$ desde el instante de tiempo en el que se calculó el primer tiempo de conexión ΔT_1 (el instante de tiempo al inicio de un periodo T de la primera forma de onda de pulsos), y se desactiva después del transcurso del tiempo $\{(1/3) \cdot T + \Delta T_2\}$, y en la que el tiempo de conexión es $\{(1/2) \cdot \Delta T_1 + \Delta T_2\}$.

Tal como resulta evidente por la figura 11(c), el periodo de esta forma de onda de pulsos de salida es $(4/3) \cdot T$ ($= (1/3) \cdot T + T$). Si el segundo tiempo de conexión ΔT_2 es mayor que $(2/3) \cdot T$, es decir, si la segunda forma de onda de pulsos está al nivel alto en el punto final del periodo T de la primera forma de onda de pulsos, entonces el segundo tiempo de conexión ΔT_2 se calcula de nuevo igual que en la primera realización, y se prolonga adicionalmente el periodo de la forma de onda de pulsos de salida.

La cuarta realización es similar a la segunda realización, en términos de evitar que la posición del intervalo de conexión de la primera forma de onda de pulsos esté cerca del lado del frente anterior de un periodo. Asimismo, el periodo de la forma de onda de pulsos de salida se puede prolongar igualmente en la cuarta realización, pero dado que esta realización es igual que la tercera realización en que el periodo de cálculo para el primer tiempo de conexión ΔT_1 y el segundo tiempo de conexión ΔT_2 no es constante, el control de la precisión no es tan bueno como en la primera realización. Por lo tanto, teniendo todo esto en cuenta, es preferente asimismo en la cuarta realización que la primera forma de onda de pulsos se genere como una forma de onda de pulsos en la que el intervalo de conexión está situado en el centro de un periodo.

En la cuarta realización, en vez de realizar el cálculo del segundo tiempo de conexión ΔT_2 en el momento de la posición central del intervalo de conexión de la primera forma de onda de pulsos, el momento puede ser en cualquier punto desde el inicio del periodo de la primera forma de onda de pulsos.

Por conveniencia, en las realizaciones anteriores se ha descrito un dispositivo inversor monofásico conectado al sistema, pero se sobreentiende que la presente invención se puede aplicar asimismo al dispositivo inversor trifásico -1'- mostrado en la figura 12.

En la figura 12, los circuitos que llevan a cabo la misma función que el dispositivo inversor -1- de la figura 1 reciben la misma numeración. El circuito inversor -3- está dotado de un tercer brazo compuesto de elementos de conmutación -TR5- y -TR6- conectados en serie, además del primer y el segundo brazos. Las líneas de salida de la tensión de salida de la fase U, la fase V y la fase W salen de los respectivos puntos de conexión a, b y c del primer, segundo y tercer brazos. Unos inductores L_F están conectados en serie a las tres líneas de salida, y unos condensadores C_F están conectados entre estas líneas de salida. Unos filtros de paso bajo de las líneas de salida de la fase U, la fase V y la fase W están constituidos por conexiones en forma de L invertida de los inductores L_F y los condensadores C_F entre las líneas de salida. Por lo tanto, el circuito de filtrado -5- tiene tres filtros de paso bajo correspondientes a la fase U, la fase V y la fase W.

Análogamente, el detector -7- de la corriente de salida y el detector -8- de la tensión del sistema comprenden cada uno tres detectores, siendo detectada la corriente de salida de la fase U, la fase V y la fase W mediante los detectores respectivos, y estos valores de detección son introducidos en el controlador -4- del inversor.

El controlador -4- del inversor está equipado con tres generadores de señales PWM -41-, -42- y -43- correspondientes al primer, segundo y tercer brazos. Específicamente, el controlador -4- del inversor está equipado con tres generadores de señales PWM -41-, -42- y -43- para generar señales PWM utilizadas para controlar la corriente de salida de la fase U, la fase V y la fase W. Las tres señales PWM entregadas desde los generadores de señales PWM -41-, -42- y -43- son idénticas excepto en que sus fases están desplazadas en 120 grados cada una. Por lo tanto, los bloques de función específicos de los generadores de señales PWM -41-, -42- y -43- son iguales que los mostrados en la figura 6, y el controlador -4- del inversor no se describirá de nuevo en detalle.

De nuevo con el dispositivo inversor trifásico -1'-, igual que con el dispositivo inversor -1- de las realizaciones anteriores, el controlador -4- del inversor genera señales PWM en las que los periodos de los pulsos se han

prolongado. Por lo tanto, se reduce el número de veces que se tienen que conmutar los elementos de conmutación -TR1- a -TR6- del dispositivo inversor -1'-, y existe menos pérdida por conmutación, de tal modo que se puede mejorar la eficiencia de conversión de la tensión.

5 En general, tal como se muestra en el diagrama de bloques de la figura 13 de los generadores de señales PWM sometidos a control de retroalimentación, los generadores de señales PWM de este dispositivo inversor trifásico -1'-
 10 tienen un convertidor dq -11-, un controlador FB -12- y un convertidor dq inverso -13-, y comprenden una función de conversión de triple fase a doble fase y de generación de una señal de control sobre el eje dq. Con el generador de señales PWM mostrado en la figura 13, los valores de detección V_u , V_v y V_w de la tensión de salida de la fase U, la fase V y la fase W que han experimentado retroalimentación son convertidos en valores de tensión bifásica v_d y v_q
 15 mediante el convertidor dq -11-, según la siguiente fórmula (17), y el controlador FB -12- utiliza la magnitud de la desviación entre estos valores de tensión v_d y v_q y los valores de objetivo de control v_{do} y v_{qo} para generar señales de control e_d y e_q . Estas señales de control e_d y e_q son transformadas por el convertidor dq inverso -13- en señales de control trifásicas e_u , e_v y e_w , y un circuito PWM -14- genera, a partir de estas señales de control e_u , e_v y e_w , señales PWM para controlar las corrientes de salida de fase U, fase V y fase W.

[E11]

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \omega t & \sin \omega t \\ -\sin \omega t & \cos \omega t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_u \\ V_v \\ V_w \end{bmatrix} \dots \quad (17)$$

20 Con el dispositivo inversor trifásico -1'- correspondiente a la presente invención, dado que el proceso de cálculo para generar señales PWM se puede realizar asimismo en el eje dq, el diagrama de bloques correspondiente a la figura 13 se transforma en el de la figura 14. En la figura 14, un circuito -15- de cálculo del tiempo de conexión y un circuito -16- de generación de formas de onda de pulsos corresponden al diagrama de bloques de funcionamiento global del controlador -4- del inversor de la figura 6, y los tiempos de conexión bifásicos calculados ΔT_d y ΔT_q son convertidos
 25 mediante el convertidor inverso dq -13- en los tiempos de conexión trifásicos ΔT_u , ΔT_v y ΔT_w .

También con el dispositivo inversor trifásico -1'- correspondiente a la presente invención, los valores de objetivo de control para la corriente de salida se pueden introducir como valores de objetivo de control en el eje dq, de tal modo que el concepto de conversión dq se puede aplicar al dispositivo inversor trifásico correspondiente a la presente invención igual que con un dispositivo inversor trifásico convencional. Además, dado que el error de modelado que se produce al hacer discreta la tensión de salida se suprime al convertir el componente de onda básico de la señal de control en un componente de CC utilizando la conversión dq, se puede conseguir menos error con sistemas que tienen un periodo de conmutación largo.

35 Con las realizaciones anteriores, se ha realizado la descripción de un dispositivo inversor conectado al sistema en el que el sistema tenía la carga, pero la presente invención se puede aplicar asimismo a un dispositivo inversor para suministrar alimentación de CA a una carga distinta de un sistema, tal como un dispositivo inversor utilizado para el accionamiento de un motor. Sin embargo, la presente invención funciona de manera más efectiva cuando es más importante la necesidad de una mayor eficiencia que una mayor precisión o una respuesta más rápida.

40 Asimismo, el generador de señales PWM de la presente invención no está limitado a un dispositivo inversor, y puede ser aplicado asimismo a un sistema en el que el resultado sea prolongar tanto como sea posible el periodo de señales PWM introducidas, bajo condiciones establecidas.

45 Asimismo, con las realizaciones anteriores, se ha descrito un caso de utilización del generador de señales PWM de la presente invención en un dispositivo inversor conectado al sistema, pero el generador de señales PWM de la presente invención se puede realizar en cambio con un ordenador que lee un programa para generar señales PWM mediante el procedimiento mencionado anteriormente en un generador de señales PWM convencional, a partir de una ROM u otro medio de grabación semejante en el que se haya grabado dicho programa de manera legible por ordenador, y ejecutando a continuación dicho programa.

REIVINDICACIONES

1. Generador de señales PWM (41) ó (42), que comprende:

5 un primer generador de formas de onda de pulsos para generar una primera forma de onda de pulsos correspondiente a un periodo de una primera señal de pulsos;

10 un segundo generador de formas de onda de pulsos para generar una segunda forma de onda de pulsos cuando transcurre en tiempo de demora predeterminado después del inicio de la generación de la primera forma de onda de pulsos, correspondiendo la segunda forma de onda de pulsos a un periodo de una segunda señal de pulsos; y

15 medios de generación de señales PWM para generar una señal PWM en base a una forma de onda de pulsos compuesta en la que toda la primera forma de onda de pulsos generada mediante el primer generador de formas de onda de pulsos se combina con toda la segunda forma de onda de pulsos generada mediante el segundo generador de formas de onda de pulsos; de modo que

el primer generador de formas de onda de pulsos está configurado para generar una siguiente primera forma de onda de pulsos a la finalización de la forma de onda de pulsos compuesta.

20 2. Generador de señales PWM (41) ó (42), según la reivindicación 1, en el que la primera forma de onda de pulsos pasa a ser de nivel alto en la parte central de un primer periodo de pulsos correspondiente al periodo de la primera señal de pulsos y pasa a ser de nivel bajo en ambos extremos del primer periodo de pulsos,

25 en el que la segunda forma de onda de pulsos pasa a ser de nivel alto en una primera parte de un segundo periodo de pulsos correspondiente al periodo de la segunda señal de pulsos y pasa a ser de nivel bajo en una segunda parte del segundo periodo de pulsos, y

30 en el que la forma de onda de pulsos compuesta es un mismo tipo de forma de onda que la primera forma de onda de pulsos formada conectando la segunda forma de onda de pulsos a un intervalo de nivel alto de la primera forma de onda de pulsos.

3. Generador de señales PWM (41) ó (42), según la reivindicación 2, en el que el primer periodo de pulsos es igual al segundo periodo de pulsos.

35 4. Generador de señales PWM (41) ó (42), según la reivindicación 2, en el que el intervalo de nivel alto de la primera forma de onda de pulsos está dispuesto en el centro del primer periodo de pulsos.

40 5. Generador de señales PWM (41) ó (42), según la reivindicación 4, en el que el tiempo de demora satisface la condición de que la generación de la segunda forma de onda de pulsos se inicia en un intervalo en el que la primera forma de onda de pulsos generada mediante el primer generador de formas de onda de pulsos está al nivel alto.

6. Generador de señales PWM (41) ó (42), según la reivindicación 5, en el que el tiempo de demora es la mitad del primer periodo de pulsos.

45 7. Generador de señales PWM (41) ó (42), según la reivindicación 2, en el que el primer generador de formas de onda de pulsos incluye:

50 un calculador (401) del primer tiempo de conexión para calcular, al inicio del primer periodo de pulsos, un primer tiempo de conexión en el que la primera forma de onda de pulsos tiene que estar a nivel alto; y

un elemento de decisión del primer momento de inversión para determinar un primer momento de inversión en el que el nivel de la primera forma de onda de pulsos se invierte de nivel bajo a nivel alto en el primer periodo de pulsos, en base al primer tiempo de conexión y a la posición del nivel alto en el primer periodo de pulsos;

55 en el que el segundo generador de formas de onda de pulsos incluye:

un calculador (402) del segundo tiempo de conexión para calcular, después del transcurso del tiempo de demora posterior al inicio del primer periodo de pulsos, un segundo tiempo de conexión en el que la segunda forma de onda de pulsos tiene que estar a nivel alto; y

60 un elemento de decisión del segundo momento de inversión para determinar, en base al segundo tiempo de conexión, un segundo momento de inversión en el que el nivel de la segunda forma de onda de pulsos se invierte de nivel alto a nivel bajo en el segundo periodo de pulsos en el que se ha calculado el segundo tiempo de conexión, y

65 en el que los medios de generación de señales PWM incluyen:

un detector de momento de inversión para detectar el primer y el segundo momentos de inversión en relación con el momento de inicio del primer periodo de pulsos; y

5 una unidad de salida de señales PWM para ajustar un nivel de salida al nivel bajo al inicio del primer periodo de pulsos, invirtiendo a continuación el nivel de salida al nivel alto cuando se detecta el primer momento de inversión, invirtiendo después el nivel de salida al nivel bajo cuando se detecta el segundo momento de inversión, generando de ese modo una señal de pulsos en la que se combinan la primera forma de onda de pulsos y la segunda forma de onda de pulsos, para entregar esta señal de pulsos como los diversos pulsos de la señal PWM.

10 8. Generador de señales PWM (41) ó (42), según la reivindicación 7,

en el que el elemento de decisión del primer momento de inversión determina, como el primer momento de inversión, un punto en que el tiempo restante, obtenido restando la mitad del primer tiempo de conexión calculado del tiempo en la posición intermedia del nivel alto en el primer periodo de pulsos, ha transcurrido desde el inicio del cálculo del primer tiempo de conexión, cada vez que se calcula el primer tiempo de conexión, y

15 en el que los medios de determinación del segundo momento de inversión determinan, como el segundo momento de inversión, un punto en el que el segundo tiempo de conexión calculado ha transcurrido desde el inicio del cálculo del segundo tiempo de conexión, cada vez que se calcula el segundo tiempo de conexión.

20 9. Generador de señales PWM (41) ó (42), según la reivindicación 2, que comprende además:

un elemento de determinación para determinar si el nivel de la segunda forma de onda de pulsos está o no a nivel alto, cada vez que finaliza un periodo de la primera forma de onda de pulsos; y

25 un elemento de regeneración de la forma de onda de pulsos para hacer, solamente cuando el nivel de la segunda forma de onda de pulsos a la finalización de un periodo de la primera forma de onda de pulsos está al nivel alto, que el segundo generador de formas de onda de pulsos genere de nuevo una segunda forma de onda de pulsos a la finalización de un periodo de la primera forma de onda de pulsos,

30 en el que los medios de generación de señales PWM generan una señal PWM en base a una forma de onda de pulsos compuesta en la que la primera forma de onda de pulsos se combina con la segunda forma de onda de pulsos generada y la segunda forma de onda de pulsos regenerada.

35 10. Generador de señales PWM (41) ó (42), según la reivindicación 9, que comprende además:

un segundo elemento de determinación para determinar si el nivel de la segunda forma de onda de pulsos regenerada a la finalización de un periodo de la segunda forma de onda de pulsos generada anteriormente está o no a nivel alto cuando la generación de la segunda forma de onda de pulsos se lleva a cabo de nuevo mediante el elemento de regeneración de formas de onda de pulsos,

40 en el que el elemento de regeneración de formas de onda de pulsos repite la operación de hacer que el segundo generador de formas de onda de pulsos genere de nuevo una segunda forma de onda de pulsos a la finalización de un periodo de la segunda forma de onda de pulsos generada anteriormente, hasta que el nivel de la segunda forma de onda de pulsos regenerada a la finalización de un periodo de la segunda forma de onda de pulsos generada anteriormente alcanza un nivel bajo, y

45 en el que los medios de generación de señales PWM generan una señal PWM en base a una forma de onda de pulsos compuesta en la que la primera forma de onda de pulsos se combina con la segunda forma de onda de pulsos generada y con una o varias segundas formas de onda de pulsos regeneradas.

50 11. Generador de señales PWM (41) ó (42), según la reivindicación 10, en el que el primer generador de formas de onda de pulsos incluye:

55 un calculador (401) del primer tiempo de conexión para calcular, al inicio del primer periodo de pulsos, un primer tiempo de conexión en el que la primera forma de onda de pulsos tiene que estar a nivel alto; y

60 un elemento de decisión del primer momento de inversión para determinar un primer momento de inversión en el que el nivel de la primera forma de onda de pulsos se invierte de nivel bajo a nivel alto en el primer periodo de pulsos, en base al primer tiempo de conexión y a la posición del nivel alto en el primer periodo de pulsos,

en el que el segundo generador de formas de onda de pulsos incluye:

65 un calculador (402) del segundo tiempo de conexión para calcular un segundo tiempo de conexión en el que la segunda forma de onda de pulsos tiene que estar a nivel alto, después del transcurso del tiempo de demora desde un inicio del primer periodo de pulsos, y si se lleva a cabo de nuevo mediante el elemento de regeneración de la

forma de onda de pulsos una generación de la segunda forma de onda de pulsos, a la finalización del primer periodo de pulsos y a la finalización del periodo de la segunda forma de onda de pulsos generada anteriormente; y

5 un elemento de decisión del segundo momento de inversión para determinar, en base al último segundo tiempo de conexión que ha sido calculado mediante el calculador del segundo tiempo de conexión, un segundo momento de inversión en el que el nivel de la segunda forma de onda de pulsos se invierte de nivel alto a nivel bajo en el segundo periodo de pulsos en el que ha sido calculado el segundo tiempo de conexión, y

10 en el que los medios de generación de señales PWM incluyen:

un detector del momento de inversión para detectar el primer y el segundo momentos de inversión en relación con un tiempo de inicio del primer periodo de pulsos; y

15 una unidad de salida de señales PWM para establecer el nivel de salida a un nivel bajo al inicio del primer periodo de pulsos, invirtiendo a continuación el nivel de salida al nivel alto cuando se detecta el primer momento de inversión, manteniendo el nivel de salida al nivel alto en base a dichas una o varias segundas formas de onda de pulsos generadas, invirtiendo a continuación el nivel de salida al nivel bajo cuando se detecta el segundo momento de inversión, generando de ese modo una señal de pulsos en la que se combinan la primera forma de onda de pulsos y dichas una o varias segundas formas de onda de pulsos, para entregar esta señal de pulsos como los
20 diversos pulsos de la señal PWM.

12. Generador de señales PWM (41) ó (42), según la reivindicación 11, en el que el elemento de decisión del primer momento de inversión determina, como el primer momento de inversión, un punto en que el tiempo restante, obtenido restando la mitad del primer tiempo de conexión calculado del tiempo en la posición a la mitad del nivel alto en el primer periodo de pulsos, ha transcurrido desde el inicio del cálculo del primer tiempo de conexión, cada vez
25 que se calcula el primer tiempo de conexión, y

en el que el elemento de decisión del segundo momento de inversión determina, como el segundo momento de inversión, un punto en que el último segundo tiempo de conexión calculado ha transcurrido desde el inicio del último cálculo del segundo tiempo de conexión.
30

13. Generador de señales PWM (41) ó (42), según la reivindicación 7, en el que el calculador (401) del primer tiempo de conexión calcula el primer tiempo de conexión utilizando una primera fórmula de cálculo para encontrar una solución a una primera ecuación de estado en la que una variable de entrada es el primer tiempo de conexión de la primera forma de onda de pulsos y que se obtiene a partir de una ecuación de estado en la que una variable de estado introducida en un objeto de control es la primera forma de onda de pulsos, y
35

en el que el calculador (402) del segundo tiempo de conexión calcula el segundo tiempo de conexión utilizando una segunda fórmula de cálculo para encontrar una solución a una segunda ecuación de estado en la que una variable de entrada es el segundo tiempo de conexión de la segunda forma de onda de pulsos y que se obtiene a partir de una ecuación de estado en la que la variable de estado introducida en el objeto de control es la segunda forma de onda de pulsos.
40

14. Dispositivo inversor (1), que comprende:
45

una fuente de alimentación de CC (2) que entrega tensión de CC;

un circuito puente (3) que realiza la conversión inversa de la tensión de CC entregada desde la fuente de alimentación de CC en tensión de CA, y en el que están conectados en puente una serie elementos de conmutación;
50

un circuito de control (4) que controla la operación de conversión inversa del circuito puente (3) controlando la operación de conexión/desconexión de la serie de elementos de conmutación;

un circuito de filtrado (5) que elimina ruido de conmutación incluido en la tensión de CA entregada desde el circuito puente (3); y
55

un transformador (6) que recibe la tensión de CA entregada desde el circuito de filtrado (5) para aplicar una tensión transformada a una carga (9);

60 en el que el circuito de control (4) incluye un generador de señales PWM, según la reivindicación 1, y controla la operación de conexión/desconexión de la serie de elementos de conmutación por medio de señales PWM generadas por el generador de señales PWM.

15. Dispositivo inversor (1), según la reivindicación 14, en el que la fuente de alimentación de CC (2) comprende una célula solar (211), el circuito puente (3) comprende un circuito puente trifásico y la tensión de CA entregada desde el transformador (6) es la tensión de CA trifásica entregada en conexión con un sistema comercial de energía.
65

FIG.1

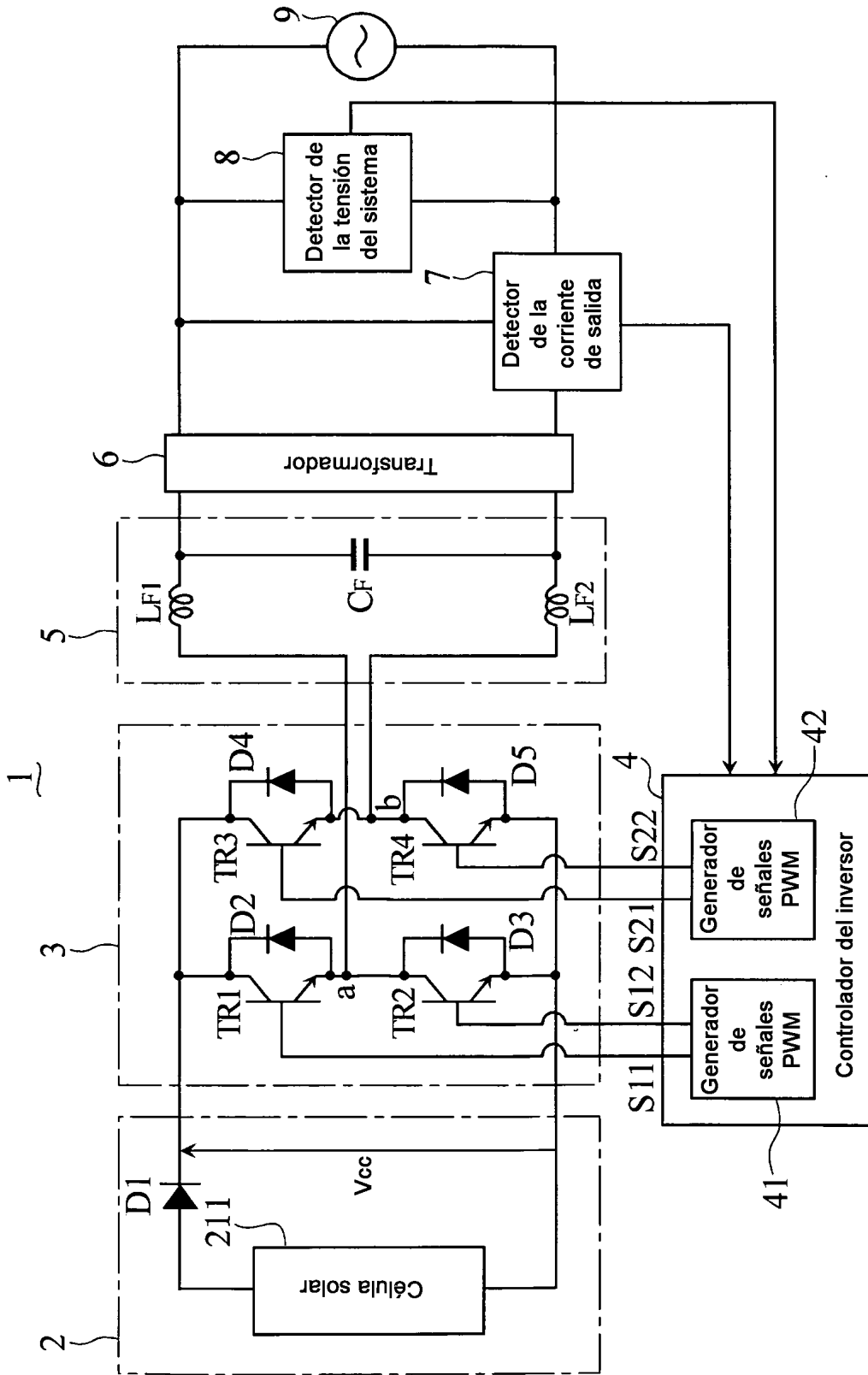


FIG.2

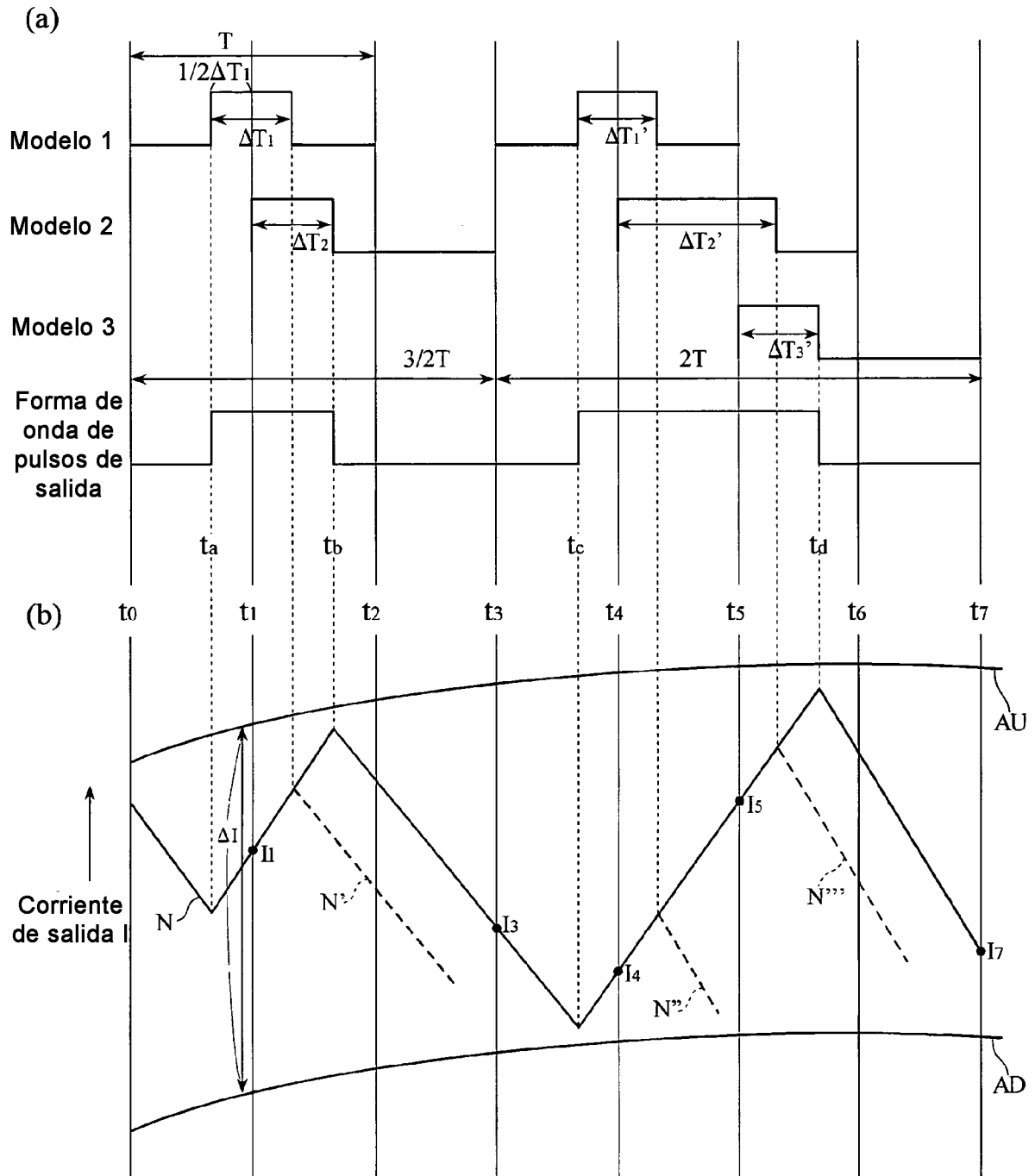


FIG.3

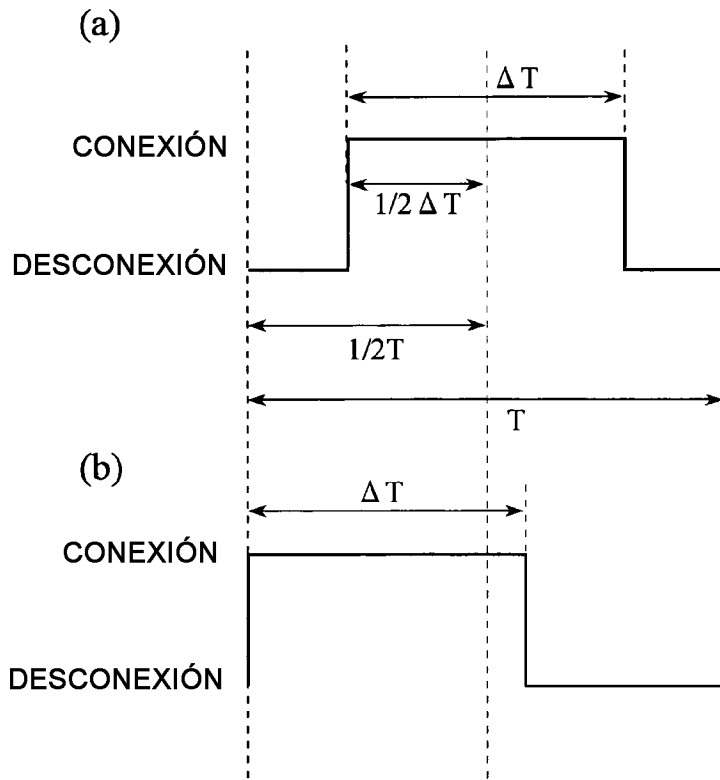


FIG.4

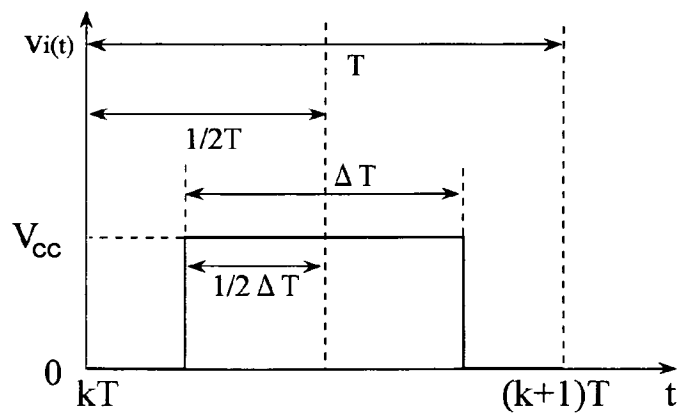


FIG.5

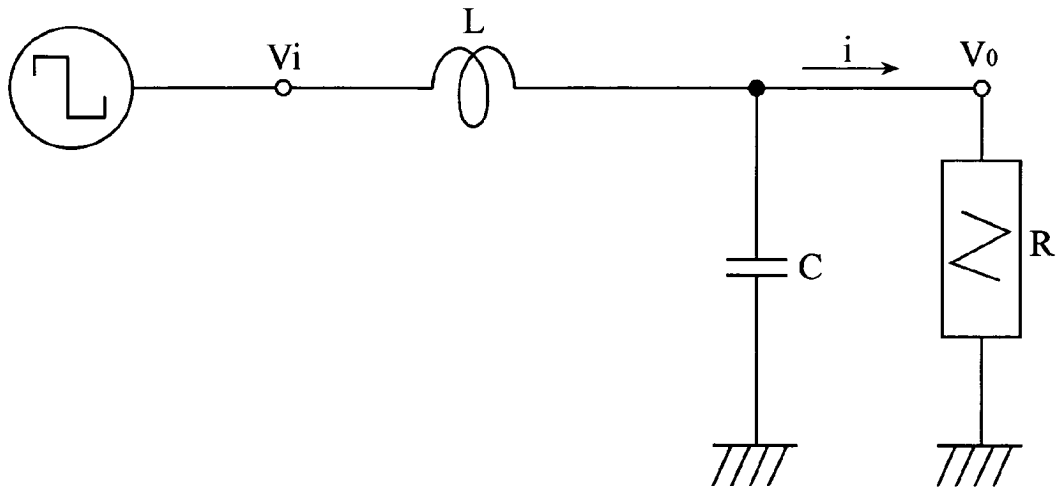


FIG.6

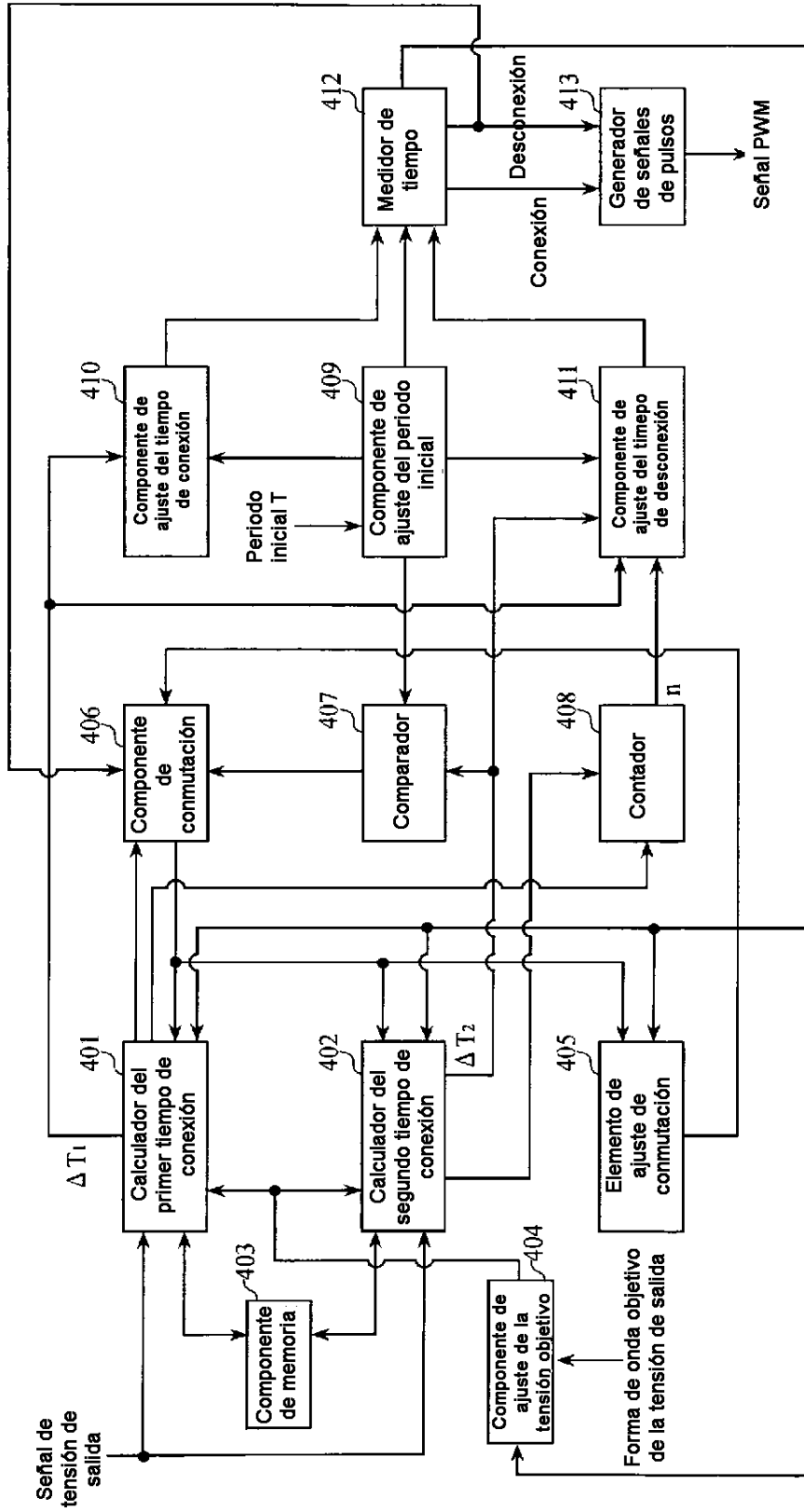


FIG.7

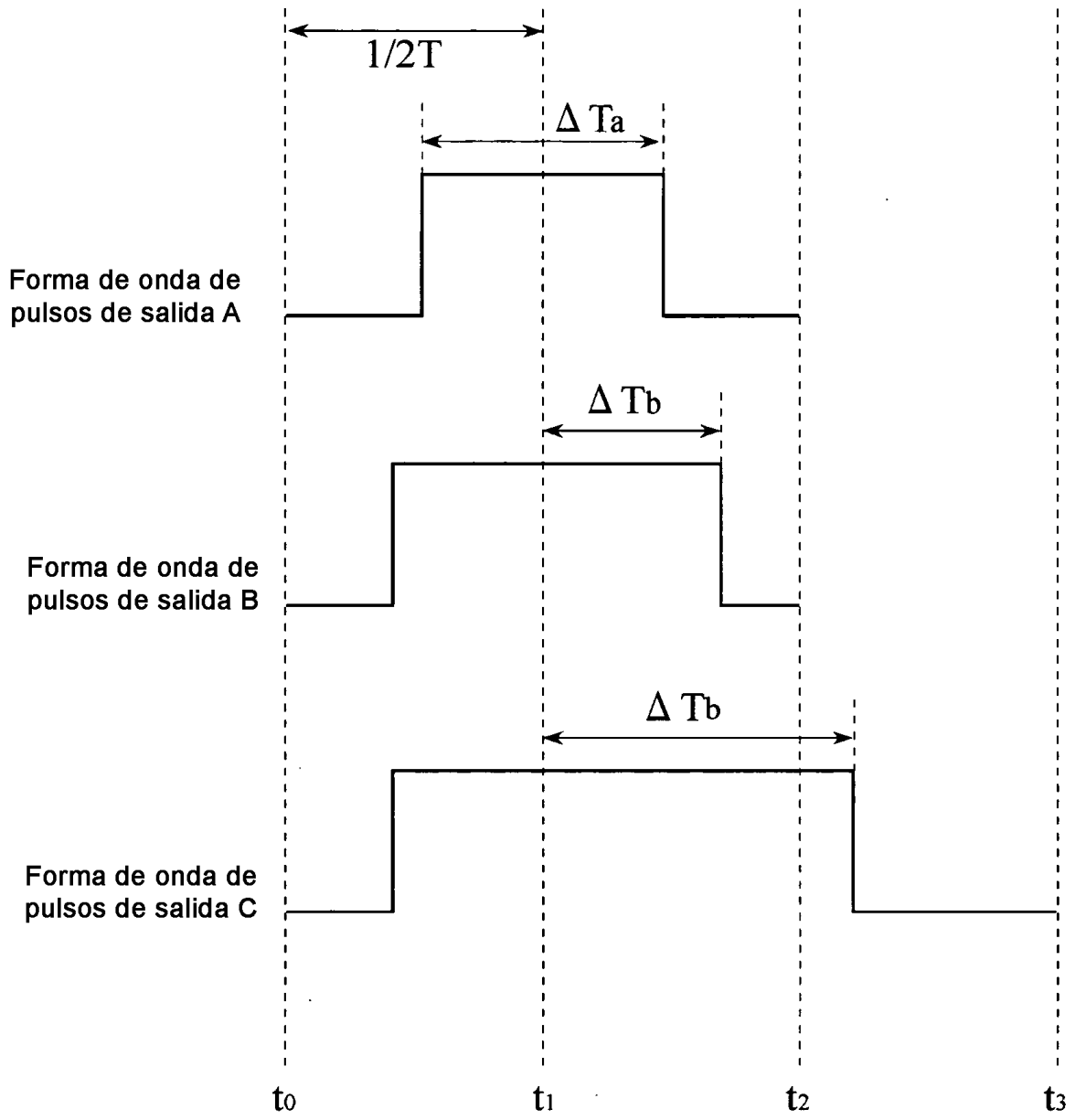


FIG.8

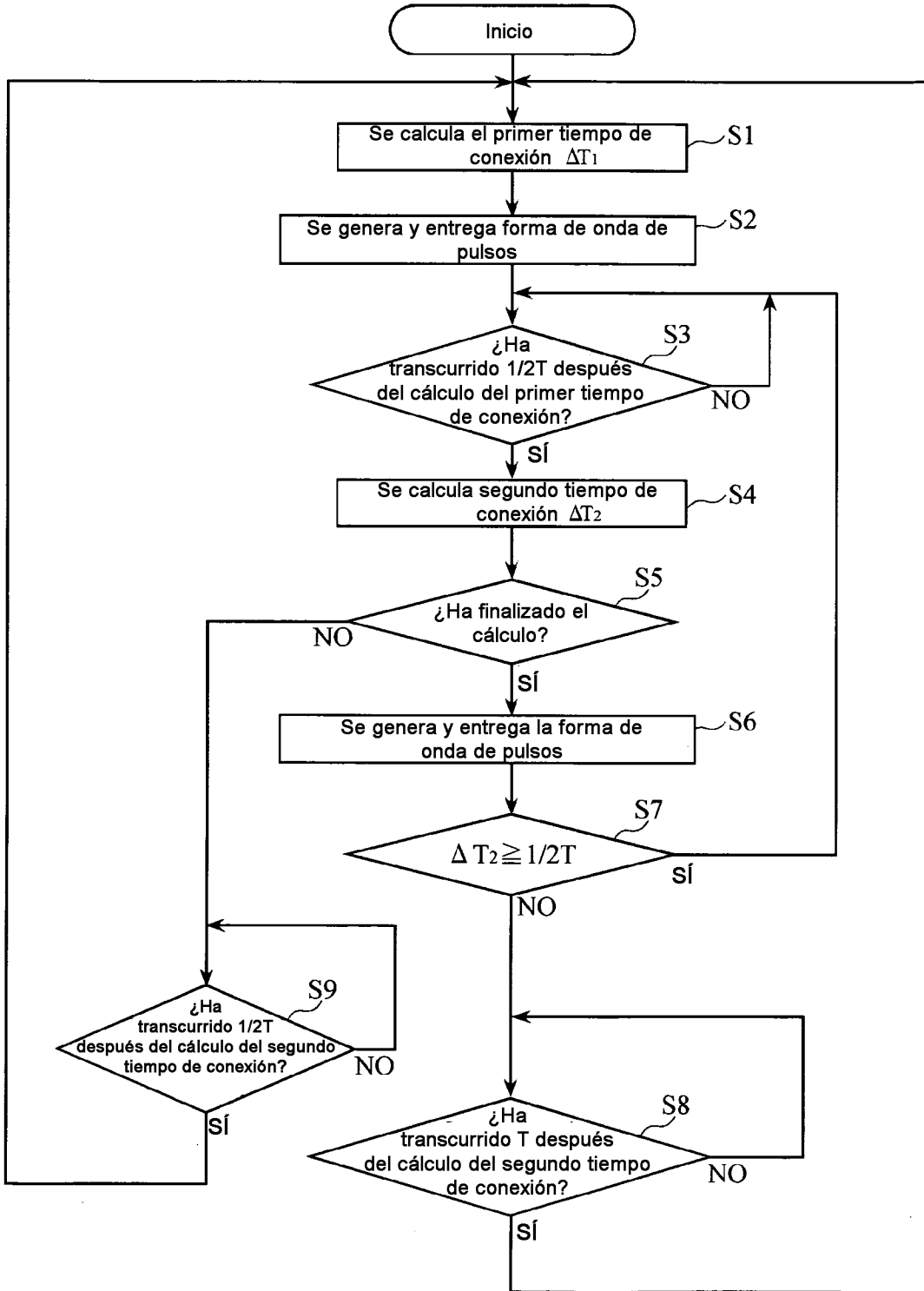


FIG.9

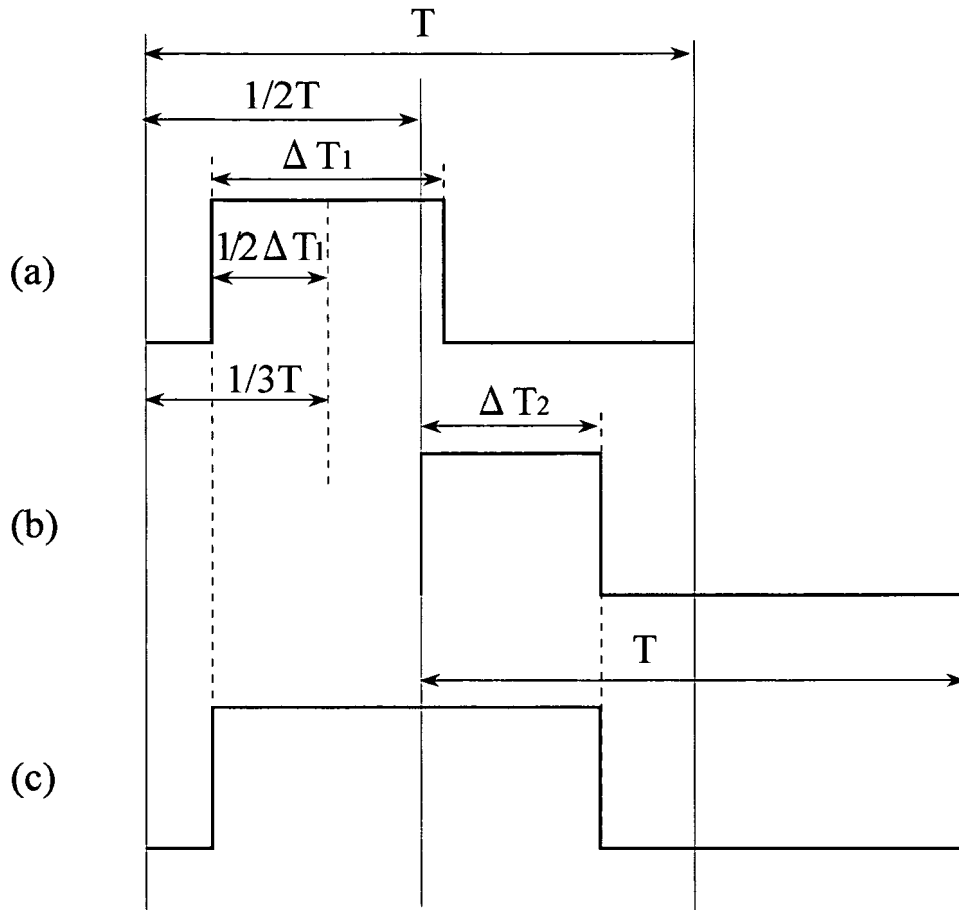


FIG.10

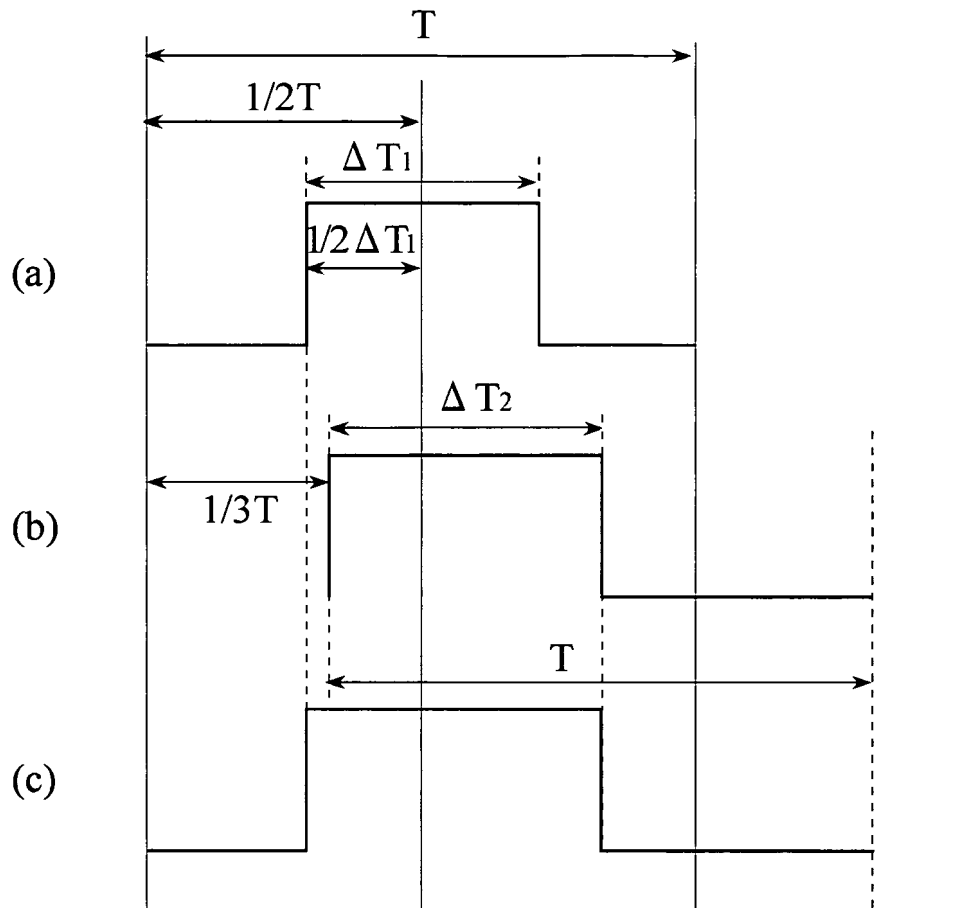


FIG.11

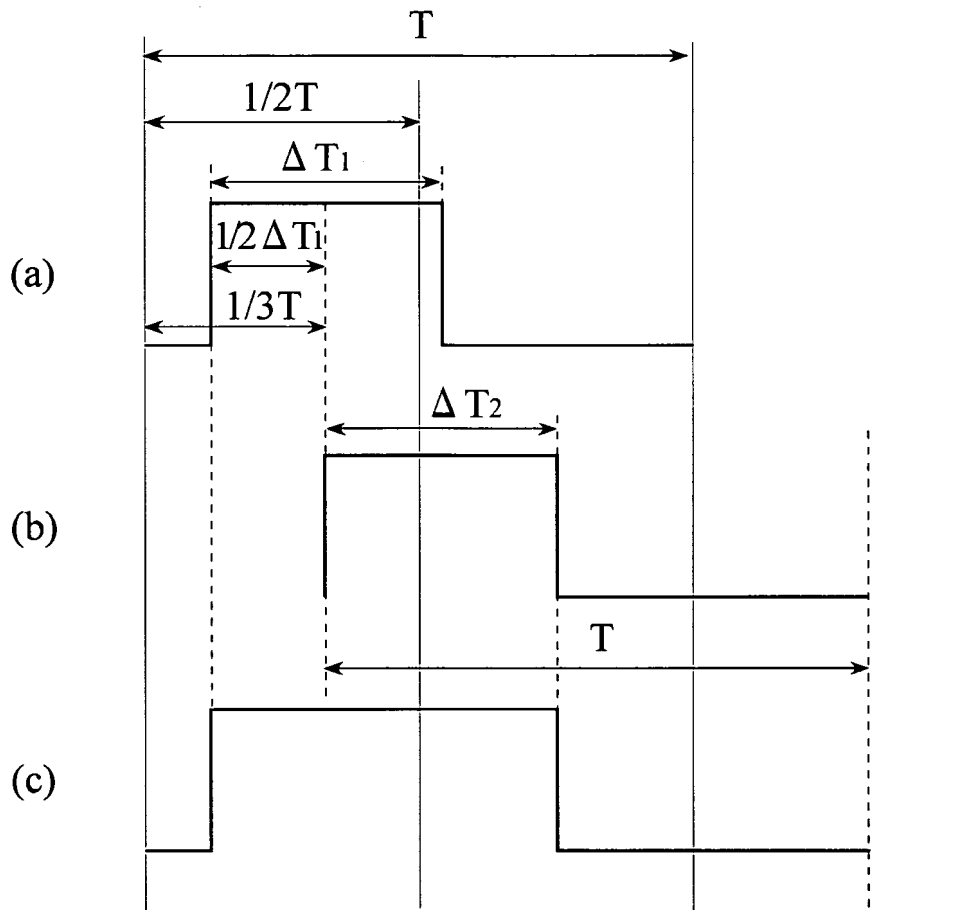


FIG.12

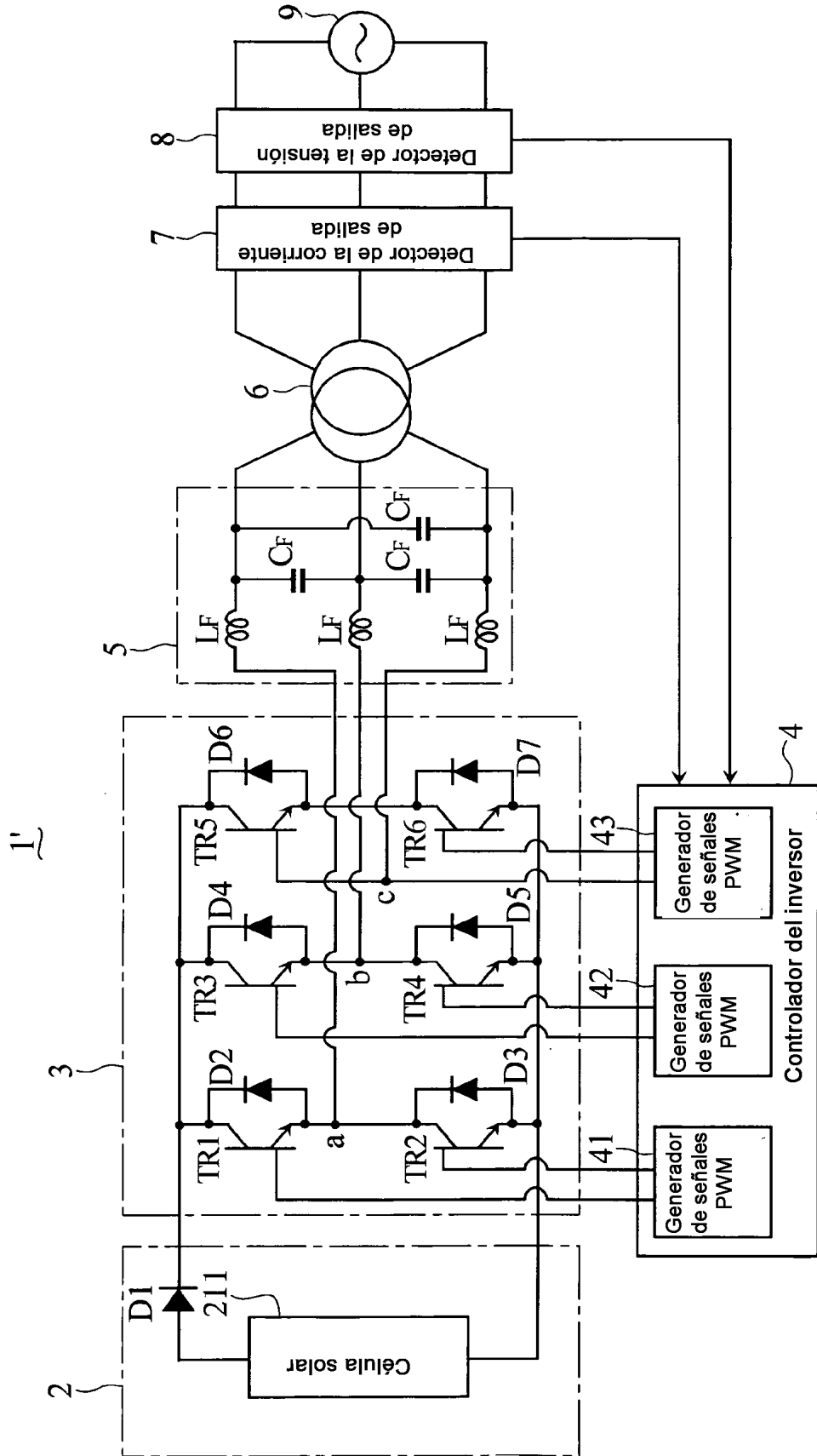


FIG.13

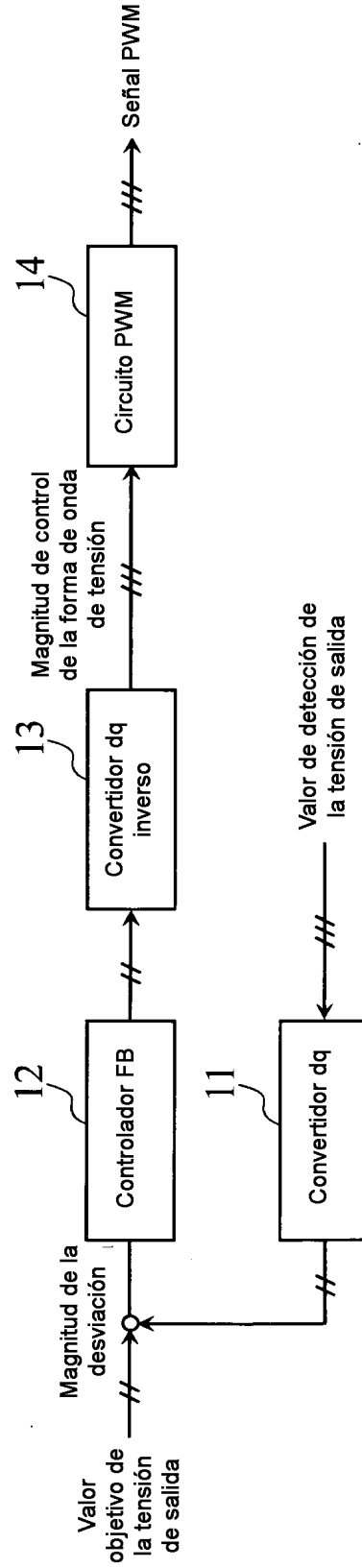


FIG.14

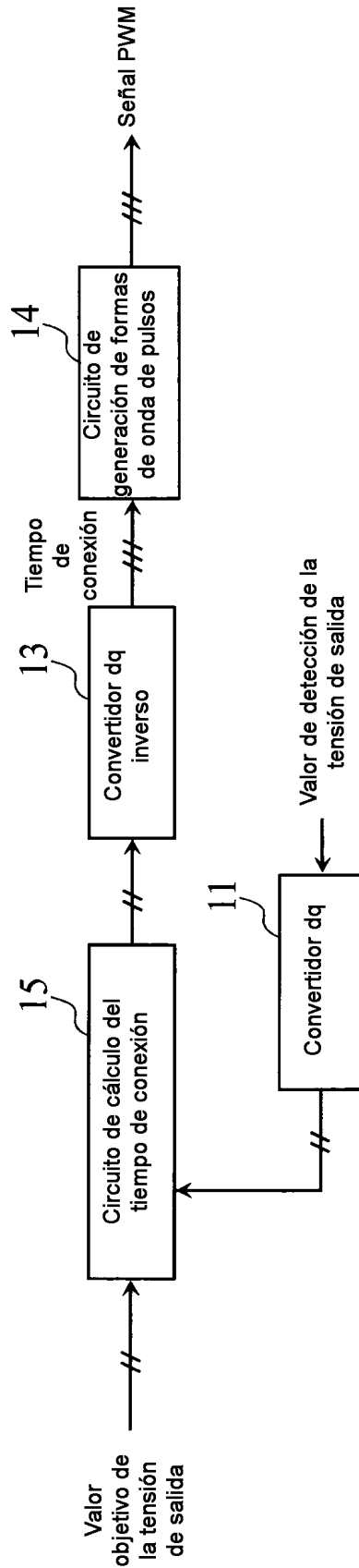


FIG.15

