

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 165**

51 Int. Cl.:

H02M 7/48 (2007.01)
B60L 11/00 (2006.01)
H02M 7/487 (2007.01)
H02M 7/5387 (2007.01)
H02P 21/08 (2006.01)
H02M 1/00 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2008 E 08764741 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2013 EP 2151916**

54 Título: **Aparato de conversión de energía eléctrica**

30 Prioridad:

31.05.2007 WO PCT/JP2007/061062

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

25.11.2013

73 Titular/es:

**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION (100.0%)
7-3, MARUNOUCHI 2-CHOME CHIYODA-KU
TOKYO 100-8310, JP**

72 Inventor/es:

**KAWAMOTO, SYOICHI;
ITO, DAISUKE;
KITANAKA, HIDETOSHI;
HATANAKA, KEITA;
YAMASAKI, HISANORI;
KONO, MASAKI y
KOBAYASHI, TAKAHIKO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 431 165 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

Aparato de conversión de energía eléctrica.

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un aparato de conversión de energía eléctrica que tiene un convertidor y un inversor que convierte la energía eléctrica de CC proporcionada desde el convertidor en energía eléctrica de CA con frecuencia variable/voltaje variable. Especialmente, la invención se refiere a un aparato de conversión de energía eléctrica mediante el cual, cuando un motor está conectado a su lado de salida, puede prevenirse una fluctuación del par del motor debida al rizado debido a la rectificación, generado por el convertidor.

Antecedentes de la técnica

10 Un voltaje a través de un condensador conectado a un lado de CC de un convertidor (al que se hace referencia como un voltaje del condensador) incluye una componente de rizado (rizado de rectificación). Teniendo en cuenta que la frecuencia de la energía eléctrica de una fuente es f_0 , la frecuencia de la componente de rizado es $2 * f_0$ cuando la fuente es de CA monofásica, y $6 * f_0$ cuando la fuente es de CA trifásica.

15 Debido a que el voltaje del condensador es introducido a un inversor, el voltaje de CA proporcionado desde el inversor incluye también el componente de rizado. Cuando la frecuencia de salida del inversor se acerca a la frecuencia de rizado del voltaje del condensador, debido a la diferencia de frecuencia entre los mismos, se produce un fenómeno de pulsación en el que la energía eléctrica de CA, tal como es proporcionada desde el inversor, y un par de torsión del motor accionado por el inversor fluctúan. La razón de la ocurrencia del fenómeno de pulsación se atribuye a las características de amplitud del voltaje de salida del inversor, en las que la característica del lado positivo y la característica del lado negativo no se equilibran durante un ciclo.

20 Se ha considerado un procedimiento para prevenir el fenómeno de pulsación, en el que, en un caso de una componente de rizado incluida en el voltaje de entrada del inversor, la frecuencia de funcionamiento del inversor es variada de manera que el valor de la integral del voltaje en el tiempo para un semiciclo del lado positivo y el de la integral para un semiciclo del lado negativo se igualan iguales entre sí. En este procedimiento, la razón de la variación de la frecuencia de operación del inversor es que el fenómeno de pulsación se produce a una frecuencia que está incluida en una región de voltaje constante y frecuencia variable en la que el voltaje no puede ser controlado (por ejemplo, véase el documento JP H0746918B).

25 Un procedimiento para eliminar o controlar la pulsación ha sido considerado también en un control vectorial, en el que se controla una fase de un vector de voltaje (por ejemplo, véase el documento JP3310193B).

30 Mediante la detección de la componente de rizado del voltaje del condensador, la fase de la componente de rizado detectada es desplazada hacia adelante, y se obtiene un valor de voltaje mediante la suma con una componente de CC del voltaje del condensador. De esta manera, se ha considerado también un procedimiento para controlar un factor de modulación usando el valor del voltaje (por ejemplo, véase el documento JP3540665B).

35 La técnica anterior más relevante incluye el documento de patente US 2004/207360 A1, el artículo "A new PWM method to reduce beat phenomenon in large capacity inverters with low-switching frequency", Iwaji et al., Industrial Application Conference, 1197 (páginas 1.512-1.519). Una técnica anterior relevante adicional se describe en los documentos de patente JP 59 169383 A y JP 01 227693 A.

40 El documento US 2004/207360 A1 describe un controlador de inversor para accionar un motor, que incluye un rectificador que comprende: un reactor, un inversor, un condensador, un generador que genera un valor de consigna de voltaje para cada fase del motor, un detector que detecta un voltaje de CC entre los buses de CC del inversor, un primer corrector que calcula un coeficiente de corrección de voltaje comparando el voltaje de CC con un voltaje de CC de referencia predeterminado, un segundo corrector que corrige el valor de consigna de voltaje multiplicando el valor de consigna de voltaje y el coeficiente de corrección de voltaje, un selector que selecciona entre una modulación bifásica o una modulación trifásica como un tipo de modulación, un ordenador que procesa una frecuencia portadora, y un controlador de modulación de ancho de pulso que controla una modulación del ancho de pulso de manera que un valor de un voltaje a aplicar al motor sea igual al valor de consigna de voltaje corregido usando el tipo de modulación seleccionado y la frecuencia portadora seleccionada.

45 El artículo "A new PWM method to reduce beat phenomenon in large capacity inverters with low-switching frequency" se refiere a la supresión del fenómeno de pulsación en un procedimiento asíncrono de modulación de ancho de pulso (PWM). La relación de la frecuencia portadora a la frecuencia natural debe ser al menos de 15-20 con el fin de suprimir el fenómeno de pulsación. Sin embargo, es imposible conseguir esta condición para inversores de gran capacidad (por ejemplo, inversores con tiristores de puerta de corte rápido), cuando la frecuencia fundamental es alta. En base a la suposición de que el fenómeno de pulsación es causado por un error generado en el

procedimiento PWM, la solución propuesta es la introducción de un compensador para reducir el error. Como resultado, puede reducirse el fenómeno de pulsación para una frecuencia portadora baja.

5 El documento JP 59 169383 A describe un controlador de voltaje de salida para un inversor en un sistema de control vectorial, usado para controlar, de manera precisa, un inversor a pesar de las variaciones en un voltaje de CC, obteniendo el conjunto de valores de voltaje trifásico obtenido por el control vectorial, convirtiendo de bifásico a trifásico el resultado de dividir el valor detectado del voltaje de CC de un inversor por un voltaje de referencia.

El documento JP 01 227693 A describe un aparato y un procedimiento para eliminar una pulsación de par y prevenir que un inversor PWM reduzca su capacidad de salida debido a una pulsación, variando el factor de modulación del control PWM en respuesta a un voltaje de CC.

10 Descripción de la invención

Problemas a resolver por la invención

En el procedimiento convencional para resolver o reducir el fenómeno de pulsación, debido a que la frecuencia del voltaje proporcionado por el inversor fluctúa, se producía un problema cuando si, aplicada al control de velocidad, esa fluctuación de velocidad aumentaba alejándose de un valor de consigna.

15 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un aparato de conversión de energía eléctrica mediante el cual el fenómeno de pulsación pueda ser resuelto o reducido, y pueda realizarse también un control de velocidad seguro.

Medios para resolver el problema

20 Un aparato de conversión de energía eléctrica según la presente invención comprende: un convertidor para rectificar la energía eléctrica de CA, un condensador conectado un lado de CC del convertidor, un inversor para convertir en energía eléctrica de CA una energía eléctrica de CC almacenada en el condensador, una unidad de control de inversor para controlar el inversor, y un dispositivo de medición de voltaje para medir un voltaje del condensador como un voltaje del condensador; en el que la unidad de control del inversor comprende: una unidad de control, no pulsada, para obtener un factor de modulación compensado para calcular un factor de modulación que sea inversamente proporcional al voltaje del condensador, y una unidad de fijación de frecuencia para proporcionar el factor de modulación o el factor de modulación compensado, de una manera conmutada, dentro de un ciclo de una frecuencia de un voltaje de CA proporcionado desde el inversor en un intervalo de frecuencias predeterminado que incluye una frecuencia a la que se produce el fenómeno de pulsación, para fijar a un valor de consigna una frecuencia del voltaje de CA.

Efecto ventajoso de la invención

30 Según el aparato de conversión de energía eléctrica de la presente invención, se obtiene un efecto con el que puede resolverse o reducirse el fenómeno de pulsación, y puede realizarse también un control de velocidad seguro.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una vista para explicar una configuración de un aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 1 de la presente invención.

35 La Fig. 2 es una vista para explicar una configuración interna de una unidad de control de inversor del aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 1 de la presente invención.

La Fig. 3 es una vista para explicar una configuración interna de una unidad de creación de impulsos de puerta del aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 1 de la presente invención.

40 La Fig. 4 es una vista para explicar una relación, en un caso en el que no se usa una unidad de control no pulsada, de las ondas de señal, las ondas portadoras y los voltajes de salida de la fase U y la fase V de un inversor en el aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 1 de la invención. La Fig. 4A es una vista para explicar una relación entre las ondas de señal y las ondas portadoras. Las Figs. 4B a 4D son vistas para explicar los voltajes de salida de un inversor 3, en las que el voltaje de fase U se representa en la Fig. 4B, el voltaje de fase V se representa en la Fig. 4C, y un voltaje entre las líneas U y V de fase se representa en la Fig. 4D, respectivamente.

45 La Fig. 5 es una vista para explicar cómo el aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 1 de la presente invención resuelve o reduce un fenómeno de pulsación, y hace también que la frecuencia de un voltaje de CA no fluctúe. La Fig. 5A es una vista que representa la fluctuación estimada de un voltaje Vdc del condensador. La Fig. 5B es una vista que representa la variación en el tiempo de un factor γ de modulación y un factor γ_1 de modulación compensado. La Fig. 5C es una vista para explicar una relación entre las ondas de señal y las ondas portadoras. Las Figs. 5D a 5F son vistas para explicar los voltajes de salida del inversor 3, en las que el voltaje de la

fase U se representa en la Fig. 5D, el voltaje de la fase V se representa en la Fig. 5E, y el voltaje de la línea UV se representa en la Fig. 5F, respectivamente.

5 La Fig. 6 es una vista para explicar la diferencia de voltaje en la línea UV, el voltaje en la línea VW y el voltaje en la línea WV, entre un caso en el que el factor de modulación es controlado para resolver o reducir el fenómeno de pulsación y un caso en el que el factor no es controlado. La Fig. 6A es una vista para explicar la fluctuación estimada del voltaje Vdc del condensador. Las Figs. 6B a 6D muestran los voltajes de la línea UV, los voltajes de la línea VW y los voltajes de la línea WV respectivos, de entre los cuales los voltajes mostrados en la parte superior corresponden a un caso en el que no se controla el factor de modulación, y los mostrados en la parte inferior corresponden a un caso en el que se controla el factor de modulación.

10 La Fig. 7 es una vista para explicar una configuración de un aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 2 de la presente invención.

La Fig. 8 es una vista para explicar una configuración interna de una unidad de control de inversor del aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 2 de la presente invención.

15 La Fig. 9 es una vista para explicar una configuración interna de una unidad de creación de impulsos de puerta del aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 2 de la presente invención.

20 La Fig. 10 es una vista para explicar cómo el aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 2 de la presente invención resuelve o reduce el fenómeno de pulsación, y hace también que la frecuencia del voltaje de CA no fluctúe. La Fig. 10A es una vista que representa la fluctuación estimada del voltaje Vdc del condensador. La Fig. 10B es una vista que representa una variación en el tiempo del factor γ de modulación y el factor γ_1 de modulación compensado. La Fig. 10C es una vista para explicar una relación entre las ondas de señal y las ondas portadoras. Las Figs. 10D a 10F son vistas para explicar los voltajes de salida del inversor 3, en las que el voltaje de la fase U se representa en la Fig. 10D, el voltaje de la fase V se representa en la Fig. 10E, y el voltaje de la línea UV se representa en la Fig. 10F, respectivamente.

Explicación de las referencias

25 1: Convertidor, 2: Condensador, 2A: Condensador, 2B: Condensador, 3: Inversor, 3A: Inversor, 4: Unidad de control del inversor, 4A: Unidad de control del inversor, 5: Motor, 6: Detector de velocidad, 7U: Amperímetro, 7V: Amperímetro, 8: Voltímetro, 11: Unidad de conversión de coordenadas de tres fases a coordenadas d.q., 12: Unidad de cálculo de consigna de voltaje, 13: Unidad de conversión de coordenadas polares, 14: Unidad de cálculo de frecuencia de deslizamiento, 15: Sumador, 16: Integrador, 17: Sumador, 18: Unidad de cálculo del factor de modulación, 19: Limitador, 20: Unidad de creación de impulsos de puerta, 20A: Unidad de creación de impulsos de puerta, 21: Unidad de control no pulsada, 22: unidad de fijación de frecuencia, 23: Unidad de generación de onda de señal, 24: unidad de generación de onda portadora, 24A: Unidad de generación de onda portadora, 25: Unidad de creación de señal, 25A: Unidad de creación de señal, 26: Dispositivo divisor, 27: Dispositivo multiplicador, 28U: Conmutador, 28V: Conmutador, 28W: Conmutador, 29U: Unidad de determinación de necesidad de compensación la fase U, 29V: Unidad de determinación de necesidad de compensación la fase V, 29W: Unidad de determinación de necesidad de compensación la fase W, 30U: Generador de ondas sinusoidales, 30V: Generador de ondas sinusoidales, 30W: Generador de ondas sinusoidales, 31U: Dispositivo multiplicador, 31V: Dispositivo multiplicador, 31W: Dispositivo multiplicador, H: Onda portadora, H1: Onda portadora de alto nivel, H2: Onda portadora de bajo nivel, SU: Onda de señal de la fase U, SV: Onda de señal la fase V, SW: Onda de señal la fase W, Vdc: Voltaje del condensador, γ : Factor de modulación, γ_1 : factor de modulación compensado.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

Realización 1

La Fig. 1 es una vista que explica una configuración de un aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 1 de la presente invención.

45 Tal como se representa en la Fig. 1, el aparato de conversión de energía eléctrica incluye un convertidor 1 para convertir la energía de CA monofásica en corriente continua, condensadores 2A y 2B conectados en serie entre sí, para almacenar la energía de CC obtenida por la rectificación por el convertidor 1, un inversor 3 conectado en paralelo a los condensadores 2A y 2B, para convertir la energía de CC en energía de CA trifásica de cualquier frecuencia, y una unidad 4 de control de inversor para controlar el inversor 3. La energía de CA proporcionada desde el inversor 3 es suministrada a un motor 5, tal como un motor de inducción.

50 Una frecuencia f_m de rotación del motor 5 es medida por un detector 6 de velocidad. Una corriente I_u de la fase U y una corriente I_v de la fase V entre las corrientes de CA trifásicas proporcionadas desde el inversor 3 son medidas por los amperímetros 7U y 7V, respectivamente. Usando una expresión relacional que representa que la suma de las

corrientes de la fase U, fase V y fase W es igual a cero, se calcula la corriente de la fase W; por lo tanto, la corriente de la fase W no se mide. Pueden medirse las tres corrientes de fase, incluyendo la corriente de la fase W, o, como alternativa, pueden medirse dos corrientes de fase, tales como las de la fase W y la fase U, o la fase V y la fase W. Lo que se considera adecuado/suficiente es medir al menos dos de las componentes trifásicas.

5 El inversor 3 es un dispositivo inversor de tres niveles que puede proporcionar voltajes en tres niveles de potencial, tales como un potencial alto, un potencial bajo y un potencial medio. Un extremo de los condensadores 2A y 2B, conectados en serie entre sí, será un potencial alto, el otro extremo será un potencial bajo, y el punto conectado en serie entre los mismos será un potencial medio. En la práctica, tres conjuntos de condensadores 2A y 2B, conectados en serie, se proporcionan individualmente y dispuestos de manera distributiva cerca del brazo de
10 conmutación de la fase respectiva del convertidor 3. Los tres conjuntos de condensadores están conectados de manera que los niveles de potencial en los respectivos puntos de conexión en serie son equivalentes entre sí. Con el fin de evitar la complicación del dibujo, en la figura sólo se dibuja un conjunto de los condensadores 2A y 2B. En la práctica, puede aplicarse un conjunto, y pueden aplicarse también una pluralidad, diferente de tres, de conjuntos. Cuando se aplica una pluralidad de conjuntos, los condensadores están conectados de manera que los niveles de
15 potencial en todos los puntos de conexión en serie son equivalentes entre sí. Hay provisto un voltímetro 8 para medir un voltaje V_{dc} de condensador que es un voltaje entre ambos extremos de los condensadores 2A y 2B conectados.

La unidad 4 de control de inversor controla el inversor 3 mediante un procedimiento de control vectorial, y también resuelve o reduce el fenómeno de pulsación, sin una fluctuación acompañante de la frecuencia de salida. Al menos el voltaje V_{dc} del condensador, la corriente de salida I_u e I_v de la fase U y la fase V, y la frecuencia f_m de rotación del motor son introducidos a la unidad 4 de control de inversor, tal como se representa en la Fig. 1. Puede introducirse otro valor de medición, y la frecuencia f_m de de rotación del motor puede ser estimada mediante un
20 cálculo usando I_u y I_v , etc., sin introducir la frecuencia f_m .

Una vista para explicar una configuración interna de la unidad 4 de control de inversor se ilustra en la Fig. 2. A continuación, se explican los elementos de configuración de la unidad 4 de control de inversor. Una unidad 11 de conversión de coordenadas de tres fases/coordenadas dq convierte los valores I_u y I_v de entre las corrientes trifásicas en valores I_d y I_q en un sistema de coordenadas dq , y proporciona los valores convertidos. Aquí, un eje d es un eje que gira con un flujo magnético de rotación de un motor, mientras que un eje q es un eje perpendicular al eje d . Una unidad 12 de cálculo de consigna de voltaje calcula V_d^* y V_q^* como valores de consigna de vector de voltaje en el eje d y el eje q , respectivamente, a partir de I_d e I_q , usando un valor I_d^* de consigna de corriente de excitación y un valor I_q^* de consigna de corriente de par que se calculan por separado. Los vectores V_d^* y V_q^* de valores de consigna de voltaje en el sistema de coordenadas dq son convertidos en un valor de amplitud $|V^*|$ y un ángulo θ_v de fase por una unidad 13 de conversión de coordenadas polares.
30

Los valores I_d^* e I_q^* son introducidos a una unidad 14 de cálculo de frecuencia de deslizamiento, y esta proporciona una frecuencia f_s de deslizamiento. Esta f_s es sumada a la frecuencia f_m de rotación del motor 5 por un sumador 15, donde se calcula una frecuencia f_{inv} de salida para el inversor 3. Integrando f_{inv} usando un integrador 16, se calcula un ángulo θ_0 de fase. Sumando el ángulo θ_0 de fase al ángulo θ_v de fase del vector de voltaje usando un sumador 17, se calcula un ángulo θ de fase. El ángulo θ de fase es un ángulo de fase entre el sistema de coordenadas dq y el sistema de coordenadas de tres fases. El ángulo θ de fase es introducido a la unidad 11 de conversión de coordenadas de tres fases/coordenadas dq , donde se realiza la conversión de coordenadas usando el ángulo θ de fase.
40

El voltaje V_{dc} del condensador y el valor $|V^*|$ de amplitud del vector de valor de consigna de voltaje son introducidos a una unidad 18 de cálculo de factor de modulación, y esta proporciona un factor γ_0 de modulación. En la unidad 18 de cálculo de factor de modulación se obtiene una componente V_{av} de CC mediante la eliminación de las componentes de fluctuación de frecuencia superiores a aproximadamente f_0 del voltaje V_{dc} del condensador, y se obtiene el factor γ_0 de modulación dividiendo $|V^*|$ por V_{av} . El factor γ_0 de modulación es introducido a un limitador 19, y el limitador 19 proporciona un factor γ de modulación cuyo límite superior está limitado por debajo de un valor predeterminado. El valor máximo del factor γ de modulación se establece a 1. El limitador 19 se ajusta, en un intervalo de frecuencias en el que se realiza el control no pulsado, de manera que el valor máximo del factor de modulación sea un valor predeterminado menor que 1, tal como 0,95. El valor límite superior por el limitador 19 puede ser variado en función de la frecuencia.
45
50

El ángulo θ de fase, el factor γ de modulación y el voltaje V_{dc} del condensador son introducidos en una unidad 20 de creación de impulsos de puerta desde la que se proporciona un impulso de puerta para controlar el estado ON/OFF de un elemento de conmutación incluido en el inversor 3. La unidad 20 de creación de impulsos de puerta incluye una unidad 21 de control, no pulsada, para resolver o reducir el fenómeno de pulsación, y una unidad 22 de fijación de frecuencia para controlar la frecuencia del voltaje proporcionado desde el convertidor de manera que no fluctúe incluso cuando el controlador 21 no pulsado esté funcionando.
55

La diferencia entre el aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 1 y los aparatos

convencionales es que el voltaje Vdc del condensador es introducido a la unidad 20 de creación de impulsos de puerta, y que la unidad 20 de creación de impulsos de puerta incluye la unidad 21 de control, no pulsada, y la unidad 22 de fijación de frecuencia. En relación a otros asuntos diferentes a los anteriores, pueden aplicarse configuraciones diferentes a las representadas en la Fig. 1 y la Fig. 2.

5 En la Fig. 3 se ilustra una vista para explicar una configuración interna de la unidad 20 de creación de impulsos de puerta. La Fig. 3 representa un caso con respecto a un sistema para controlar, mediante la comparación de la magnitud de una onda de señal con la de una onda portadora, la temporización de inicio/final de un impulso de puerta. En la Fig. 3 se ilustra una configuración en la que el inversor 3 se hace funcionar en un modo de tres impulsos cerca de una frecuencia a la que se produce el fenómeno de pulsación. Aunque se omiten el dibujo y la descripción, también se incluye una configuración para hacer funcionar el inversor de manera similar a uno convencional a una frecuencia distinta que no sea cercana a la frecuencia a la que se produce el fenómeno de pulsación.

10 La unidad 20 de creación de impulsos de puerta incluye, además de la unidad 21 de control, no pulsada, y la unidad 22 de fijación de frecuencia, una unidad 23 de generación de onda de señal para la generación de una onda de señal, una unidad 24 de generación de onda portadora para la generación de ondas portadoras, y una unidad 25 de creación de señal para la creación de un impulso de puerta.

15 El voltaje Vdc del condensador y el factor γ de modulación son introducidos a la unidad 21 de control, no pulsada, que proporciona un factor γ_1 de modulación compensado, que es un valor obtenido dividiendo un valor Vdc de referencia por Vdc usando un dispositivo 26 divisor y multiplicando el valor dividido por el factor γ de modulación usando un dispositivo 27 multiplicador. El factor γ_1 de modulación compensado será inversamente proporcional al voltaje Vdc del condensador.

20 El factor γ de modulación y el factor γ_1 de modulación compensado son introducidos a la unidad 22 de fijación de frecuencia que proporciona γ o γ_1 , de una manera conmutada, con una temporización adecuada, para cada una de las componentes de la fase U, la fase V y la fase W. Hay provistos conmutadores 28U, 28V y 28W en la unidad 22 de fijación de frecuencia, para conmutar entre γ e γ_1 , para cada una de las componentes de la fase U, la fase V y la fase W, a proporcionar. Las salidas de los conmutadores 28U, 28V y 28W se representan como γ_U , γ_V y γ_W , respectivamente. Una operación de conmutación del conmutador 28U es controlada por la salida de una unidad 29U de determinación de necesidad de compensación de la Fase U, una operación de conmutación del conmutador 28V está controlada por la salida de una unidad 29V de determinación de necesidad de compensación de la Fase V, y una operación de conmutación del conmutador 28W es controlada por la salida de una unidad 29W de determinación de necesidad de compensación de la Fase W. El ángulo θ de fase es introducido en la unidad 29U de determinación de necesidad de compensación de la Fase U, la unidad 29V de determinación de necesidad de compensación de la Fase V y la unidad 29W de determinación de necesidad de compensación de la Fase W, y los conmutadores 28U, 28V y 28W son controlados de la siguiente manera. Aquí, la unidad del ángulo de fase es en grados. Un valor de 180 grados es igual a π radianes.

25 La unidad 29U de determinación de necesidad de compensación de la Fase U controla el conmutador 28U de la siguiente manera. Aquí, un período para proporcionar γ_1 se conoce como un período de compensación, mientras que el período para proporcionar γ se conoce como un período de fin de compensación.

30 $\gamma_T = \gamma$, cuando $-30 < \theta < 30$ ó $150 < \theta < 210$,

40 $\gamma_U = \gamma_1$, cuando θ está en el otro intervalo.

La unidad 29V de determinación de necesidad de compensación de la Fase V controla el conmutador 28V de la siguiente manera.

$\gamma_V = \gamma$, cuando $90 < \theta < 150$ ó $270 < \theta < 330$,

$\gamma_V = \gamma_1$, cuando θ está en el otro intervalo.

45 La unidad 29W de determinación de necesidad de compensación de la Fase W controla el conmutador 28W de la siguiente manera.

$\gamma_W = \gamma$, cuando $30 < \theta < 90$ ó $210 < \theta < 270$,

$\gamma_W = \gamma_1$, cuando θ está en el otro intervalo.

50 En un intervalo de frecuencias predeterminado que incluye la frecuencia a la que se produce el fenómeno de pulsación, la unidad 22 de fijación de frecuencia cambia el factor de modulación para proporcionar el factor γ_1 de modulación compensado obtenido por la unidad 21 de control, no pulsada, durante una parte de un período del ciclo,

tal como se ha descrito anteriormente. En un intervalo de frecuencias en el que no se produce el fenómeno de pulsación, se hace que la unidad 21 de control, no pulsada, no funcione, o la unidad 22 de fijación de frecuencia es controlada para proporcionar el factor γ de modulación durante todo el tiempo. La razón es que, a una frecuencia más alta que a la que se produce el fenómeno de pulsación, es ventajoso para la eficiencia de conversión del aparato de conversión de energía eléctrica, la realización de la operación con el factor de modulación igual a 1 como valor máximo. Aquí, la unidad 21 de control, no pulsada, y la unidad 22 de fijación de frecuencia pueden ser controladas para funcionar todo el tiempo.

La unidad 23 de generación de onda de señal incluye generadores 30U, 30V y 30W de ondas sinusoidales a los que se introduce una onda cuyo ángulo de fase es θ , y desde los que se proporcionan las ondas sinusoidales respectivas de la fase U, la fase V y la fase W en las que cada una tiene una diferencia de ángulo de fase de $2\pi/3$ radianes, y dispositivos 31U, 31V y 31W multiplicadores para multiplicar las señales sinusoidales respectivas por uno cualquiera de los factores γ_U , γ_V y γ_W de modulación. Las señales proporcionadas desde los dispositivos 31U, 31V y 31W multiplicadores son una señal sinusoidal SU de la fase U, una señal sinusoidal SV de la Fase V y la señal sinusoidal SW de la Fase W, respectivamente. En la Fig. 4 se ilustra una vista para explicar una relación, cuando no se usa la unidad de control, no pulsada, de las ondas de señal, las ondas portadoras y los voltajes de salida de la fase U y la fase V del inversor 3. La Fig. 4A es una vista para explicar una relación entre las ondas de señal y las ondas portadoras. En la Fig. 4A la señal de señal SW de la fase W se omite por simplicidad. Las Figs. 4B a 4D son vistas para explicar los voltajes de salida del inversor 3, en las que el voltaje de fase U se representa en la Fig. 4B, el voltaje de la fase V se representa en la Fig. 4C, y un voltaje entre las líneas de fase U y fase V se representa en la Fig. 4D, respectivamente. En las Figs. 4A a 4D, las intersecciones entre las ondas de señal y las ondas portadoras corresponden a las posiciones en las que se producen los cambios en el valor del voltaje de la fase U, el voltaje de la fase V y el voltaje entre las líneas de fase U y fase V. En relación al voltaje de línea, tal como el voltaje de la línea UV representado en la Fig. 4D, las partes sombreadas situadas sobre y debajo de la línea de voltaje 0 se denominan impulsos de primera etapa, y las partes no sombreadas situadas sobre o debajo de los impulsos de primera etapa se conocen como impulsos de segunda etapa.

En el intervalo de frecuencias predeterminado que incluye la frecuencia a la que se produce el fenómeno de pulsación, una onda portadora H1 de alto nivel y una onda portadora H2 de bajo nivel, que son ondas triangulares cuya frecuencia es el doble de la de las ondas de señal, son proporcionadas por la unidad 24 de generación de onda portadora. Los tiempos en los que los niveles de la onda portadora H1 de alto nivel y la onda portadora H2 de bajo nivel obtienen su valor máximo y mínimo coinciden entre sí, de manera que la diferencia entre estos niveles es constante todo el tiempo.

Cada una de las ondas de señal SU, SV y SW de la fase U, la fase V y la fase W se comparan con la onda portadora H1 de alto nivel y la onda portadora H2 de bajo nivel en la unidad 25 de creación de señal, que proporciona impulsos 1 y 2 de puerta para la fase U, fase V y la fase W. Cuando el nivel de la onda de señal es mayor que el de la onda portadora H1 de alto nivel, el impulso 1 de puerta se convierte en 1, y en el otro caso el pulso se convierte en 0. Cuando el nivel de la onda de señal es más alto que el de la onda portadora H2 de bajo nivel, el impulso 2 de puerta se convierte en 1, y en el otro caso el impulso se convierte en 0. En correspondencia con el estado de los impulsos 1 y 2 de puerta, las siguientes señales de potencial son proporcionadas desde cada uno de los brazos de conmutación de fase del inversor 3. Aquí, debido a que la onda portadora H1 de alto nivel $>$ la onda portadora H2 de bajo nivel durante todo el tiempo, cuando el impulso 1 de puerta es 1, el impulso de puerta 2 nunca se convierte en 0.

(A) cuando tanto ambos impulsos 1 y 2 de puerta son 1, se proporciona una señal de salida de alto potencial.

(B) cuando el impulso 1 de puerta es 0, y el impulso 2 de puerta es 1, se proporciona una señal de salida de potencial medio.

(C) cuando ambos impulsos 1 y 2 de puerta son 0, se proporciona una señal de salida de bajo potencial.

Las Figs. 4B a 4D muestran que se consiguen las relaciones anteriores. Aquí, en la Fig. 4B y la Fig. 4C, entre los puntos de tránsito en los que los voltajes de la fase U y la fase V cambian, los indicados con una marca con forma de rombo indican los puntos cuyos tiempos pueden ser variados por el control no pulsado. El tiempo no se varía para los puntos sin marca con forma de rombo, es decir, los puntos de transición en los que se producen los cambios de voltaje entre el potencial alto o el potencial bajo y el potencial medio, en la región donde el potencial alto y el potencial bajo son contiguos uno al otro, con el potencial medio interpuesto entre los mismos. La razón es que, el número de puntos en los que el potencial alto y el potencial bajo que rodean la señal de potencial medio están contiguos uno al otro son sólo dos dentro de un ciclo, y mediante la fijación a valores predeterminados de los tiempos de estos dos puntos en relación con la onda portadora o la fase de la onda de señal, la frecuencia de la onda fundamental del voltaje de CA proporcionado desde el inversor 3 puede ser fijada.

En la Fig. 5 se ilustra una vista para explicar que el aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 1 de la presente invención resuelve o reduce el fenómeno de pulsación, y también hace que la frecuencia del voltaje

de CA no fluctúe. La fluctuación estimada del voltaje Vdc del condensador se representa en la Fig. 5A, y el factor γ de modulación y el factor γ_1 de modulación compensado se representan en la Fig. 5B. En la Fig. 5C, se ilustra una vista para explicar una relación entre las ondas de señal y las ondas portadoras. En la Fig. 5C, la onda de señal de la fase W se omite por simplicidad. Las Figs. 5D a 5F son vistas para explicar los voltajes proporcionados desde el inversor 3, en las que el voltaje de la fase U, el voltaje de la fase V y el voltaje de línea UV se representan en la Fig. 5D, la Fig. 5E y la Fig. 5F, respectivamente.

La Fig. 5 representa un caso en el que la frecuencia de un rizado del voltaje Vdc del condensador y la frecuencia de la corriente CA proporcionada desde el inversor 3 coinciden entre sí. La Fig. 5 muestra el rizado del voltaje Vdc del condensador durante un ciclo. Tal como se representa en la Fig. 5A, en la primera mitad del ciclo, el valor de Vdc aumenta y, a continuación, vuelve al valor de referencia, y en la segunda mitad del ciclo, el valor disminuye y, a continuación, vuelve al valor de referencia. Tal como se representa en la Fig. 5B, el factor γ de modulación es constante durante el ciclo mostrado en la figura. Debido a que el factor γ_1 de modulación compensado es inversamente proporcional al voltaje Vdc del condensador, en la primera mitad del ciclo, el valor de γ_1 disminuye y vuelve al valor de referencia, y en la segunda mitad del ciclo, el valor aumenta y, a continuación, vuelve al valor de referencia.

En la Fig. 5C, la onda de señal SU de la fase U y la onda de señal SV de la fase V varían, de manera discontinua, en los límites entre períodos de compensación y los períodos de fin de compensación. La razón es que el factor γ de modulación y el factor γ_1 de modulación compensado se conmutan entre sí en esos tiempos. En relación a la onda de señal SU de la fase U y la onda de señal SV de la fase V durante los períodos de compensación, debido a que el factor γ_1 de modulación compensado es multiplicado, la magnitud de las ondas en la primera mitad del ciclo es menor que la amplitud en el caso de la Fig. 4, mientras que es mayor en la segunda mitad del ciclo. En relación a la onda de señal SU de la fase U y la onda de señal SV de la fase V durante los períodos de fin de compensación, la magnitud de las ondas es igual a la magnitud en el caso de la Fig. 4. Debido a que la magnitud de la onda de señal SU de la fase U y la onda de señal SV de la fase V durante los períodos de compensación es diferente de la de la Fig. 4, los tiempos de los puntos de transición indicados con una flecha entre los puntos en los que el voltaje de la fase U o el voltaje de la fase V cambian, tal como se muestra en la Fig. 5D y la Fig. 5E, se mueven en las direcciones respectivas asignadas por las flechas. Como resultado, con respecto al voltaje de la línea UV representado en la Fig. 5F, la anchura de los impulsos de segunda etapa se estrecha durante la primera mitad del período, mientras que se ensancha durante la segunda mitad del período. Debido a que el tiempo de cambio de fase-voltaje durante el período de fin de compensación, que se determina por el tiempo en los puntos en los que la onda de la señal y la onda portadora de alto nivel o la onda portadora de bajo nivel se cruzan entre sí, no varía, incluso si el voltaje Vdc del condensador varía, el tiempo de inicio y el tiempo final de los impulsos de primera etapa del voltaje de línea tampoco varían.

Aquí, los tiempos en los que se producen los cambios de voltaje entre el potencial alto y el potencial medio, y entre el potencial bajo y el potencial medio, en la región de cada impulso de voltaje de salida de fase donde el potencial alto y el potencial bajo son contiguos entre sí con el potencial medio interpuesto entre los mismos, se determinan a partir de los tiempos de los puntos en los que la onda de señal cruza la onda portadora de alto nivel o la onda portadora de bajo nivel durante el período de fin de compensación. Por lo tanto, los tiempos en los que se producen los cambios de voltaje entre el potencial alto y el potencial medio, y entre el potencial bajo y el potencial medio en la región donde el potencial alto y el potencial bajo son contiguos entre sí con el potencial medio interpuesto entre los mismos, se fijan en relación a la fase de la onda portadora o la onda de señal, y el intervalo entre los tiempos en los que se producen los cambios de voltaje entre el potencial alto y el potencial medio y entre el potencial bajo y el potencial medio es también fijo.

En la Fig. 6 se ilustra una vista para explicar la diferencia en el voltaje de línea UV, el voltaje en la línea VW y el voltaje en la línea WV, entre un caso en el que el factor de modulación es controlado para resolver o reducir el fenómeno de pulsación y un caso en el que el factor no es controlado. La Fig. 6A es una vista para explicar la fluctuación estimada del voltaje Vdc del condensador, que es el mismo que el de la Fig. 5A. En las Figs. 6B a 6D, se representan los voltajes de la línea UV, los voltajes de la línea VW y los voltajes de la línea WV, en los que los voltajes mostrados en la parte superior son para un caso sin control del factor de modulación y los voltajes mostrados en la parte inferior son para un caso con control del factor de modulación.

Tal como se representa en la Fig. 6, se observa que la fluctuación del voltaje Vdc del condensador está reflejada en los voltajes de línea. En consecuencia, en el caso en el que no se controla el factor de modulación, las áreas de una parte en la que el voltaje de línea es mayor que cero y una parte en la que el voltaje es menor que cero son diferentes entre sí, para cada ciclo del voltaje de la línea; por lo tanto, se observa la ocurrencia del fenómeno de pulsación. En el caso en el que se controla el factor de modulación, la anchura de los impulsos de segunda etapa se acorta en la región de aumento de voltaje de línea, mientras que la anchura se amplía en la región de reducción del voltaje de línea. En consecuencia, la diferencia entre las áreas de una parte en la que el voltaje de línea es mayor que cero y una parte en la que el voltaje es menor que cero para cada ciclo de voltaje de línea se hace más pequeña

que la diferencia en el caso en el que no se controla el factor de modulación; por lo tanto, se observa que se reduce el fenómeno de pulsación. Además, se observa también que la diferencia entre las áreas de las partes cuyos voltajes de línea son mayores que cero (o menores que cero) para cada ciclo del voltaje de línea es pequeña.

5 El tiempo de inicio y el tiempo de final de los impulsos de primera etapa no varían independientemente de si el factor de modulación es controlado o no controlado e, incluso en el caso en el que el factor de modulación es controlado, se observa que la fase y la frecuencia del voltaje de salida del inversor no varían. Debido a que la frecuencia y la fase del voltaje de salida del inversor no varían, su control vectorial puede ser realizado de manera segura y estable. Este hecho significa que, cuando se aplica a un coche de ferrocarril eléctrico, etc., puede reducirse la fluctuación de velocidad con respecto a un valor de consigna bajo control de velocidad, y puede llevarse a cabo un control más seguro y estable.

10 Este aparato puede ser aplicado a un motor que no sólo es un motor de inducción, sino también un motor síncrono. En el motor síncrono, debido a que su par de torsión se decide por una diferencia de fase entre un voltaje terminal y una fuerza electromotriz interna, la falta de variación de estas fases conduce también a un control seguro y estable del par de torsión.

15 Debido a que el factor de modulación se compensa mediante la división por el voltaje del condensador, no hay necesidad de proporcionar un dispositivo para extraer el rizado del voltaje del condensador o para compensar el retraso de tiempo de la detección de rizado, lo que resulta en un efecto adicional de que puede reducirse el número de partes. Un voltaje correspondiente a un voltaje del condensador, usado para compensar el factor de modulación, puede ser generado mediante la detección del rizado y usando la componente de CC y la componente de rizado incluida en el rizado.

20 Aunque se ha explicado el procedimiento en el que el tiempo de generación del impulsos de puerta es controlado comparando la magnitud de la onda de señal con la magnitud de la onda portadora, puede adoptarse cualquier otro procedimiento, con la condición de que no se produzca el fenómeno de pulsación o el mismo pueda reducirse incluso si el voltaje del condensador fluctúa y, además, puede obtenerse dicha una temporización de la generación de impulsos de puerta mediante la cual la diferencia entre la frecuencia y la fase de la componente de la onda fundamental del voltaje de salida y su valor de consigna esté dentro de un intervalo permisible. Por ejemplo, la temporización de generación de impulsos de puerta puede obtenerse mediante el almacenamiento de los voltajes del condensador durante el período previo a un ciclo y en base a la suposición de que se producirá una variación similar a la de los voltajes del condensador almacenados para ese período. Además, si los valores objetivo de los voltajes positivos o negativos en un ciclo y su valor de integración en el tiempo para cada fase se determinan previamente, puede determinarse la temporización de la generación de impulsos de puerta, cuando el valor de integración en el tiempo en un ciclo es diferente del valor objetivo, de manera que la diferencia se aproxima a cero.

Realización 2

35 La Fig. 7 es una vista para explicar una configuración de un aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 2 de la presente invención. La Fig. 7 representa un caso en el que se usa un inversor de dos niveles. Sólo se explican aquellos puntos que son diferentes a los del caso representado en la Fig. 1, en el que se usa el inversor de tres niveles.

40 Un condensador 2 para almacenar energía eléctrica de CC obtenida por la rectificación por el convertidor 1 está configurado con un único condensador o una pluralidad de condensadores conectados en paralelo entre sí. Un extremo del condensador 2 tiene un potencial alto, mientras que el otro extremo tiene un potencial bajo, y el condensador 2 no tiene un punto de voltaje medio. Un inversor 3A es un inversor de dos niveles para proporcionar potenciales de dos niveles, tales como un potencial alto y un potencial bajo.

Una unidad 4A de control de inversor controla el inversor 3A de dos niveles, y sus señales de entrada son las mismas que las de la Realización 1.

45 En la Fig. 8, se ilustra una vista para explicar una configuración interna de la unidad 4A de control de inversor. Hay provista una unidad 20A de creación de impulsos de puerta que está adaptada al inversor 3A de dos niveles.

50 En la Fig. 9, se ilustra una vista para explicar una configuración interna de la unidad 20A de creación de impulsos de puerta. Una unidad 24A de generación de onda portadora proporciona una única onda portadora. Una unidad 25A de creación de señal genera, mediante la comparación de la onda portadora única con la señal de la fase U, la fase V y la fase W, un impulso de la fase U, la fase V y la fase W.

En un intervalo de frecuencias predeterminado, que incluye una frecuencia en la que se produce el fenómeno de pulsación, la unidad 24A de generación de onda portadora proporciona una onda portadora H como una onda triangular que tiene una frecuencia tres veces más alta que la onda de señal.

La unidad 25A de creación de señal proporciona, mediante la comparación de la onda de la señal SU, SV y SW de la fase U, la fase V y la fase W con la onda portadora H, impulsos de puerta con respecto a la fase U, la fase V y la fase W. Cuando la magnitud de la onda de señal es mayor que la de la onda portadora, el valor del impulso de puerta es "1", mientras que en los demás casos, el valor es "0".

5 La Fig. 10 ilustra una vista para explicar la manera en la que el aparato de conversión de energía eléctrica según la Realización 2 de la presente invención resuelve o reduce el fenómeno de pulsación, y la manera en la que se consigue que la frecuencia del voltaje de CA no fluctúe. La Fig. 10A es una vista que representa la fluctuación del voltaje Vdc estimado del condensador. La Fig. 10B es una vista que representa la variación en el tiempo del factor y de modulación y el factor γ_1 de modulación compensado. Aquí, la Fig. 10A es la misma que la Fig. 5A, mientras que
10 la Fig. 10B es la misma que la Fig. 5B. La Fig. 10C es una vista para explicar una relación entre las ondas de señal y la onda portadora. Las Figs. 10D a 10F son vistas para explicar los voltajes proporcionados desde el inversor 3, en las que el voltaje de la fase U, el voltaje de la fase V y el voltaje de la línea UV se representan en la Fig. 10D, la Fig. 10E y la Fig. 10F, respectivamente.

15 Con relación a cada uno de los impulsos, el voltaje es "1" durante un período en el que cada magnitud de las ondas de señal es mayor que la de la onda portadora, mientras que el voltaje es "0" durante el otro período. Los tiempos en los que tanto la onda de señal como la onda portadora son "0", para los que se usan marcas circulares en los datos de la fase U y se usan marcas triangulares en los datos de la fase V, no varían incluso cuando el voltaje Vdc del condensador fluctúa. Los tiempos en los que la onda de señal y la onda portadora se cruzan entre sí cerca de sus amplitudes máximas, varían con una fluctuación del voltaje Vdc del condensador. Aquí, el valor "1" significa que el
20 voltaje Vdc del condensador es proporcionado directamente como un voltaje de CA. El valor "0" significa que se proporciona el voltaje cero.

Cada uno de entre los impulsos de la fase U y la fase V tiene una forma en la que toman los valores "0" y "1" cada medio ciclo. Existe un período "1", cuyo intervalo fluctúa con la fluctuación del voltaje Vdc del condensador, en las proximidades del centro del período "0". Un período "0" cuyo intervalo fluctúa con la fluctuación del voltaje del condensador, existe también en la proximidad del centro del período "1". Los períodos cuyos intervalos fluctúan se hacen más largos cuando el voltaje Vdc del condensador es mayor, mientras que se hacen más cortos cuando el voltaje del condensador es menor.

25 El voltaje de la línea UV tiene un período del voltaje "0" para un ángulo eléctrico que es de aproximadamente 60 grados para cada medio ciclo, y los períodos de los voltajes "1" y "-1" intercalando ese período del voltaje "0". Los tiempos de inicio de los períodos del voltaje "0" con el ángulo eléctrico de 60 grados para cada fase, son constantes con su intervalo de 120 grados. Por lo tanto, la frecuencia del voltaje de la línea UV es fija. Existen dos períodos del voltaje de "0" en un período del voltaje de "1" o "-1". La anchura de estos períodos varía con una fluctuación del voltaje del condensador. Por lo tanto, el valor de integración en el tiempo del voltaje durante el periodo del voltaje "1" es aproximadamente igual al del período de voltaje "-1". Por consiguiente, puede reducirse el fenómeno de
30 pulsación.

Tal como se ha descrito anteriormente, incluso en el inversor de dos niveles, se observa también que la fase y la frecuencia del voltaje de salida desde el inversor no varían, cuando el factor de modulación es controlado para reducir el fenómeno de pulsación. Debido a que la frecuencia y la fase del voltaje de salida desde el inversor no varían, el control vectorial puede ser realizado de manera segura y estable. Este hecho significa que, cuando se
40 aplica a un coche de ferrocarril eléctrico, etc., puede reducirse la fluctuación de velocidad con respecto a un valor de consigna cuando la velocidad es controlada, y puede llevarse a cabo un control más seguro y estable.

Cada una de las configuraciones representadas en las realizaciones anteriores es un ejemplo de los contenidos de la presente invención, y puede ser combinada con otra tecnología de la técnica anterior, y también puede ser modificada, por ejemplo, omitida parcialmente, dentro de un rango sin apartarse de la esencia de la presente
45 invención.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de conversión de energía eléctrica que comprende:
un convertidor (1) para rectificar una energía eléctrica de CA;
un condensador (2) conectado a un lado de CC del convertidor (1);
- 5 un inversor (3) para convertir en energía eléctrica de CA la energía eléctrica de CC almacenada en el condensador (2);
una unidad (4) de control de inversor para controlar el inversor (3); y
un dispositivo (8) de medición del voltaje para la medición de un voltaje del condensador, como un voltaje del condensador (2);
- 10 en el que la unidad (4) de control de inversor comprende una unidad (21) de control, no pulsada, para obtener un factor de modulación compensado mediante el cálculo de un factor de modulación para que sea inversamente proporcional al voltaje del condensador,
caracterizado por que la unidad (4) de control de inversor comprende además una unidad (22) de fijación de frecuencia para proporcionar el factor de modulación o el factor de modulación compensado, en una manera conmutada, dentro de un ciclo de una frecuencia de un voltaje de CA proporcionado desde el inversor en un intervalo de frecuencias predeterminado que incluye una frecuencia en la que se produce un fenómeno de pulsación, para fijar a un valor de consigna una frecuencia del voltaje de CA.
- 15
2. Aparato de conversión de energía eléctrica según la reivindicación 1, en el que la unidad de fijación de frecuencia cambia el factor el factor de modulación para proporcionar el factor de modulación compensado obtenido por la unidad de control no pulsada durante una parte del periodo de un ciclo en un intervalo de frecuencia predeterminado en el que se produce un fenómeno de pulsación, y proporciona el factor de modulación en un intervalo de frecuencias predeterminado en el que no se produce el fenómeno de pulsación.
- 20
3. Aparato de conversión de energía eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el condensador (2) consiste en un conjunto de condensadores (2A, 2B) conectados en serie.
- 25
4. Aparato de conversión de energía eléctrica según la reivindicación 3, en el que el inversor (3) proporciona CA trifásica mediante la selección de un potencial alto, un potencial bajo o un potencial medio, dicho potencial alto representado en un extremo del conjunto de condensadores (2A) conectados en serie, dicho potencial bajo representado en el otro extremo del conjunto de condensadores (2B) conectados en serie y dicho potencial medio representado en un punto de conexión entre los condensadores.
- 30
5. Aparato de conversión de energía eléctrica según la reivindicación 4, en el que la unidad (22) de fijación de frecuencia fija, para cada fase, los tiempos de los puntos de transición en los que se producen cambios en el voltaje de fase entre el potencial alto o el potencial bajo y el potencial medio en la región en la que el potencial alto y el potencial bajo son contiguos entre sí con el potencial medio interpuesto entre los mismos para valores predeterminados en relación a una onda portadora o una onda de señal de fase dentro de un ciclo, para fijar al valor de consigna de una frecuencia de onda fundamental de cada voltaje de fase de CA proporcionado desde el inversor (3).
- 35
6. Aparato de conversión de energía eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la unidad (21) de control, no pulsada, y la unidad (22) de fijación de frecuencia se hacen funcionar en un intervalo de frecuencias predeterminado en el que está incluida una frecuencia de fluctuación del voltaje del condensador generado según la rectificación por el convertidor (1).
- 40

FIG.1

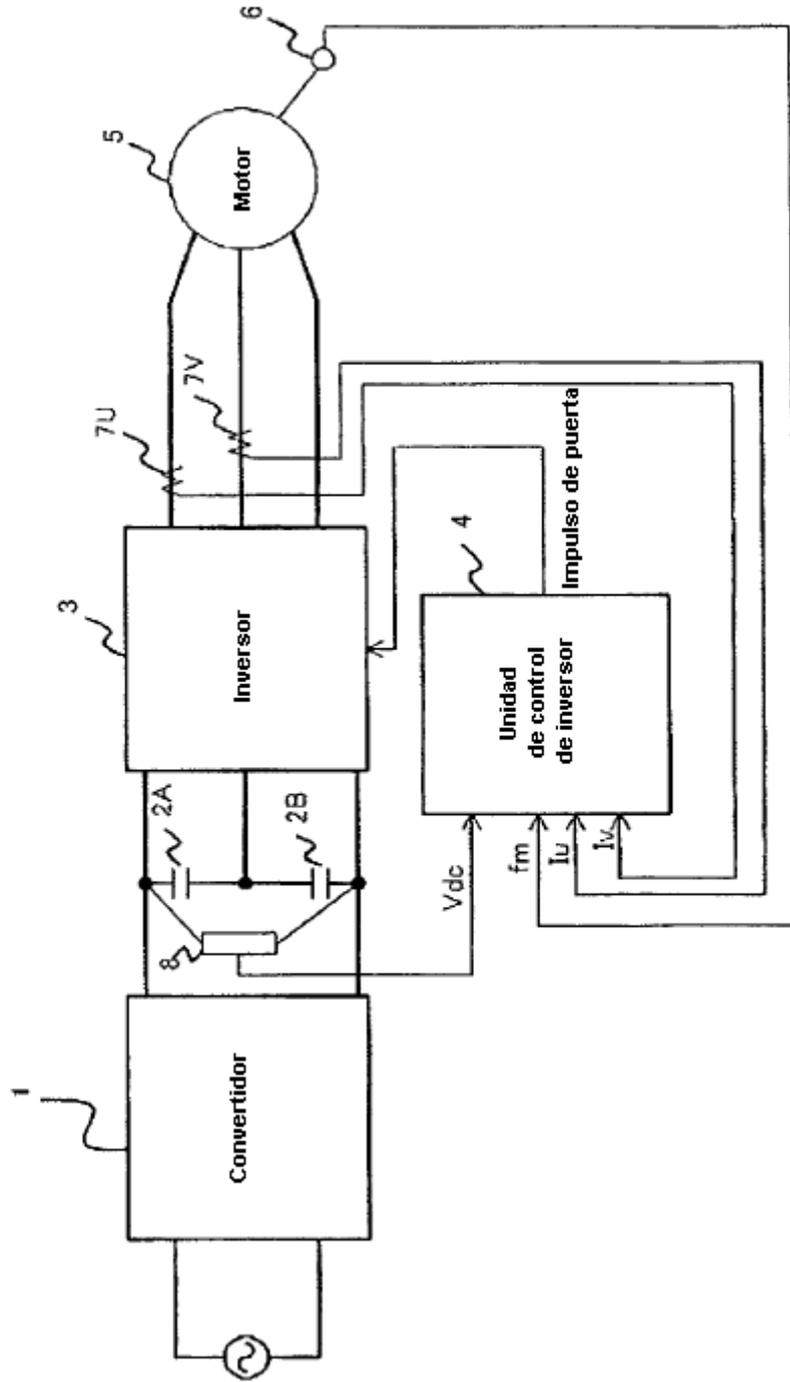


FIG.2

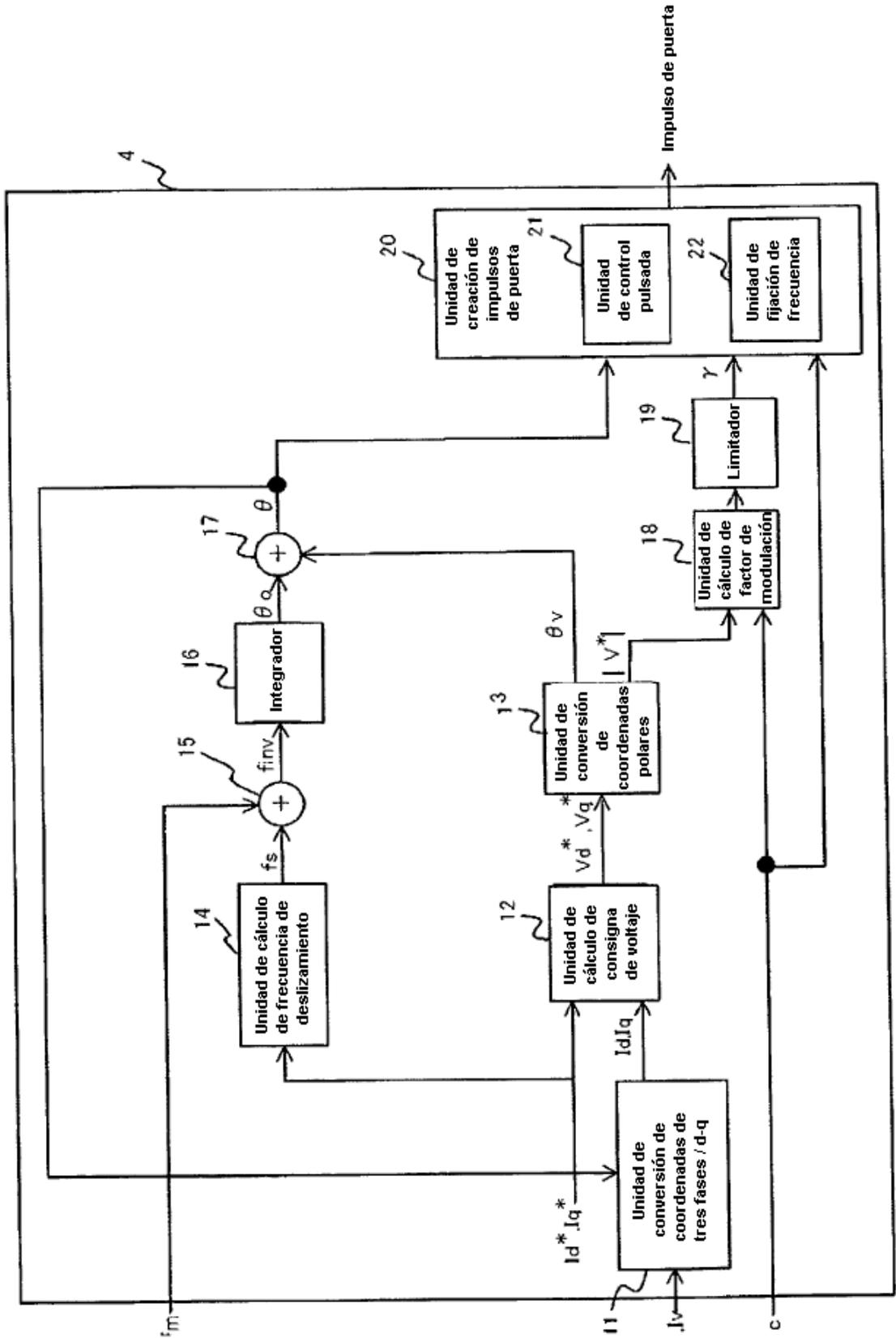


FIG.3

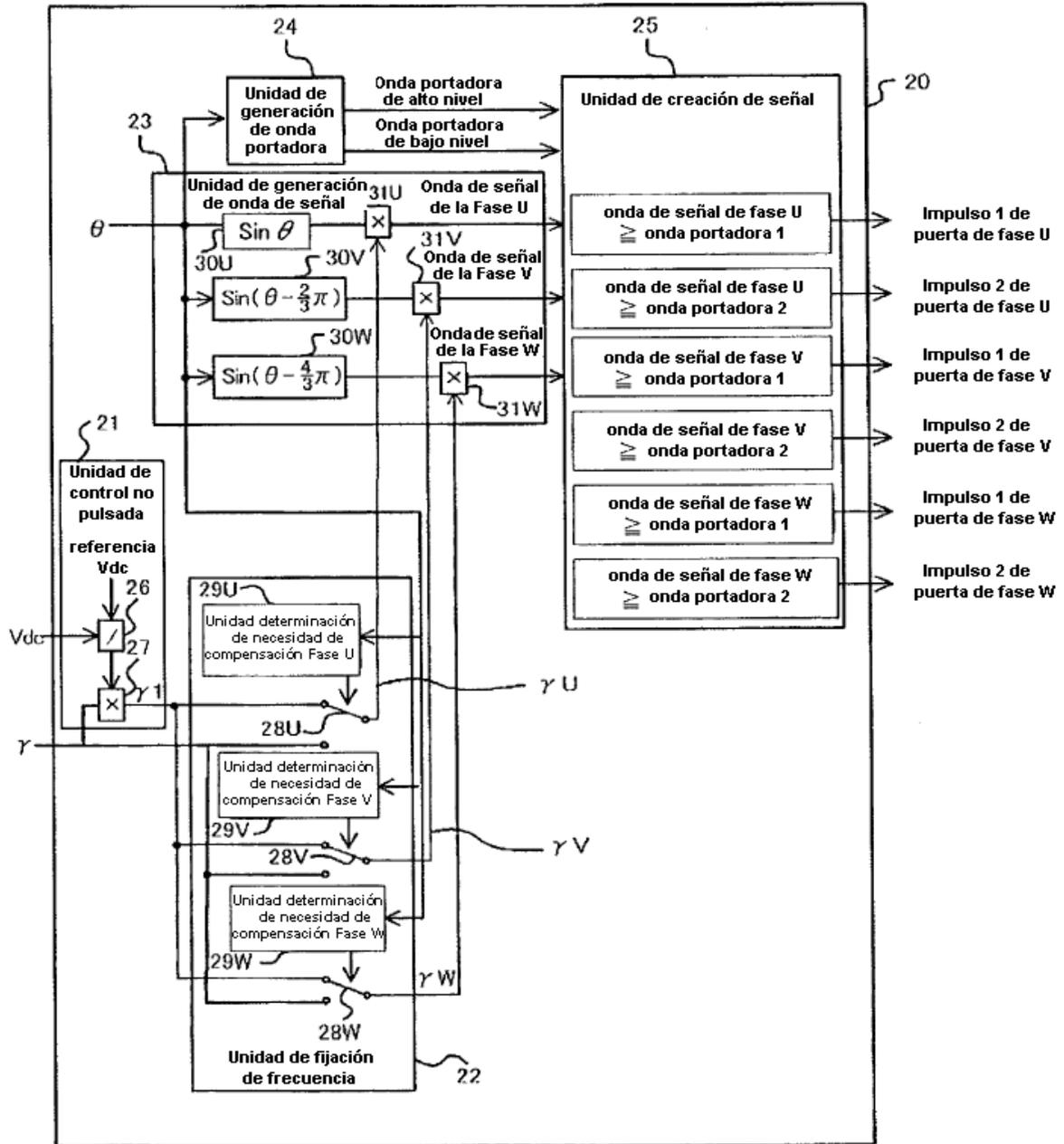


FIG.4

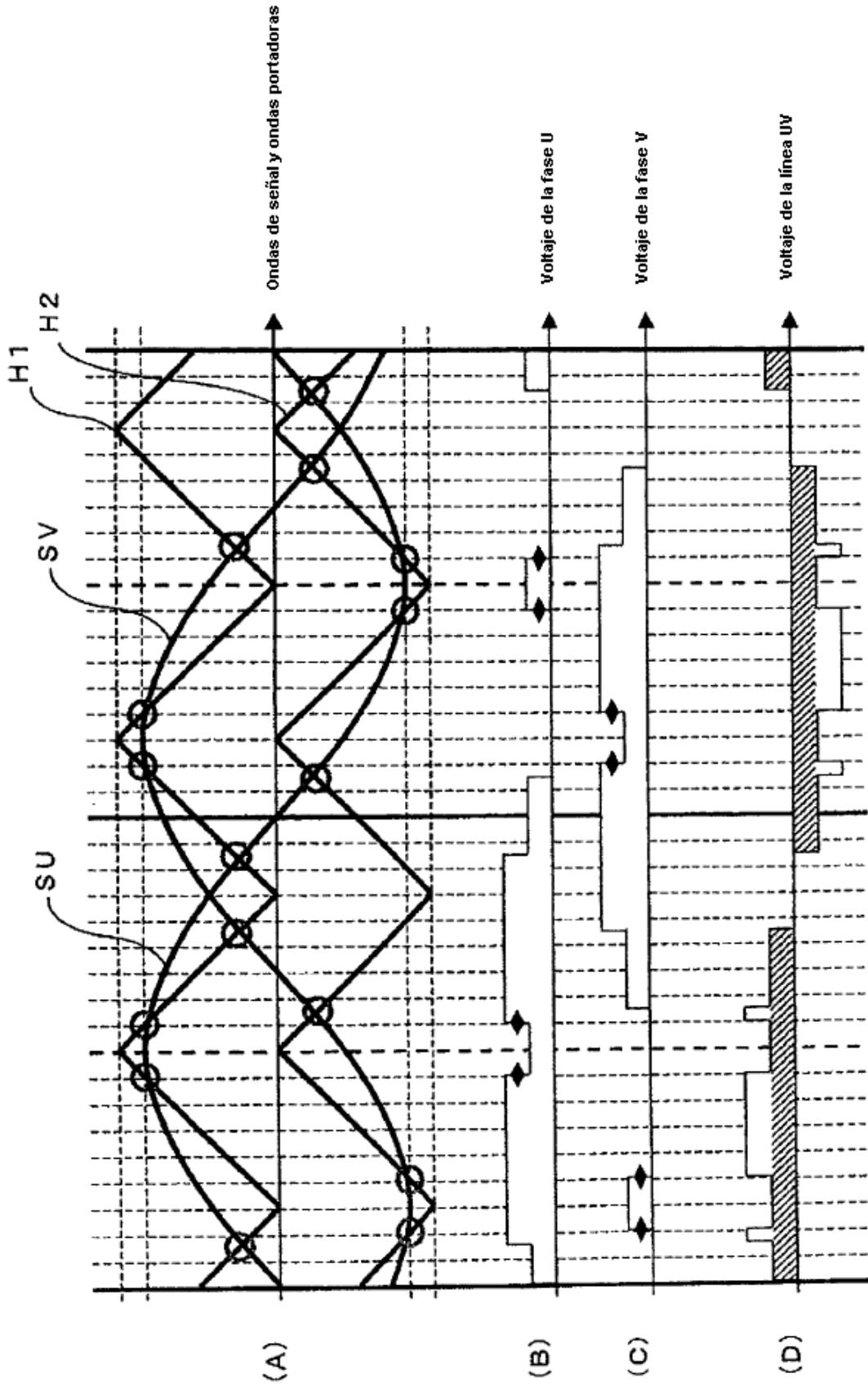


FIG.5

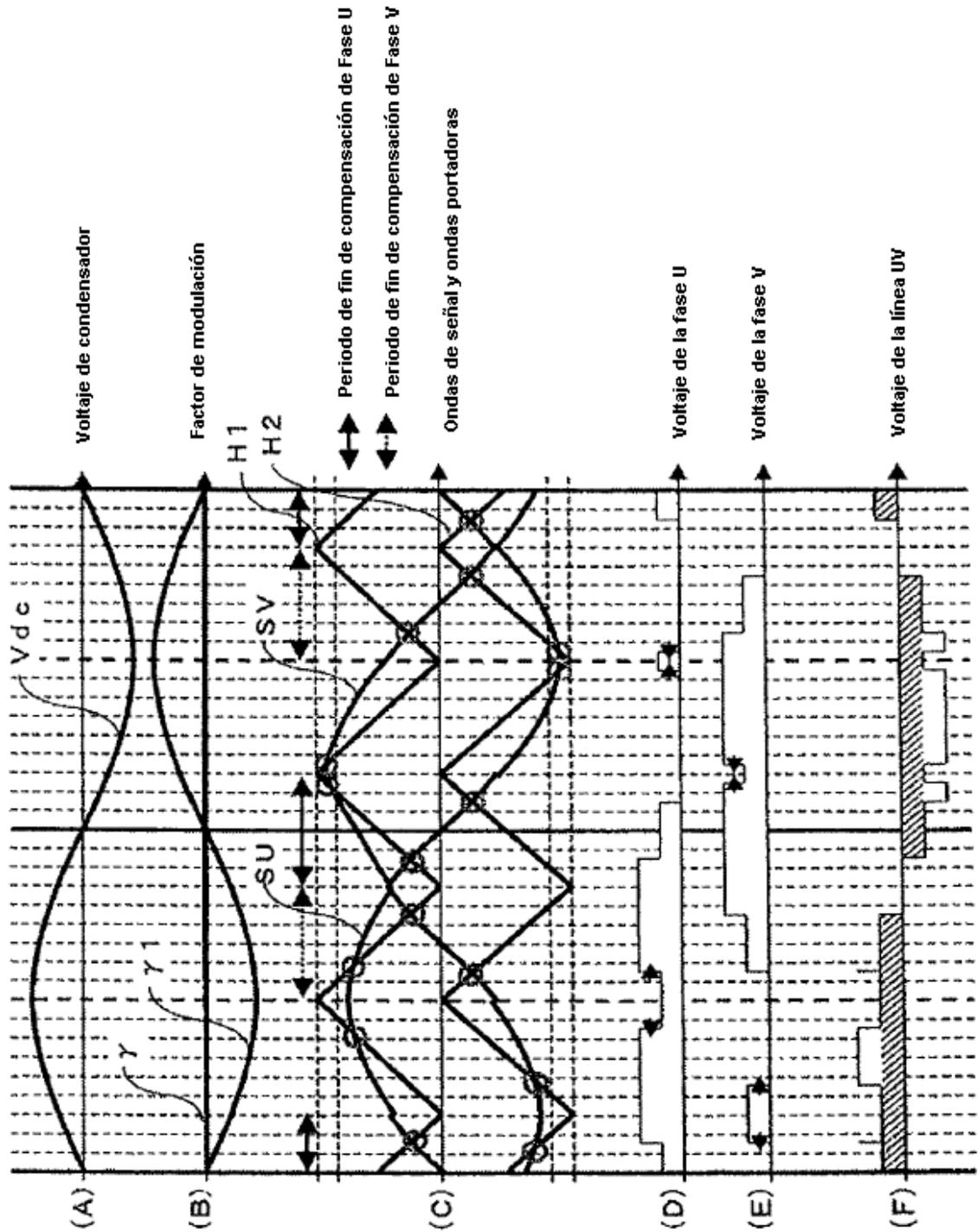


FIG.6

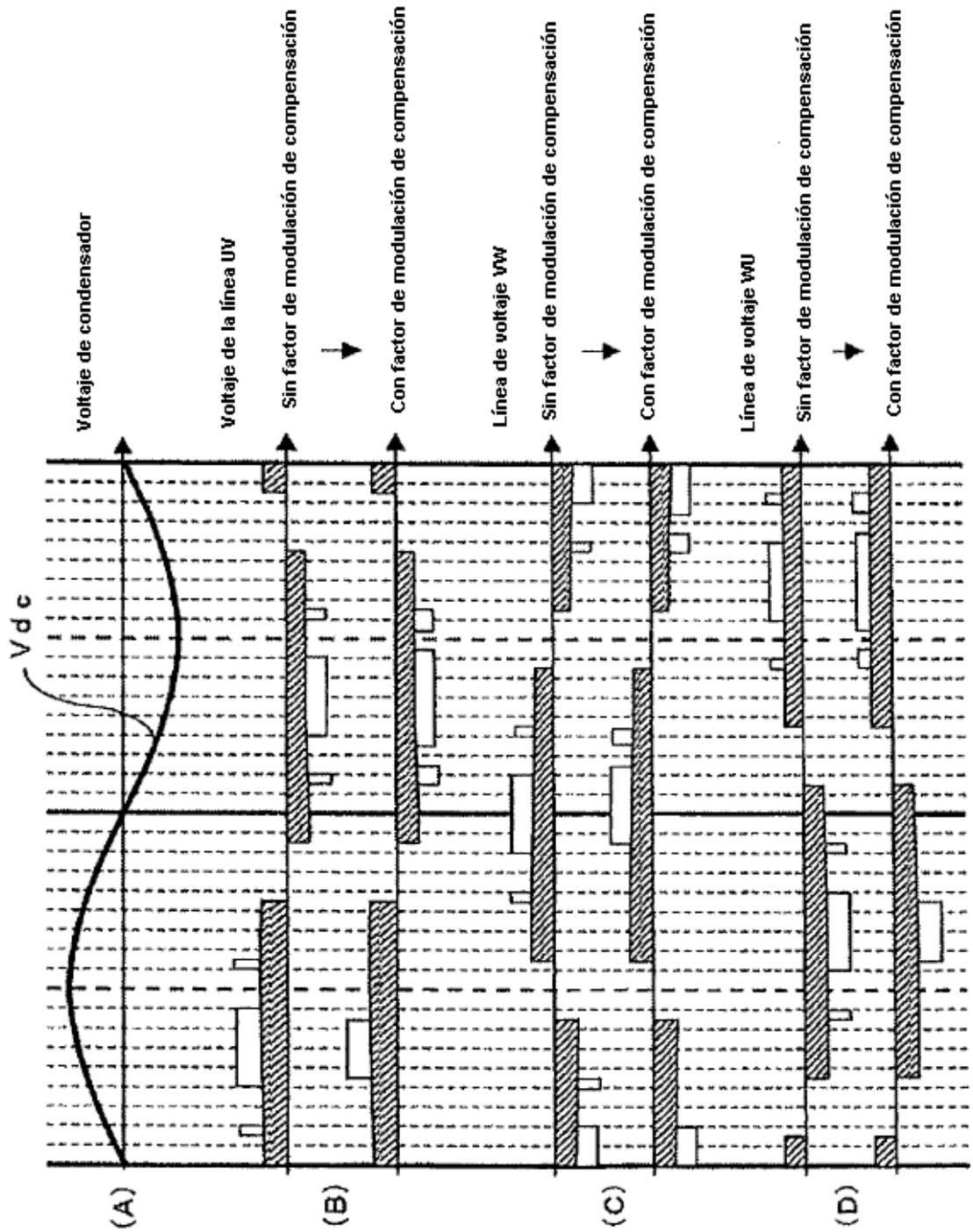


FIG.7

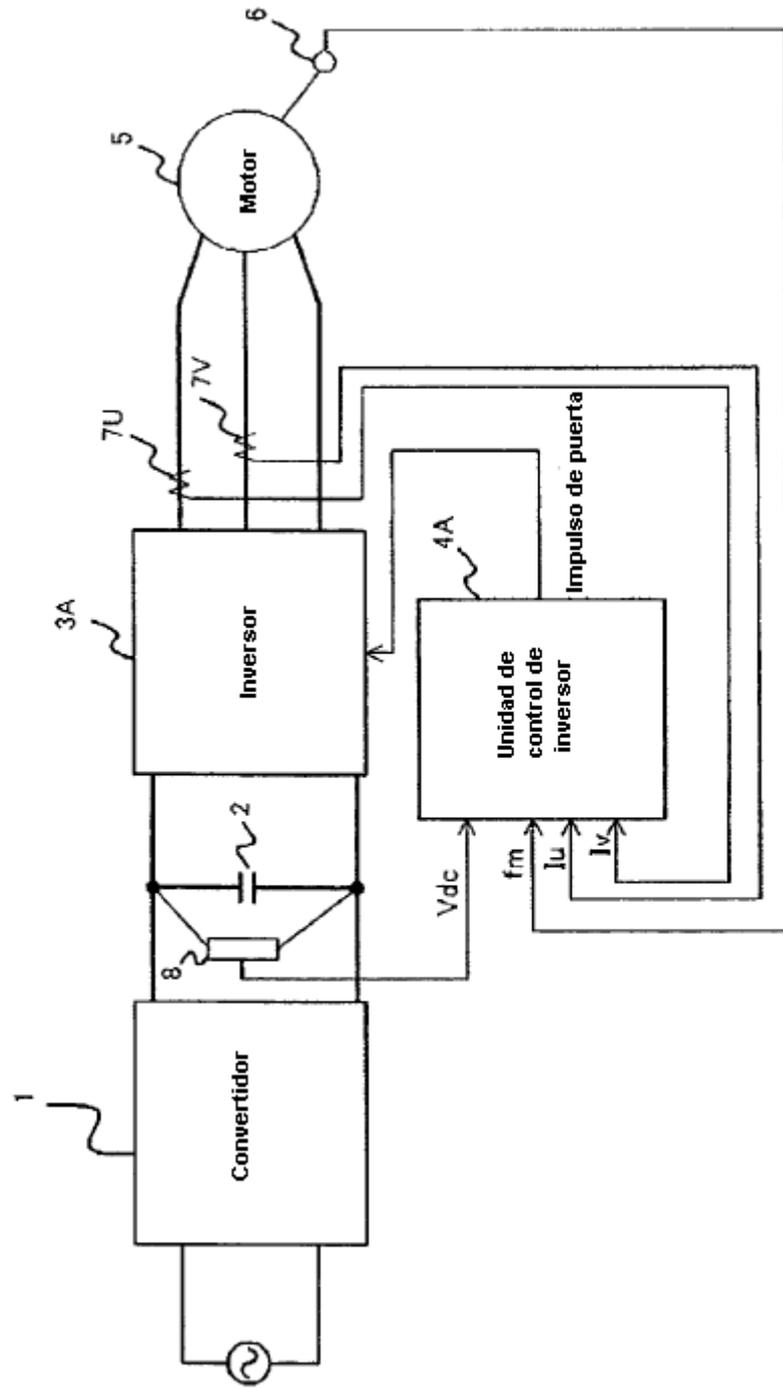


FIG.8

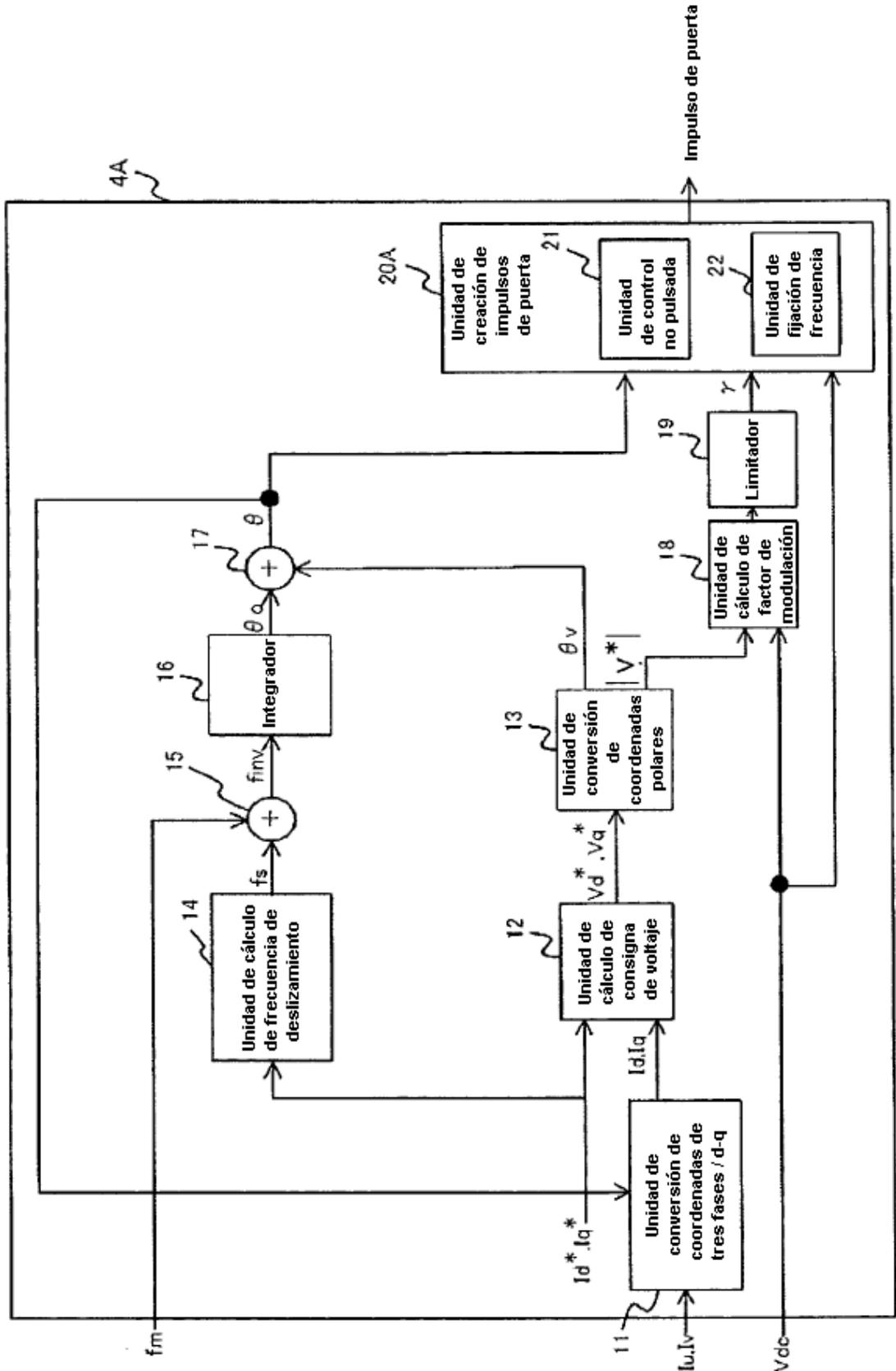


FIG.9

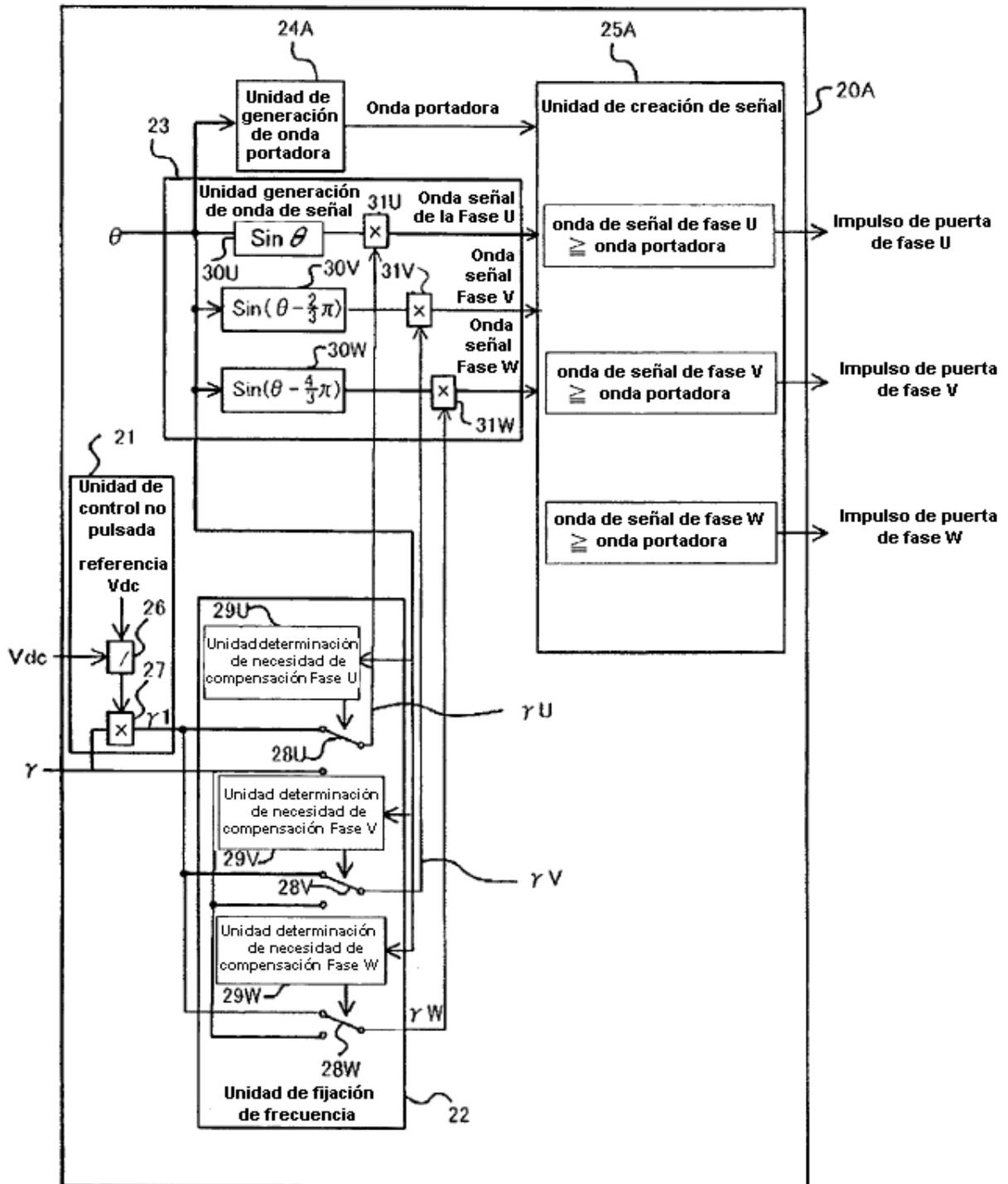


FIG.10

