

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 164**

51 Int. Cl.:

F25B 1/00 (2006.01)
F04B 49/10 (2006.01)
H02P 27/06 (2006.01)
H02P 27/08 (2006.01)
H02M 7/5395 (2006.01)
H02M 7/5387 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.02.2011 PCT/JP2011/052480**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.08.2012 WO12107987**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2011 E 11858110 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2019 EP 2674694**

54 Título: **Dispositivo de bomba de calor, sistema de bomba de calor y método de control para inversor trifásico en un dispositivo de bomba de calor**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.02.2020

73 Titular/es:
MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION (100.0%)
7-3 Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8310 , JP

72 Inventor/es:
SHINOMOTO, YOSUKE;
HATAKEYAMA, KAZUNORI;
KUSUBE, SHINSAKU y
MATSUSHITA, SHINYA

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 743 164 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

Dispositivo de bomba de calor, sistema de bomba de calor y método de control para inversor trifásico en un dispositivo de bomba de calor

Campo

- 5 La presente invención se refiere a una técnica de calentamiento de un compresor utilizado en un dispositivo de bomba de calor.

Antecedentes

- 10 En la Bibliografía de patente 1, hay una descripción del suministro de un voltaje bajo de alta frecuencia a un compresor durante el apagado en el momento del calentamiento. En la Bibliografía de patente 2, hay una descripción del suministro de un voltaje de CA monofásica, que tiene una frecuencia más alta que la del funcionamiento normal, a un compresor, cuando desciende la temperatura ambiente de una unidad de aire acondicionado.

En la Bibliografía de patente 1 y 2, al aplicar un voltaje de CA de alta frecuencia a un compresor de acuerdo con la disminución de la temperatura del aire exterior, el compresor se calienta o se mantiene caliente, lo que facilita una acción de lubricación dentro del compresor.

- 15 El documento GB2273617A describe un inversor que controla un aire acondicionado que incluye un motor sin escobillas que sirve como motor del compresor que tiene medios tales como un microordenador que detecta la posición de rotación de un rotor del motor sin escobillas, tal como a partir de señales obtenidas mediante la comparación de cada uno de los voltajes terminales del bobinado del motor con un voltaje de referencia V0 para determinar un tiempo de conmutación.

- 20 «SENSORLESS SPEED VECTOR-CONTROLLED INDUCTION MOTOR DRIVES USING NEW RANDOM TECHNIQUE FOR INVERTER CONTROL» (LAI Y S, IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, E.E U.U., vol. 14, n.º 4, 1 de diciembre de 1999 (1999-12-01), páginas 1147-1155, XP000931934, ISSN: 0885-8969) describe las ventajas y características especiales de la técnica aleatoria recientemente desarrollada para el control del inversor que se destacan y demuestran con los resultados experimentales de un sistema de accionamiento de motor de inducción controlado mediante un vector sin sensor. Se muestra que la nueva técnica de control de inversor aleatoria tiene algunas ventajas sobre otras técnicas aleatorias de muestreo irregular, lo que incluye la fácil incorporación con un sistema de accionamiento controlado mediante un vector y una reducción significativa de los cálculos.

- 30 «NEW RANDOM TECHNIQUE OF INVERTER CONTROL FOR COMMON MODE VOLTAGE REDUCTION OF INVERTER-FED INDUCTION MOTOR DRIVES" (LAI Y S, IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, E.E U.U., vol. 14, n.º 4, 1 de diciembre 1999 (1999-12-01), páginas 1139-1146, XP000931933, ISSN: 0885-8969) describe que el voltaje de modo común para la nueva técnica de conmutación aleatoria puede mitigarse al 50 % en comparación con el de la técnica convencional de modulación de vector espacial aleatorio (RSVM). Además, el primer grupo dominante para la nueva técnica aleatoria también se reduce significativamente en comparación con el de la técnica existente de modulación de vector espacial (SVM).

Lista de citas

Bibliografía de patente

Bibliografía de Patente 1: Modelo de utilidad japonés abierto a la inspección pública n.º 60-68341

Bibliografía de Patente 2: Solicitud de patente japonesa abierta a la inspección pública n.º 61-91445

40 **Compendio**

Problema técnico

En la Bibliografía de patente 1, no hay una descripción detallada sobre un voltaje bajo de alta frecuencia. Por lo tanto, no se sabe qué tipo de voltaje bajo de alta frecuencia se debe suministrar al compresor.

- 45 En la Bibliografía de patente 2, hay una descripción de la aplicación de una potencia de CA monofásica que tiene una frecuencia de hasta 25 kHz. Debido a que es una potencia de CA monofásica de alta frecuencia, tal como se muestra en la Figura 3 de la Bibliografía de patente 2, se genera una sección de apagado total en la que todos los elementos de conmutación se apagan durante un período relativamente largo. En la sección de apagado total, una corriente de alta frecuencia se regenera en un suministro de energía de CC sin refluir hacia un motor a través de un diodo de reflujo. Por este motivo, en la sección de apagado total, la corriente se atenúa rápidamente y, por lo tanto, la corriente de alta frecuencia no fluye de forma eficiente hacia el motor, lo que deteriora la eficiencia de calentamiento del compresor.

Un objetivo de la presente invención es calentar de forma eficiente un refrigerante retenido en un compresor.

Solución del problema

5 La presente invención proporciona un dispositivo de bomba de calor según la reivindicación 1, un sistema de bomba de calor según la reivindicación 10 y un método para controlar un inversor trifásico en un dispositivo de bomba de calor según la reivindicación 11. Las realizaciones preferidas se definen en las realizaciones dependientes.

Efectos ventajosos de la invención

En el dispositivo de bomba de calor según la presente invención, debido a que se aplica un voltaje de alta frecuencia a un inversor trifásico, un refrigerante retenido en un compresor puede calentarse de forma eficiente mediante la pérdida de hierro de un motor y la pérdida de cobre generada por una corriente que fluye en un bobinado.

10 En particular, en el dispositivo de bomba de calor según la presente invención, dos o más elementos de conmutación de tres elementos de conmutación en un lado de voltaje positivo no se apagan simultáneamente desde un estado en el que los tres elementos de conmutación en el lado de voltaje positivo están encendidos, y solo se apaga un elemento de conmutación. Por lo tanto, una corriente puede fluir de forma eficiente hacia el motor, y como resultado, el refrigerante retenido en el compresor puede calentarse de forma eficiente.

15 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama que muestra una configuración de un dispositivo de bomba de calor 100 según una primera realización.

La Figura 2 es un diagrama que muestra las formas de onda de entrada/salida de una unidad de generación de señales PWM 15.

20 La Figura 3 es un diagrama que muestra ocho patrones de conmutación.

La Figura 4 es un diagrama de flujo que muestra un funcionamiento de una unidad de control del inversor 12.

La Figura 5 es un diagrama de tiempos cuando los valores de comando de voltaje Vu^* , Vv^* y Vw^* se conmutan uno tras otro en los tiempos de una parte superior (pico) e inferior (valle) de una señal portadora.

La Figura 6 es un diagrama explicativo del cambio del vector de voltaje que se muestra en la Figura 5.

25 La Figura 7 es un diagrama explicativo de un voltaje de salida y una corriente que fluye hacia un motor 8 cuando un inversor 9 es operado por una señal PWM que se muestra en la Figura 5.

La Figura 8 es un diagrama de tiempos diferente al de la Figura 5, cuando los valores de comando de voltaje Vu^* , Vv^* y Vw^* se conmutan uno tras otro en los tiempos de una parte superior e inferior de una señal portadora.

30 La Figura 9 es un diagrama explicativo de un voltaje de salida y una corriente que fluye hacia el motor 8 cuando el inversor 9 es operado por una señal PWM que se muestra en la Figura 8.

La Figura 10 es un diagrama que muestra un ejemplo de configuración de una unidad de suministro de energía 30 del inversor 9.

La Figura 11 es un diagrama de configuración de un circuito del dispositivo de bomba de calor 100 según la primera realización.

35 La Figura 12 es un diagrama de Mollier de un estado de un refrigerante del dispositivo de bomba de calor 100 que se muestra en la Figura 11.

Descripción de las realizaciones

Primera realización

40 La Figura 1 es un diagrama que muestra una configuración de un dispositivo de bomba de calor 100 según una primera realización.

El dispositivo de bomba de calor 100 incluye un ciclo de refrigeración en el que un compresor 1, una válvula de cuatro vías 2, un intercambiador de calor 3, un mecanismo de expansión 4 y un intercambiador de calor 5 se conectan de forma secuencial a través de la tubería de refrigerante 6. Un mecanismo de compresión 7 que comprime un refrigerante y un motor 8 que acciona el mecanismo de compresión 7 se proporcionan en el compresor 1.

45 Un inversor 9 que aplica un voltaje al motor 8 para accionarlo se conecta eléctricamente al motor 8. Un suministro de energía de CC 10 para el inversor 9 se proporciona con una unidad de detección de voltaje de bus 11 que detecta un voltaje de bus que es un voltaje del suministro de energía de CC 10. Los terminales de entrada de control del inversor

9 están conectados a la unidad de control del inversor 12. La unidad de control del inversor 12 incluye una unidad de determinación de calentamiento 13, una unidad de generación de comando de voltaje 14 (unidad de selección de comando de voltaje) y una unidad de generación de señales PWM 15 (unidad de generación de señales de accionamiento).

5 El inversor 9 es un inversor trifásico en el que tres circuitos de conexión en serie de dos elementos de conmutación (16a y 16d, 16b y 16e, y 16c y 16f) están conectados en paralelo en tres fases. El inversor 9 acciona los elementos de conmutación correspondientes según las señales PWM UP, VP, WP, UN, VN y WN (señales de control), respectivamente, transmitidas desde la unidad de control del inversor 12 (16a accionado por UP, 16b accionado por VP, 16c accionado por WP, 16d accionado por UN, 16e accionado por VN y 16f accionado por WN).

10 La unidad de control del inversor 12 obtiene los valores de comando Vu^* , Vv^* y Vw^* de los voltajes que la unidad de generación de comando de voltaje 14 aplicará al motor 8, cuando la unidad de determinación de calentamiento 13 determina que se retiene un refrigerante líquido en el compresor 1 (el refrigerante se agrupa). La unidad de generación de señales PWM 15 genera la señal PWM en función de los valores de comando de voltaje Vu^* , Vv^* y Vw^* obtenidos por la unidad de generación de comando de voltaje 14.

15 A continuación, se realiza una descripción de un método básico para que la unidad de generación de señales PWM 15 genere la señal PWM.

La Figura 2 es un gráfico que muestra las formas de onda de entrada/salida de la unidad de generación de señales PWM 15.

20 Por ejemplo, los valores de comando de voltaje Vu^* , Vv^* y Vw^* se definen como ondas sinusoidales que tienen fases diferentes en $2\pi/3$ tal como se muestra en las ecuaciones (1) a (3). En la presente, θ denota una fase del valor del comando de voltaje (un ejemplo de un comando de funcionamiento), y A denota una amplitud del valor del comando de voltaje.

(1) $Vu^* = A \cos \theta$

(2) $Vv^* = A \cos (\theta - (2/3)\pi)$

25 (3) $Vw^* = A \cos (\theta + (2/3)\pi)$

La unidad de generación de comando de voltaje 14 calcula los valores de comando de voltaje Vu^* , Vv^* y Vw^* en las ecuaciones (1) a (3) en función del comando de fase de voltaje θ y la amplitud A, y transmite los valores de comando de voltaje calculados Vu^* , Vv^* y Vw^* a la unidad de generación de señales PWM 15. La unidad de generación de señales PWM 15 compara los valores de comando de voltaje Vu^* , Vv^* y Vw^* con una señal portadora (señal de referencia) que tiene una amplitud $V_{dc}/2$ a una frecuencia predeterminada, y genera señales PWM UP, VP, WP, UN, VN y WN en función de una relación de magnitud entre sí. V_{dc} es un voltaje de bus detectado por la unidad de detección de voltaje de bus 11.

35 Por ejemplo, cuando el valor de comando de voltaje Vu^* es mayor que la señal portadora, UP es para generar un voltaje para encender el elemento de conmutación 16a, y UN es para generar un voltaje para apagar el elemento de conmutación 16d. Por otro lado, cuando el valor de comando de voltaje Vu^* es menor que la señal portadora, de forma inversa, UP es para generar un voltaje para apagar el elemento de conmutación 16a, y UN es para generar un voltaje para encender el elemento de conmutación 16d. Lo mismo se aplica a las otras señales, y VP y VN se determinan en función de la comparación entre el valor de comando de voltaje Vv^* y la señal portadora, y WP y WN se determinan en función de la comparación entre el valor de comando de voltaje Vw^* y la señal portadora.

40 En el caso de un inversor general, debido a que se adopta un sistema PWM complementario para ello, UP y UN, VP y VN, y WP y WN tienen una relación inversa entre sí. Por lo tanto, hay ocho patrones de conmutación en total, y el inversor genera un voltaje mediante la combinación de los ocho patrones de conmutación.

45 La Figura 3 es un diagrama que muestra ocho patrones de conmutación. En la Figura 3, los símbolos de referencia V0 a V7 denotan vectores de voltaje generados en los patrones de conmutación respectivos. Las direcciones de voltaje de los respectivos vectores de voltaje están representadas por $\pm U$, $\pm V$ y $\pm W$ (o 0 cuando no se genera voltaje). En la presente, «U» significa un voltaje para generar una corriente en una dirección de la fase U, que fluye hacia el motor 8 a través de una fase U y fluye hacia afuera del motor 8 a través de una fase V y una fase W, y «-U» significa un voltaje para generar una corriente en una dirección de la fase -U, que fluye hacia el motor 8 a través de la fase V y la fase W y fluye hacia afuera del motor 8 a través de la fase U. Una interpretación similar se aplica a $\pm V$ y $\pm W$.

50 Se puede hacer que el inversor 9 genere los voltajes deseados mediante la combinación de los patrones de conmutación que se muestran en la Figura 3 y mediante la generación de un vector de voltaje. En este momento, se puede generar un voltaje de alta frecuencia al cambiar la fase θ a alta velocidad y aumentar la frecuencia de una onda de modulación (tres ondas sinusoidales en la Figura 2) que define los valores de comando de voltaje Vu^* , Vv^* y Vw^* .

Los vectores de voltaje V0 y V7 en los que no se genera un voltaje se denominan «vector cero», y los otros vectores

de voltaje se denominan «vectores reales».

Los valores de comando de voltaje V_u^* , V_v^* y V_w^* pueden obtenerse en la modulación bifásica, modulación de superposición de armónicos triples, modulación del vector espacial y similares, excepto las ecuaciones (1) a (3).

A continuación, se explica el funcionamiento de la unidad de control del inversor 12.

- 5 La Figura 4 es un diagrama de flujo que muestra un funcionamiento de la unidad de control del inversor 12.

(S1: Etapa de determinación de calentamiento)

La unidad de determinación de calentamiento 13 determina si se acciona la unidad de generación de comando de voltaje 14 en función de si el refrigerante se retiene en el compresor 1, durante el apagado del compresor 1.

- 10 Cuando la unidad de determinación de calentamiento 13 determina que la unidad de generación de comando de voltaje 14 debe accionarse porque el refrigerante se retiene en el compresor 1 (SÍ en S1), el proceso avanza a S2, pasando de esa manera a un modo de funcionamiento de calentamiento que genera señales PWM para el precalentamiento. Por otro lado, cuando la unidad de determinación de calentamiento 13 determina que la unidad de generación de comando de voltaje 14 no debe accionarse porque el refrigerante no está retenido en el compresor 1 (NO en S1), la unidad de determinación de calentamiento 13 determina si debe accionarse la unidad de generación de comando de voltaje 14 nuevamente después de que haya transcurrido un período de tiempo predeterminado.

(S2: Etapa de generación de valor de comando de voltaje)

La unidad de generación de comando de voltaje 14 calcula los valores de comando de voltaje V_u^* , V_v^* y V_w^* en las ecuaciones (1) a (3) en función del comando de fase de voltaje θ y la amplitud A , y transmite los valores de comando de voltaje calculados V_u^* , V_v^* y V_w^* a la unidad de generación de señales PWM 15.

- 20 (S3: Etapa de generación de señales PWM)

La unidad de generación de señales PWM 15 compara los valores de comando de voltaje V_u^* , V_v^* y V_w^* transmitidos por la unidad de generación de comando de voltaje 14 con la señal portadora para obtener las señales PWM UP, VP, WP, UN, VN y WN, y transmite estas señales PWM al inversor 9. Por consiguiente, los elementos de conmutación 16a a 16f del inversor 9 son accionados para aplicar un voltaje de alta frecuencia al motor 8.

- 25 Al aplicar el voltaje de alta frecuencia al motor 8, el motor 8 se calienta de forma eficiente mediante la pérdida de hierro del motor 8 y la pérdida de cobre generada por la corriente que fluye en la bobina. Al calentar el motor 8, el refrigerante líquido retenido en el compresor 1 se calienta y se evapora, y se filtra hacia el exterior del compresor 1.

Después de que ha transcurrido un período de tiempo predeterminado, la unidad de determinación de calentamiento 13 regresa a S1 nuevamente, y determina si se requiere más calentamiento.

- 30 Cuando se aplica el voltaje de alta frecuencia, que tiene una frecuencia igual o mayor que una frecuencia de funcionamiento utilizada en el momento de una operación de compresión (modo de funcionamiento de compresión) al motor 8, un rotor en el motor 8 se vuelve incapaz de seguir la frecuencia, y no se generan rotaciones ni vibraciones. Generalmente, la frecuencia de funcionamiento en el momento de la operación de compresión es de 1 kHz como máximo. Por lo tanto, solo debe aplicarse un voltaje de alta frecuencia que tenga una frecuencia igual o mayor que 1 kHz al motor 8. Además, cuando se aplica un voltaje de alta frecuencia, que tiene una frecuencia igual o mayor que 14 kHz al motor 8, el sonido de vibración de un núcleo de hierro del motor 8 se acerca casi a un límite superior de una frecuencia audible, de modo que hay un efecto de reducción del ruido.

- 40 En el caso de un inversor general, una frecuencia portadora, que es una frecuencia de una señal portadora, tiene un límite superior que es determinado por una velocidad de conmutación de los elementos de conmutación del inversor. Por lo tanto, es difícil transmitir un voltaje de alta frecuencia que tenga una frecuencia igual o mayor que la frecuencia de la portadora. En el caso de un IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) general, el límite superior de la velocidad de conmutación es de aproximadamente 20 kHz.

- 45 Cuando la frecuencia de la onda de modulación que define los valores de comando de voltaje V_u^* , V_v^* y V_w^* se vuelve aproximadamente 1/10 de la frecuencia de la portadora, puede producirse un efecto adverso de modo que la precisión de transmisión de la forma de onda del voltaje de alta frecuencia se deteriora y los componentes de CC se superponen al voltaje de alta frecuencia. En virtud de esto, cuando la frecuencia de la portadora se fija en 20 kHz, si la frecuencia de la onda de modulación se fija igual o menor que 2 kHz, que es 1/10 de la frecuencia de la portadora, la frecuencia del voltaje de alta frecuencia se convierte en un intervalo de frecuencia audible, lo que genera la preocupación de que aumente el ruido.

- 50 Por lo tanto, en el modo de funcionamiento de calentamiento, la unidad de generación de comando de voltaje 14 conmuta los valores de comando de voltaje V_u^* , V_v^* y V_w^* entre Hi (+A en este ejemplo) y Lo (-A en este ejemplo) de manera alternada en sincronización con la señal portadora, sin calcular los valores de comando de voltaje V_u^* , V_v^* y V_w^* en función del método explicado con referencia a la Figura 2.

- La Figura 5 es un diagrama de tiempos cuando los valores de comando de voltaje V_u^* , V_v^* y V_w^* se conmutan de manera alternada en los tiempos de una parte superior (pico) e inferior (valle) de la señal portadora. En la Figura 5, en una sección desde la parte inferior hasta la parte superior de la señal portadora (en adelante, denominada «primera mitad»), el valor de comando de voltaje V_u^* se fija en Lo y los valores de comando de voltaje V_v^* y V_w^* se fijan en Hi .
- 5 En una sección desde la parte superior hasta la inferior de la señal portadora (en adelante denominada «última mitad»), el valor de comando de voltaje V_u^* se fija en Hi y los valores de comando de voltaje V_v^* y V_w^* se fijan en Lo . Dado que UP , VP y WP son opuestos en estado encendido/apagado a UN , VN y WN , respectivamente, y si se conoce el estado de un valor, se puede conocer el otro valor, en la presente solo se describen UP , VP y WP .
- Cuando los valores de comando de voltaje V_u^* , V_v^* y V_w^* , que se muestran en la Figura 5, se comparan con la señal portadora, las señales PWM cambian tal como se muestra en la Figura 5. Luego, el vector de voltaje cambia en orden de V_0 ($UP=VP=WP=0$), V_4 ($UP=1, VP=WP=0$), V_7 ($UP=VP=WP=1$), V_3 ($UP=0, VP=WP=1$), V_0 ($UP=VP=WP=0$), y así sucesivamente.
- 10 La Figura 6 es un diagrama explicativo del cambio en el vector de voltaje que se muestra en la Figura 5. En la Figura 6, se representa que un elemento de conmutación 16 rodeado por una línea discontinua se encuentra en estado encendido, y un elemento de conmutación 16 no rodeado por una línea discontinua se encuentra en estado apagado.
- 15 Tal como se muestra en la Figura 6, al momento de aplicar el vector V_0 y el vector V_7 , las líneas del motor 8 se encuentran en cortocircuito y no se genera ningún voltaje. En este caso, la energía almacenada en la inductancia del motor 8 se convierte en una corriente, y la corriente fluye en el cortocircuito. Es decir, una corriente de reflujo que circula en el motor 8 y el inversor 9 fluye en virtud de los diodos 17 conectados en paralelo inverso a los elementos de conmutación 16a a 16f del inversor 9. Al momento de aplicar el vector V_4 , una corriente (corriente de +lu) fluye en la dirección de la fase U, en la que la corriente fluye hacia el motor 8 a través de la fase U y fluye hacia afuera del motor 8 a través de la Fase V y fase W, y al momento de aplicar el vector V_3 , una corriente (corriente de -lu) fluye hacia el bobinado del motor 8 en la dirección de la fase -U, en la cual la corriente fluye hacia el motor 8 a través de la fase V y la fase W y fluye hacia afuera del motor 8 a través de la fase U. Es decir, la corriente fluye hacia el bobinado del motor 8 al momento de aplicar el vector V_4 en la dirección opuesta a la del momento de aplicar el vector V_3 y viceversa.
- 20 Dado que el vector de voltaje cambia en el orden de V_0 , V_4 , V_7 , V_3 , V_0 , y así sucesivamente, la corriente de +lu y la corriente de -lu fluyen hacia el bobinado del motor 8 de manera alternada. Particularmente, tal como se muestra en la Figura 5, dado que el vector V_4 y el vector V_3 aparecen durante un ciclo de la portadora ($1/f_c$), se puede aplicar un voltaje de CA sincronizado con una frecuencia de la portadora f_c al bobinado del motor 8.
- 25 Dado que el vector V_4 (la corriente de +lu) y el vector V_3 (la corriente de -lu) se generan de manera alternada, los torques directo e inverso se conmutan instantáneamente. Por lo tanto, dado que los torques se compensan, la aplicación de voltaje es posible mientras se suprimen las vibraciones del rotor.
- 30 La Figura 7 es un diagrama explicativo de un voltaje de salida y una corriente que fluye hacia el motor 8 cuando el inversor 9 es operado por la señal PWM que se muestra en la Figura 5.
- 35 Tal como se muestra en la Figura 7, la corriente que fluye hacia el motor 8 aumenta en el momento del vector de voltaje V_4 , y disminuye en el momento del vector de voltaje V_3 . En los momentos de los vectores de voltaje V_0 y V_7 que son los vectores cero, tal como se describió anteriormente, la corriente de reflujo que circula en el motor 8 y el inversor 9 fluye en virtud de los diodos 17 conectados en paralelo inverso a los elementos de conmutación 16a a 16f del inversor 9.
- 40 Cuando todos los elementos de conmutación están apagados, la corriente de reflujo descrita anteriormente no puede fluir y la corriente fluye solo hacia los diodos conectados en paralelo inverso, y el modo cambia a un modo de regeneración en el que la corriente fluye hacia el suministro de energía de CC 10. Dado que el suministro de energía de CC 10 generalmente está formado por un condensador que acumula cargas eléctricas, la corriente que fluye hacia el motor 8 se atenúa abruptamente en el caso del modo de regeneración. Por lo tanto, se requiere aumentar el período de tiempo durante el cual los elementos de conmutación 16a a 16f se encuentran encendidos. Cuando el IGBT, o similar, que tiene un voltaje de encendido (voltaje de umbral) mayor que el del diodo se usa para los elementos de conmutación 16a a 16f, si aumenta el período de tiempo durante el cual los elementos de conmutación 16a a 16f se encuentran encendidos, aumenta la pérdida de conducción, o similar, generada debido al flujo de la corriente.
- 45 En el dispositivo de bomba de calor 100 según la primera realización, el refrigerante retenido en el compresor puede calentarse de forma eficiente mediante el uso de un estado (denominado «vector cero») donde la corriente refluye en el motor 8, sin apagar todos los elementos de conmutación.
- 50 La Figura 8 es un diagrama de tiempos diferente al de la Figura 5, cuando los valores de comando de voltaje V_u^* , V_v^* y V_w^* se conmutan de manera alternada en los tiempos de una parte superior e inferior de una señal portadora. Hay una diferencia entre la Figura 5 y la Figura 8 en cuanto a que se invierte la relación entre la fase de la señal portadora y la fase de los comandos de voltaje (V_u^* , V_v^* y V_w^*). Es decir, en la Figura 8, el valor del comando de voltaje V_u^* se fija en Hi y los valores de comando de voltaje V_v^* y V_w^* se fijan en Lo en la primera mitad de la señal portadora, y el valor del comando de voltaje V_u^* se fija en Lo , y los valores de comando de voltaje V_v^* y V_w^* se fijan en Hi en la última mitad de la señal portadora.
- 55

Cuando los valores de comando de voltaje V_u^* , V_v^* y V_w^* que se muestran en la Figura 8 se comparan con la señal portadora, la señal PWM cambia tal como se muestra en la Figura 8. Luego, el vector de voltaje cambia en orden de V_0 ($U_P=V_P=W_P=0$), V_3 ($U_P=0, V_P=W_P=1$), V_7 ($U_P=V_P=W_P=1$), V_4 ($U_P=1, V_P=W_P=0$), V_0 ($U_P=V_P=W_P=0$), y así sucesivamente.

- 5 Dicho de otra forma, en la Figura 5, el vector de voltaje que se muestra en la Figura 6 cambia desde V_0 en sentido horario, mientras que en la Figura 8, el vector de voltaje que se muestra en la Figura 6 cambia desde V_0 en sentido antihorario.

La Figura 9 es un diagrama explicativo de un voltaje generado y una corriente que fluye hacia el motor 8 cuando el inversor 9 es operado por las señales PWM que se muestran en la Figura 8. En la Figura 9, la línea discontinua indica el voltaje generado y la corriente que fluye hacia el motor 8 que se muestra en la Figura 7 (es decir, cuando el inversor 9 es accionado por las señales PWM que se muestran en la Figura 5).

Tal como se muestra en la Figura 9, la corriente se invierte en los vectores de voltaje V_3 y V_4 , que son vectores reales, de modo que se genera una corriente CA de alta frecuencia. Sin embargo, en el caso de la relación de fase que se muestra en la Figura 8, el incremento de un voltaje generado es lento en comparación con la relación de fase que se muestra en la Figura 5, y se produce un fenómeno tal que el voltaje generado se vuelve más bajo que los valores de comando de voltaje V_u^* , V_v^* y V_w^* . Como resultado, se retrasa el cambio de polaridad de la corriente que fluye hacia el motor 8, y disminuye la cantidad de corriente que fluye hacia el motor 8 en comparación con el caso en que el inversor 9 es accionado por las señales PWM que se muestran en la Figura 5 (véase la línea discontinua).

Por consiguiente, cuando el inversor 9 es accionado por las señales PWM que se muestran en la Figura 8, disminuye la energía eléctrica para precalentar el motor 8 en comparación con el caso en que el inversor 9 es accionado por las señales PWM que se muestran en la Figura 5, y disminuye una cantidad de precalentamiento, a pesar de los mismos valores de comando de voltaje V_u^* , V_v^* y V_w^* .

Se explica el motivo por el cual el incremento del voltaje generado es lento cuando el inversor 9 es accionado por las señales PWM que se muestran en la Figura 8.

25 Cuando el inversor 9 es accionado por las señales PWM que se muestran en la Figura 8, el vector de voltaje cambia en orden de V_0 , V_3 , V_7 , V_4 , V_0 , y así sucesivamente. En un lugar del vector de voltaje, en un caso donde el vector de voltaje cambia de V_0 a V_3 y en un caso donde el vector de voltaje cambia de V_7 a V_4 , se produce una conmutación bifásica en la que los elementos de conmutación para dos fases en el lado de voltaje positivo o el lado de voltaje negativo cambian simultáneamente (véase la Figura 6). Es decir, en un caso donde el vector de voltaje cambia del vector cero al vector real, se produce una conmutación de bifásica.

Incluso, cuando el inversor 9 es accionado por las señales PWM que se muestran en la Figura 5, se produce la conmutación bifásica. Sin embargo, cuando el inversor 9 es accionado por las señales PWM que se muestran en la Figura 5, el vector de voltaje cambia en orden de V_0 , V_4 , V_7 , V_3 , V_0 , y así sucesivamente. Por lo tanto, la conmutación bifásica se produce en el caso en que el vector de voltaje cambia de V_4 a V_7 y en el caso en que el vector de voltaje cambia de V_3 a V_0 (véase la Figura 6). Es decir, en un caso donde el vector de voltaje cambia del vector real al vector cero, se produce una conmutación bifásica.

Cuando se produce la conmutación bifásica, dos brazos construidos cada uno con los elementos de conmutación 16 cambian simultáneamente. Por ejemplo, cuando el vector de voltaje cambia de V_0 a V_3 , $V_P=W_P=0$ cambia a $V_P=W_P=1$. Es decir, los elementos de conmutación 16e y 16f cambian de encendido a apagado, y los elementos de conmutación 16b y 16c cambian de apagado a encendido.

En el momento de la generación del vector cero, el cambio de corriente solo se debe a la atenuación causada por el consumo en la impedancia del motor 8, de modo que una tasa de cambio de tiempo-corriente di/dt que indica la magnitud del cambio de corriente en función del tiempo sea baja. Por otro lado, al momento de generar el vector real, cambia la polaridad de la corriente y la tasa de cambio de corriente-tiempo di/dt es alta.

45 Cuando aquí se produce la conmutación, puede disminuir la tasa de cambio de corriente-tiempo di/dt .

Cuando el vector de voltaje cambia del vector real al vector cero, el cambio se produce desde el estado donde la tasa de cambio de corriente-tiempo di/dt es alta hasta el estado donde la tasa de cambio de corriente-tiempo di/dt es baja. En este caso, incluso si se produce una conmutación bifásica y disminuye la tasa de cambio de corriente-tiempo di/dt , originalmente es una condición cambiante hacia el estado donde la tasa de cambio de corriente-tiempo di/dt es baja y, por lo tanto, su influencia es pequeña. Sin embargo, el caso en el que el vector de voltaje cambia del vector cero al vector real es un caso en el que el estado donde la tasa de cambio de corriente-tiempo di/dt es baja cambia al estado donde la tasa de cambio de corriente-tiempo di/dt es alta. En este caso, cuando se produce una conmutación bifásica y disminuye la tasa de cambio de corriente-tiempo di/dt , disminuye la tasa de cambio de corriente-tiempo di/dt , aunque se intenta provocar un cambio en el estado donde la tasa de cambio de corriente-tiempo di/dt es alta y, por lo tanto, su influencia es grande. Es decir, aunque se intenta provocar un cambio en el estado donde la corriente cambia en gran medida, no se puede cambiar la corriente en gran medida. Y debido a esta influencia, se retrasa el cambio de polaridad de la corriente que fluye hacia el motor 8.

Por este motivo, en el caso del cambio del vector cero al vector real, si se produce una conmutación bifásica, se retrasa el cambio de polaridad de la corriente que fluye hacia el motor 8.

5 Dado que aumenta un componente de inductancia del motor 8 y aumenta la impedancia del bobinado debido a la aplicación del voltaje de alta frecuencia, disminuye la corriente que fluye en el bobinado y también disminuye la corriente que fluye hacia el inversor 9. Cuando se produce una conmutación bifásica en la presente descripción, la corriente ramificada que fluye hacia los dos elementos de conmutación se apaga simultáneamente, y la corriente que fluye hacia el motor 8 se conmuta a los diodos 17 conectados en paralelo inverso. Sin embargo, tal como se describió anteriormente, debido a que la corriente que fluye en el inversor 9 no es mucha, se genera una corriente de cola al momento de apagar el elemento de conmutación 16, y lleva mucho tiempo hasta que la corriente llega a cero. Por lo tanto, cuando se produce una conmutación bifásica, el incremento del voltaje generado se vuelve lento y se retrasa el cambio de polaridad de la corriente que fluye hacia el motor 8.

15 En estas circunstancias, cuando el vector de voltaje cambia del vector cero al vector real, la unidad de generación de comando de voltaje 14 no genera un valor de comando de voltaje para el cual se produce la conmutación bifásica, sino que, solo cuando el vector de voltaje cambia del vector real al vector cero, genera un valor de comando de voltaje para el cual se produce la conmutación bifásica.

Por consiguiente, la conmutación de la corriente en función del encendido/apagado de los elementos de conmutación 16 puede realizarse con facilidad. Como resultado, el retraso del incremento del voltaje generado puede ser limitado, y se puede obtener un voltaje generado fiel a los valores de comando de voltaje, lo que permite garantizar la cantidad de precalentamiento.

20 Generalmente, se establece un tiempo de prevención de cortocircuito en los brazos superior e inferior denominado «Td» en el inversor 9. Durante el período Td, todos los elementos de conmutación se encuentran apagados y fluye la corriente de reflujo. Por lo tanto, durante el período Td, la atenuación de la corriente es más rápida que en el momento del vector cero, y es probable que se produzca la distorsión del voltaje generado que se explica con referencia a la Figura 9. Por consiguiente, en el caso en el que se usa un inversor con el Td configurado, cuando el vector de voltaje cambia del vector cero al vector real, aparecen de forma prominente los efectos causados por no generar un valor de comando de voltaje para el cual se produce la conmutación bifásica.

30 Tal como se describió anteriormente, en el dispositivo de bomba de calor 100 según la primera realización, al aplicar el voltaje de alta frecuencia al motor 8, el refrigerante retenido en el compresor puede calentarse de forma eficiente mediante la pérdida de hierro del motor y la pérdida de cobre generada por la corriente que fluye en el bobinado. En particular, debido a que se inhibe la generación de un valor de comando de voltaje para el cual se produce la conmutación bifásica cuando el vector de voltaje cambia del vector cero al vector real, se puede hacer que la corriente fluya de forma eficiente hacia el motor, y como resultado, el refrigerante retenido en el compresor puede calentarse de forma eficiente.

Además, dado que el voltaje de alta frecuencia se aplica al motor 8, no se genera ningún torque de rotación ni vibración.

35 Además, para lograr una alta eficiencia, se ha usado ampliamente un motor que tiene una estructura IPM (imán permanente interior) o un motor de bobinado concentrado que tiene un extremo de bobinado pequeño y una resistencia de bobinado baja para el motor del compresor reciente para un dispositivo de bomba de calor. El motor de bobinado concentrado tiene una resistencia de bobinado pequeña y una cantidad de generación de calor pequeña debido a la pérdida de cobre y, por lo tanto, es necesario que fluya una gran cantidad de corriente hacia el bobinado. Si se hace que fluya una gran cantidad de corriente hacia el bobinado, también aumenta la corriente que fluye hacia el inversor 9, lo que aumenta la pérdida del inversor.

45 Por lo tanto, si se realiza el calentamiento mediante la aplicación del voltaje de alta frecuencia descrito anteriormente, aumenta un componente de inductancia por la alta frecuencia, lo que aumenta la impedancia del bobinado. Por consiguiente, aunque disminuye la corriente que fluye hacia el bobinado y se reduce la pérdida de cobre, la pérdida de hierro debido a la aplicación del voltaje de alta frecuencia se corresponde con la cantidad de pérdida de cobre, lo que permite realizar un calentamiento eficiente. Además, dado que disminuye la corriente que fluye hacia el bobinado, también disminuye la corriente que fluye hacia el inversor, lo que permite reducir la pérdida del inversor 9 y realizar un calentamiento más eficiente.

50 Si se realiza el calentamiento mediante la aplicación del voltaje de alta frecuencia descrito anteriormente, cuando el compresor se basa en un motor que tiene la estructura IPM, una superficie del rotor donde los flujos magnéticos de alta frecuencia se entrelazan entre sí también se convierte en una parte generadora de calor. Por lo tanto, se puede aumentar el área en contacto con el refrigerante y se puede calentar rápidamente el mecanismo de compresión, lo que permite realizar un calentamiento eficiente del refrigerante.

55 Además, el voltaje de CC en el modo de calentamiento puede ser menor que el voltaje de CC en el modo de funcionamiento de compresión. Por consiguiente, se puede reducir la pérdida de conmutación debido a una alta frecuencia.

La Figura 10 es un diagrama que muestra un ejemplo de configuración de una unidad de suministro de energía 30

ES 2 743 164 T3

para el inversor 9. En la Figura 1, la unidad de suministro de energía 30 se indica como el suministro de energía de CC 10.

La unidad de suministro de energía 30 incluye un suministro de energía de CA del sistema trifásico de cuatro hilos 31, un rectificador trifásico 32 (primer rectificador) que rectifica una salida de CA trifásica del suministro de energía de CA 31, un DCL 33, un condensador regulador 34 que regula una salida del rectificador trifásico 32, un ACL 35, un rectificador monofásico 36 (segundo rectificador) que recibe una salida de cualquier fase del suministro de energía de CA 31 y una salida de un punto neutro del suministro de energía de CA 31 como entrada y rectifica las salidas, un condensador regulador 37 que regula una salida del rectificador monofásico 36 y una unidad de conmutación 38 que selecciona cualquiera de los condensadores reguladores 34 y 37, y transmite un voltaje del seleccionado hacia el inversor 9.

Dado que el suministro de energía de CA 31 es del sistema trifásico de cuatro hilos, un voltaje a través del condensador regulador 34 es diferente a un voltaje a través del condensador regulador 37. El voltaje a través del condensador regulador 37 es $1/\sqrt{3}$ veces el voltaje a través del condensador regulador 34.

En el modo de funcionamiento de compresión, el inversor 9 se acciona mediante el uso del voltaje a través del condensador regulador 34. Sin embargo, en el modo de funcionamiento de calentamiento, si el inversor 9 se acciona mediante el uso del voltaje a través del condensador regulador 34, es posible reducir la pérdida de conducción causada por el flujo de corriente, y reducir la cantidad de corriente mediante el componente de inductancia del motor 8 debido a una frecuencia alta, pero aumenta la pérdida de conmutación. La pérdida de conmutación depende del voltaje de entrada del inversor 9.

Por lo tanto, en el modo de funcionamiento de calentamiento, el inversor 9 se acciona mediante el uso del voltaje a través del condensador regulador 37, no del voltaje a través del condensador regulador 34. Es decir, la unidad de conmutación 38 se conmuta para transmitir un voltaje desde el condensador regulador 34 hacia el inversor 9 en el modo de funcionamiento de compresión, y transmitir un voltaje desde el condensador regulador 37 hacia el inversor 9 en el modo de funcionamiento de calentamiento. Tal como se describió anteriormente, el voltaje a través del condensador regulador 37 es $1/\sqrt{3}$ veces el voltaje a través del condensador regulador 34. Por lo tanto, el voltaje de entrada del inversor 9 en el modo de funcionamiento de calentamiento puede reducirse más que en el modo de funcionamiento de compresión, lo que permite reducir la pérdida de conmutación.

Por consiguiente, es posible reducir la pérdida de conmutación en el inversor 9 en el modo de funcionamiento de calefacción para mejorar la eficiencia del inversor 9, y es posible reducir el consumo de energía. También es posible reducir el ruido de conmutación mediante la disminución del voltaje, y es posible tomar medidas contra el ruido de manera económica.

Desde luego, el voltaje de CC en el modo de funcionamiento de calentamiento puede disminuir más que el voltaje en el modo de funcionamiento de compresión mediante cualquier otro método que el método explicado con referencia a la Figura 10.

En la actualidad, en general, la tendencia principal es utilizar silicio (Si) como material de un semiconductor para los elementos de conmutación 16a a 16f que constituyen el inversor 9 y los diodos 17a a 17f que están conectados en paralelo a los elementos de conmutación 16a a 16f respectivos. Sin embargo, en lugar de este tipo de semiconductor, es posible utilizar un semiconductor con brecha energética de banda ancha cuyo material es carburo de silicio (SiC), nitruro de galio (GaN) o diamante.

Los elementos de conmutación y los elementos de diodo elaborados a partir de un semiconductor con brecha energética de banda ancha tienen una resistencia de voltaje alta y una densidad de corriente permisible alta. Por lo tanto, es posible reducir el tamaño de los elementos de conmutación y los elementos de diodo, y mediante el uso de estos elementos de conmutación y elementos de diodo con tamaño reducido, es posible reducir el tamaño de un módulo semiconductor con estos elementos incorporados.

Los elementos de conmutación y los elementos de diodo elaborados a partir de un semiconductor con brecha energética de banda ancha tienen una resistencia al calor alta. Por consiguiente, es posible reducir el tamaño de la aleta de un radiador de un disipador térmico y enfriar el aire de una parte de refrigeración de agua, lo que permite reducir aún más el tamaño del módulo semiconductor.

Además, los elementos de conmutación y los elementos de diodo elaborados a partir de un semiconductor con brecha energética de banda ancha tienen poca pérdida de energía. Por lo tanto, es posible elaborar los elementos de conmutación y los elementos de diodo para que tengan una gran eficiencia, lo que permite que el módulo semiconductor sea altamente eficiente.

Si bien se desea que tanto los elementos de conmutación 16a a 16f como los diodos 17a a 17f estén elaborados a partir de un semiconductor con brecha energética de banda ancha, también es suficiente con que ya sea los elementos de conmutación o los diodos estén elaborados a partir de un semiconductor con brecha energética de banda ancha.

Además, solo los elementos de conmutación superiores 16a a 16c o los elementos de conmutación inferiores 16d a

16f pueden estar elaborados a partir de un semiconductor con brecha energética de banda ancha. En este caso, el vector de voltaje, que se convierte en el vector cero, se coloca haciendo coincidir el lado en el que se realiza la configuración a partir del semiconductor con brecha energética de banda ancha, lo que permite reducir la pérdida de conducción causada por el flujo de la corriente.

- 5 De manera alternativa, solo los diodos 17 conectados en paralelo inverso a los elementos de conmutación 16a a 16f pueden elaborados a partir del semiconductor con brecha energética de banda ancha. Esto se debe a que la corriente de reflujo solo fluye mediante la impedancia del motor 8. Hay un efecto mayor, particularmente, cuando el valor del comando de voltaje es bajo, de modo que se prolonga el período de tiempo durante el cual fluye la corriente de reflujo.

- 10 Además, cuando se usa el semiconductor con brecha energética de banda ancha, mejora la resistencia al calor, de modo que un motor de ventilador para enfriamiento de aire puede detenerse al momento de aplicar el voltaje de alta frecuencia en el modo de funcionamiento de calentamiento. En particular, dado que el suministro de energía de precalentamiento para impedir que el refrigerante sea retenido en el compresor 1 se realiza en el momento del apagado del motor 8, el consumo de energía en el momento del apagado (en modo de suspensión) puede reducirse aún más en proporción a la cantidad accionada del motor del ventilador. Por consiguiente, se puede lograr una mayor reducción del consumo de energía durante la suspensión.

Además, pueden producirse efectos idénticos mediante el uso de un MOSFET (transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor) que tiene una estructura de superunión que se conoce como un elemento de conmutación altamente eficiente.

- 20 En un compresor que tiene un mecanismo espiral, el alivio de alta presión de una cámara de compresión es difícil. Por lo tanto, existe una gran posibilidad de provocar una rotura del mecanismo de compresión debido a una tensión excesiva aplicada al mecanismo de compresión en un caso de compresión de líquidos, en comparación con un compresor de otros sistemas. Sin embargo, en el dispositivo de bomba de calor 100 según la primera realización, es posible un calentamiento eficiente del compresor 1, y se puede suprimir el estancamiento de un refrigerante líquido en el compresor 1. Por consiguiente, puede evitarse la compresión de líquidos, el dispositivo de bomba de calor 100 es beneficioso incluso cuando se usa un compresor espiral como el compresor 1.

- 25 Además, en el caso de un dispositivo de calentamiento que tiene una frecuencia de 10 kHz y una salida superior a 50 W, el dispositivo de calentamiento puede estar sujeto a la restricción de las leyes y reglamentaciones. Por este motivo, también puede admitirse que se ajuste una amplitud del valor de comando de voltaje para que no supere los 50 W con anticipación, y/o se ejecute el control de retroalimentación con la detección de la corriente que fluye y el voltaje para que sea de 50 W o menos.

La unidad de control del inversor 12 está configurada por una CPU (unidad de procesamiento central), un DSP (procesador de señal digital), un microordenador, un circuito electrónico, o similares.

A continuación, se explica un ejemplo de una configuración de circuito del dispositivo de bomba de calor 100.

- 35 Por ejemplo, en la Figura 1 y similares, se muestra el dispositivo de bomba de calor 100 en el cual el compresor 1, la válvula de cuatro vías 2, el intercambiador de calor 3, el mecanismo de expansión 4 y el intercambiador de calor 5 están conectados secuencialmente mediante la tubería. En este ejemplo, se explica el dispositivo de bomba de calor 100 que tiene una configuración más específica.

La Figura 11 es un diagrama de configuración de un circuito del dispositivo de bomba de calor 100 según la primera realización.

- 40 La Figura 12 es un diagrama de Mollier de un estado del refrigerante del dispositivo de bomba de calor 100 que se muestra en la Figura 11. En la Figura 12, se indica una entalpía específica en un eje horizontal, y se indica una presión del refrigerante en un eje vertical.

- 45 En el dispositivo de bomba de calor 100, un compresor 41, un intercambiador de calor 42, un mecanismo de expansión 43, un receptor 44, un intercambiador de calor interno 45, un mecanismo de expansión 46 y un intercambiador de calor 47 están conectados secuencialmente mediante tuberías, y el dispositivo de bomba de calor 100 incluye un circuito principal de refrigerante 48 a través del cual circula el refrigerante. En el circuito principal de refrigerante 48, se proporciona una válvula de cuatro vías 49 en un lado de descarga del compresor 41, de modo que se puede cambiar la dirección de circulación del refrigerante. Se proporciona un ventilador 50 cerca del intercambiador de calor 47. El compresor 41 es el compresor 1 que se explica en la realización descrita anteriormente, e incluye el motor 8 accionado por el inversor 9 y el mecanismo de compresión 7.

Además, el dispositivo de bomba de calor 100 incluye un circuito de inyección 52 que se conecta entre el receptor 44 y el intercambiador de calor interno 45 a un tubo de inyección del compresor 41 mediante la tubería. Un mecanismo de expansión 51 y el intercambiador de calor interno 45 están conectados secuencialmente al circuito de inyección 52.

- 55 Un circuito de agua 53 en el que circula agua está conectado al intercambiador de calor 42. Un dispositivo que utiliza agua de un dispensador de agua caliente, un radiador, un radiador para calentar el piso, o similares están conectados

al circuito de agua 53.

En primer lugar, se explica una operación del dispositivo de bomba de calor 100 en el momento de una operación de calentamiento. En el momento de la operación de calentamiento, la válvula de cuatro vías 49 se fija en la dirección de una línea continua. La operación de calentamiento incluye no solo el calentamiento utilizado para el aire acondicionado, sino también el suministro de agua caliente para aplicar calor al agua para producir agua caliente.

Un refrigerante en fase gaseosa (en un punto 1 en la Figura 12), que se ha convertido en un refrigerante con una temperatura alta y una presión alta en el compresor 41, se descarga desde el compresor 41, y se intercambia como calor mediante el intercambiador de calor 42, que es un condensador y un radiador, para convertirse en líquido (en un punto 2 en la Figura 12). En este momento, el agua que circula en el circuito de agua 53 se calienta mediante el calor irradiado desde el refrigerante, y se usa para el calentamiento y suministro de agua caliente.

El refrigerante en fase líquida convertido en líquido mediante el intercambiador de calor 42 se reduce por presión mediante el mecanismo de expansión 43, y se convierte en un estado bifásico gas-líquido (en un punto 3 en la Figura 12). El refrigerante, que se ha convertido en el estado bifásico gas-líquido en el mecanismo de expansión 43, se intercambia como calor con el refrigerante aspirado hacia el compresor 41 mediante el receptor 44, y se enfría y se convierte en líquido (en un punto 4 en la Figura 12). El refrigerante en fase líquida convertido en líquido mediante el receptor 44 se ramifica hacia el circuito refrigerante principal 48 y hacia el circuito de inyección 52 para fluir en ellos.

El refrigerante en fase líquida que fluye en el circuito refrigerante principal 48 se intercambia como calor con el refrigerante que fluye en el circuito de inyección 52, que se reduce por presión mediante el mecanismo de expansión 51 y se convierte en el estado bifásico gas-líquido mediante el intercambiador de calor 45 y se enfría adicionalmente (en un punto 5 en la Figura 12). El refrigerante en fase líquida enfriado por el intercambiador de calor interno 45 se reduce por presión mediante el mecanismo de expansión 46, y se convierte en el estado bifásico gas-líquido (en un punto 6 en la Figura 12). El refrigerante, que se ha convertido en el estado bifásico gas-líquido en el mecanismo de expansión 46, se intercambia como calor con el aire ambiente mediante el intercambiador de calor 47, que es un evaporador, y se calienta (en un punto 7 en la Figura 12). El refrigerante calentado por el intercambiador de calor 47 se calienta adicionalmente mediante el receptor 44 (en un punto 8 en la Figura 12), y es absorbido hacia el compresor 41.

Por otro lado, tal como se describió anteriormente, el refrigerante que fluye en el circuito de inyección 52 se reduce por presión mediante el mecanismo de expansión 51 (en un punto 9 en la Figura 12), y el calor intercambiado por el intercambiador de calor interno 45 (en un punto 10 en la Figura 12). Un refrigerante (refrigerante por inyección) en el estado bifásico gas-líquido, que ha sido sometido a intercambio térmico por el intercambiador de calor interno 45, fluye hacia el interior del compresor 41 desde el tubo de inyección del compresor 41 y se mantiene en el estado bifásico gas-líquido.

En el compresor 41, el refrigerante aspirado desde el circuito refrigerante principal 48 (en el punto 8 de la Figura 12) se comprime hasta una presión intermedia y se calienta (en un punto 11 de la Figura 12). El refrigerante de inyección (en el punto 10 de la Figura 12) se une al refrigerante comprimido a la presión intermedia y se calienta (en el punto 11 de la Figura 12), disminuyendo de ese modo la temperatura (en un punto 12 en la Figura 12). El refrigerante que tiene la temperatura disminuida (en el punto 12 en la Figura 12) se comprime y calienta adicionalmente para tener una temperatura alta y una presión alta, y se descarga (en el punto 1 de la Figura 12).

Cuando no se realiza la operación de inyección, una abertura del mecanismo de expansión 51 se encuentra completamente cerrada. Es decir, cuando se realiza la operación de inyección, la abertura del mecanismo de expansión 51 es mayor que una abertura predeterminada. Sin embargo, cuando no se realiza la operación de inyección, la abertura del mecanismo de expansión 51 se fija para que sea más pequeña que la abertura predeterminada. Por consiguiente, el refrigerante no fluye hacia el tubo de inyección del compresor 41.

Aquí, la abertura del mecanismo de expansión 51 es controlada mediante control electrónico por una unidad de control tal como un microordenador.

A continuación, se explica una operación del dispositivo de bomba de calor 100 en el momento de una operación de enfriamiento. En el momento de la operación de enfriamiento, la válvula de cuatro vías 49 se fija en la dirección de una línea discontinua. La operación de enfriamiento incluye no solo el enfriamiento utilizado para el aire acondicionado, sino también para la extracción de calor del agua para producir agua fría, refrigeración, y similares.

El refrigerante en fase gaseosa, que se ha convertido en un refrigerante con una temperatura alta y una presión alta en el compresor 41 (en el punto 1 de la Figura 12), se descarga desde el compresor 41, y se intercambia como calor mediante el intercambiador de calor 47, que funciona como el condensador y el radiador, para convertirse en líquido (en el punto 2 de la Figura 12). El refrigerante en fase líquida convertido en líquido mediante el intercambiador de calor 47 se reduce por presión mediante el mecanismo de expansión 46, y se convierte en un estado bifásico gas-líquido (en el punto 3 en la Figura 12). El refrigerante, que se ha convertido en el estado bifásico gas-líquido en el mecanismo de expansión 46, se intercambia como calor mediante el intercambiador de calor interno 45, y se enfría y se convierte en líquido (en el punto 4 de la Figura 12). En el intercambiador de calor interno 45, el refrigerante, que se ha convertido en el estado bifásico gas-líquido en el mecanismo de expansión 46, se intercambia como calor con el refrigerante (en

el punto 9 en la Figura 12), que se ha convertido en el estado bifásico gas-líquido al reducir la presión del refrigerante en fase líquida convertido en líquido por el intercambiador de calor interno 45, mediante el mecanismo de expansión 46. El refrigerante en fase líquida (el punto 4 en la Figura 12) intercambiado como calor por el intercambiador de calor interno 45 se ramifica hacia el circuito refrigerante principal 48 y hacia el circuito de inyección 52 para fluir en ellos.

- 5 A continuación, el refrigerante en fase líquida que fluye en el circuito refrigerante principal 48 se intercambia como calor con el refrigerante aspirado hacia el compresor 41 por el receptor 44, y se enfría adicionalmente (en el punto 5 de la Figura 12). El refrigerante en fase líquida enfriado por el receptor 44 se reduce por presión mediante el mecanismo de expansión 43, y se convierte en el estado bifásico gas-líquido (en el punto 6 en la Figura 12). El refrigerante, que se ha convertido en el estado bifásico gas-líquido en el mecanismo de expansión 43, se intercambia como calor mediante el intercambiador de calor 42, que funciona como el evaporador, y se calienta (en el punto 7 en la Figura 12). En este momento, debido a que el refrigerante absorbe calor, el agua que circula en el circuito de agua 53 se enfría y se usa para enfriamiento y refrigeración.

El refrigerante calentado por el intercambiador de calor 42 se calienta adicionalmente mediante el receptor 44 (en el punto 8 en la Figura 12), y es absorbido hacia el compresor 41.

- 15 Por otro lado, el refrigerante que fluye en el circuito de inyección 52 se reduce por presión mediante el mecanismo de expansión 51 (en el punto 9 en la Figura 12), tal como se describió anteriormente, y el calor intercambiado por el intercambiador de calor interno 45 (en el punto 10 en la Figura 12). Un refrigerante (refrigerante por inyección) en el estado bifásico gas-líquido, que ha sido intercambiado como calor por el intercambiador de calor interno 45, fluye desde el tubo de inyección del compresor 41 y se mantiene en el estado bifásico gas-líquido.

- 20 La operación de compresión en el compresor 41 es la misma que la de la operación de calentamiento.

Cuando no se realiza la operación de inyección, como en la operación de calentamiento, la abertura del mecanismo de expansión 51 se encuentra completamente cerrada, para no provocar que el refrigerante fluya hacia el tubo de inyección del compresor 41.

- 25 En las explicaciones anteriores, el intercambiador de calor 42 se ha explicado como un intercambiador de calor similar a un intercambiador de calor tipo placa que realiza el intercambio de calor entre el refrigerante y el agua que circula en el circuito de agua 53. Sin embargo, el intercambiador de calor 42 no está limitado a este, y pueden ser otros tipos de intercambiadores de calor los que realizan el intercambio de calor entre un refrigerante y el aire.

El circuito de agua 53 puede no ser un circuito en el que circula agua, sino que puede ser un circuito en el que circula otro tipo de fluido.

- 30 Tal como se describió anteriormente, el dispositivo de bomba de calor 100 puede usarse para un dispositivo de bomba de calor que usa un compresor inversor, tal como un aire acondicionado, un calentador de agua con bomba de calor, un refrigerador, un congelador, y similares.

Lista de signos de referencia

- 35 1 compresor, 2 válvula de cuatro vías, 3 intercambiador de calor, 4 mecanismo de expansión, 5 intercambiador de calor, 6 tubo de refrigerante, 7 mecanismo de compresión, 8 motor, 9 inversor, 10 suministro de energía de CC, 11 unidad de detección de voltaje de bus, 12 unidad de control del inversor, 13 unidad de determinación de calentamiento, 14 unidad de generación de comando de voltaje, 15 unidad de generación de señales PWM, 16 elemento de conmutación, 17 diodo, 30 unidad de suministro de energía, 31 suministro de energía de CA, 32 rectificador trifásico, 33 DCL, 34 condensador regulador, 35 ACL, 36 rectificador monofásico, 37 condensador regulador, 38 unidad de conmutación, 41 compresor, 42, 47 intercambiador de calor, 43, 46, 51 mecanismo de expansión, 44 receptor, 45 intercambiador de calor interno, 48 circuito de refrigerante principal, 49 válvula de cuatro vías, 50 ventilador, 52 circuito de inyección, 53 circuito de agua, 100 dispositivo de bomba de calor.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de bomba de calor (100), que comprende:
un compresor (1) con un mecanismo de compresión (7) para comprimir un refrigerante;
un motor (8) que se configura para accionar el mecanismo de compresión (7) del compresor (1);
- 5 un inversor trifásico (9) que se configura para conectar en paralelo tres partes de conexión en serie, cada una de las cuales se construye con dos elementos de conmutación (16a, 16d; 16b, 16e; 16c, 16f) en un lado de voltaje positivo y un lado de voltaje negativo; y
- 10 una unidad de control del inversor (12) que se configura para generar seis señales de accionamiento correspondientes a los elementos de conmutación respectivos del inversor trifásico (9), y se configura, además, para transmitir las señales de accionamiento generadas a los elementos de conmutación correspondientes del inversor trifásico (9) para provocar que el inversor trifásico (9) genere un voltaje de CA de alta frecuencia,
- 15 caracterizado por que, cuando se generan las señales de accionamiento, la unidad de control del inversor (12) se configura para conmutar entre los estados encendido/apagado de los elementos de conmutación que constituyen una de las partes de conexión en serie desde un estado de un vector cero, en el que todos los elementos de conmutación en cualquiera del lado de voltaje positivo y el lado de voltaje negativo de las tres partes de conexión en serie están en cualquier estado encendidos y todos los elementos de conmutación en el otro lado de voltaje positivo y el lado de voltaje negativo se encuentran apagados, para cambiar a un estado de un vector real distinto del vector cero y, desde el vector real, se configura para conmutar simultáneamente entre los estados encendido/apagado de los elementos de conmutación que constituyen dos de las partes de conexión en serie, para cambiar a un estado del vector cero.
- 20 2. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 1, en donde la unidad de control del inversor (12) incluye:
- 25 una unidad de selección de comando de voltaje (14) que se configura para conmutar secuencialmente cada uno de los tres valores de comando de voltaje Vu^* , Vv^* y Vw^* , respectivamente, entre dos valores preestablecidos y seleccionar uno de los valores, en sincronización con una señal de referencia que tiene una frecuencia predeterminada; y
- una unidad de generación de señales de accionamiento (15) que se configura para generar seis señales de accionamiento correspondientes a los elementos de conmutación respectivos del inversor trifásico, mediante la comparación de los tres valores de comando de voltaje seleccionados por la unidad de selección de comando de voltaje (14) con la señal de referencia.
- 30 3. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 2, en donde
- la señal de referencia es una señal cuya parte superior y valle mediante el cambio de un valor con respecto al tiempo pueden identificarse, y
- la unidad de selección de comando de voltaje (14) se configura para conmutar cada uno de los tres valores de comando de voltaje Vu^* , Vv^* y Vw^* en los tiempos de una parte superior e inferior de la señal de referencia.
- 35 4. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 1, en donde la unidad de control del inversor (12) se configura para funcionar en un modo de funcionamiento de compresión en el que el compresor (1) comprime un refrigerante o en un modo de funcionamiento de calefacción en el que se calienta el compresor (1) y, cuando la unidad de control del inversor (12) se configura para funcionar en el modo de funcionamiento de compresión, la unidad de control del inversor (12) se configurada para provocar que el inversor trifásico (9) genere un voltaje de CA con una frecuencia a la que gira el motor (8) y, cuando la unidad de control del inversor (12) se configura para funcionar en el modo de funcionamiento de calentamiento, la unidad de control del inversor (12) se configura para provocar que el inversor trifásico (9) genere el voltaje de CA de alta frecuencia con una frecuencia mayor que la del voltaje de CA generado en el modo de funcionamiento de compresión, en el cual el motor (8) no gira.
- 40 5. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 4, en donde el dispositivo de bomba de calor (100) comprende, además, una unidad de suministro de energía (30) que se configura para aplicar un voltaje al inversor trifásico (9) y, cuando la unidad de control del inversor (12) se configura para funcionar en el modo de funcionamiento de calentamiento, la unidad de suministro de energía (30) se configura para aplicar un voltaje más bajo que en un caso donde la unidad de control del inversor (12) se configura para funcionar en el modo de funcionamiento de compresión al inversor trifásico (9).
- 45 6. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 5, en donde la unidad de suministro de energía (30) incluye:
- 50 un suministro de energía de CA del sistema trifásico de cuatro hilos (31);

un primer rectificador (32) que se configura para recibir salidas de CA trifásicas del suministro de energía de CA (31) como entradas y se configura para rectificar su voltaje;

un segundo rectificador (36) que se configura para recibir una salida de cualquier fase del suministro de energía de CA (31) y una salida de un punto neutro de este como entradas y se configura para rectificar su voltaje; y

5 una unidad de conmutación (38) que se configura para realizar la conmutación para aplicar el voltaje rectificado por el primer rectificador (32) al inversor trifásico (9) cuando la unidad de control del inversor (12) funciona en el modo de funcionamiento de compresión, y aplicar el voltaje rectificado por el segundo rectificador (36) al inversor trifásico (9) cuando la unidad de control del inversor (12) funciona en el modo de funcionamiento de calentamiento.

10 7. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 1, en donde un elemento de conmutación que constituye el inversor trifásico (9) está elaborado con un semiconductor con brecha energética de banda ancha.

8. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 7, en donde el semiconductor con brecha energética de banda ancha está elaborado con SiC, GaN o diamante.

9. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 1, en donde el elemento de conmutación que constituye el inversor trifásico (9) es un MOSFET que tiene una estructura de superunión.

15 10. Un sistema de bomba de calor que comprende: el dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 1, en donde el dispositivo de bomba de calor (100) incluye un circuito refrigerante (48) en el que el compresor (41), un primer intercambiador de calor (42), un mecanismo de expansión (43, 46, 51), y un segundo intercambiador de calor (47) están conectados secuencialmente mediante tuberías, y un dispositivo de utilización de fluido que se configura para utilizar el calor del fluido, intercambiado con el refrigerante mediante el primer intercambiador de calor (42) conectado al circuito de refrigerante (48).

20 11. Un método para controlar un inversor trifásico (9) en un dispositivo de bomba de calor (100) que incluye:

un compresor (1) con un mecanismo de compresión (7) para comprimir un refrigerante;

un motor (8) que acciona el mecanismo de compresión (7) del compresor (1);

25 un inversor trifásico (9) que se configura para conectar en paralelo tres partes de conexión en serie, cada una de las cuales se construye con dos elementos de conmutación (16) en un lado de voltaje positivo y un lado de voltaje negativo; y

30 una unidad de control del inversor (12) que genera seis señales de accionamiento correspondientes a los elementos de conmutación respectivos del inversor trifásico (9), y transmite las señales de accionamiento generadas a los elementos de conmutación correspondientes del inversor trifásico (9) para provocar que el inversor trifásico (9) genere un voltaje de CA de alta frecuencia,

en donde el método incluye:

35 una etapa de conmutar entre los estados encendido/apagado de los elementos de conmutación que constituyen una de las partes de conexión en serie desde un estado de un vector cero, en el que todos los elementos de conmutación en cualquiera del lado de voltaje positivo y el lado de voltaje negativo de las tres partes de conexión en serie están encendidos y todos los elementos de conmutación en el otro lado de voltaje positivo y el lado de voltaje negativo se encuentran apagados, para cambiar a un estado de un vector real distinto del vector cero; y

desde el vector real, una etapa de conmutar simultáneamente entre los estados encendido/apagado de los elementos de conmutación que constituyen dos de las partes de conexión en serie, para cambiar a un estado del vector cero.

FIGURA 1

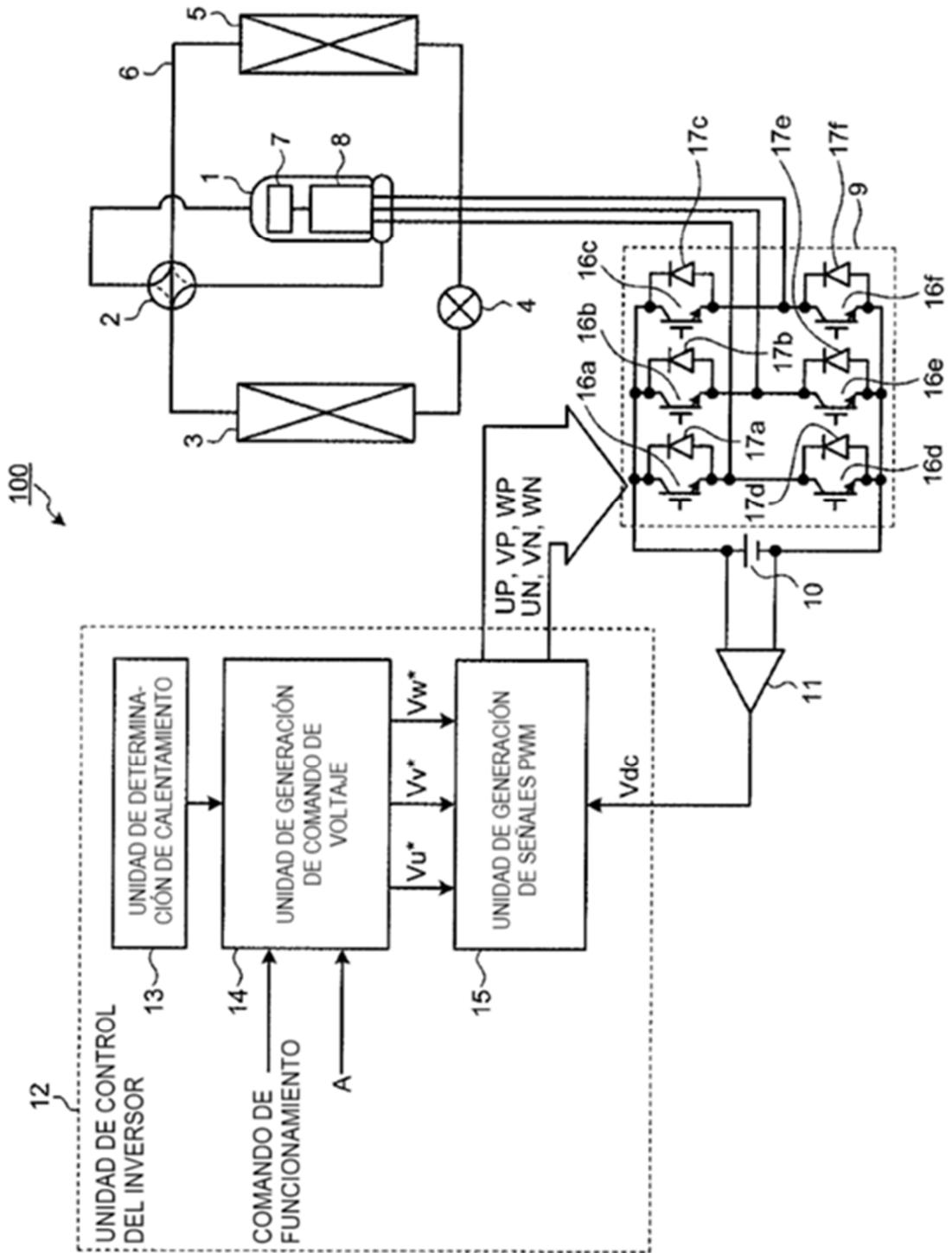


FIGURA 2

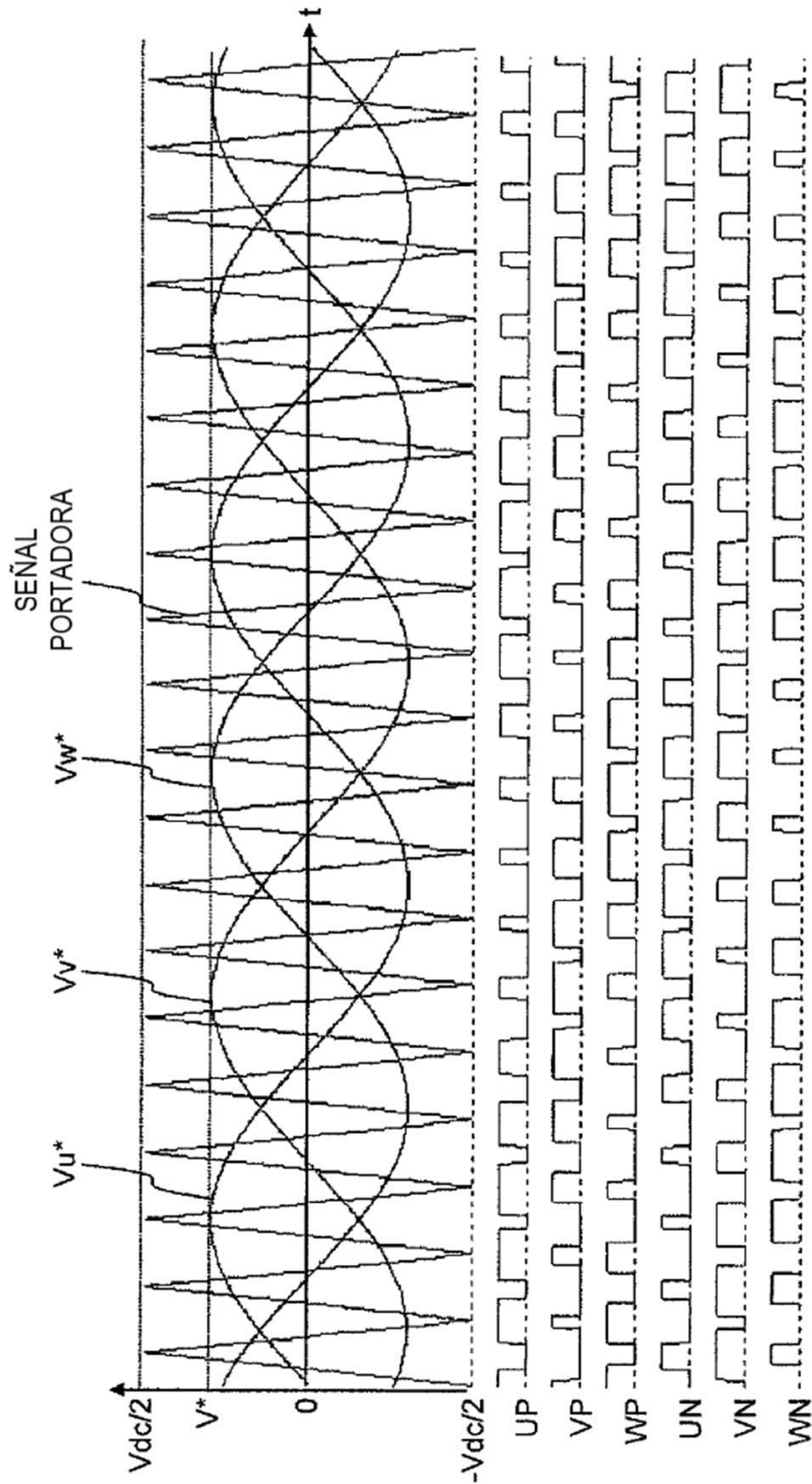


FIGURA 3

VECTOR DE VOLTAJE	DIRECCIÓN DE VOLTAJE	UP	VP	WP	UN	VN	WN
V0	0	0	0	0	1	1	1
V1	+W	0	0	1	1	1	0
V2	+V	0	1	0	1	0	1
V3	-U	0	1	1	1	0	0
V4	+U	1	0	0	0	1	1
V5	-V	1	0	1	0	1	0
V6	-W	1	1	0	0	0	1
V7	0	1	1	1	0	0	0

FIGURA 4

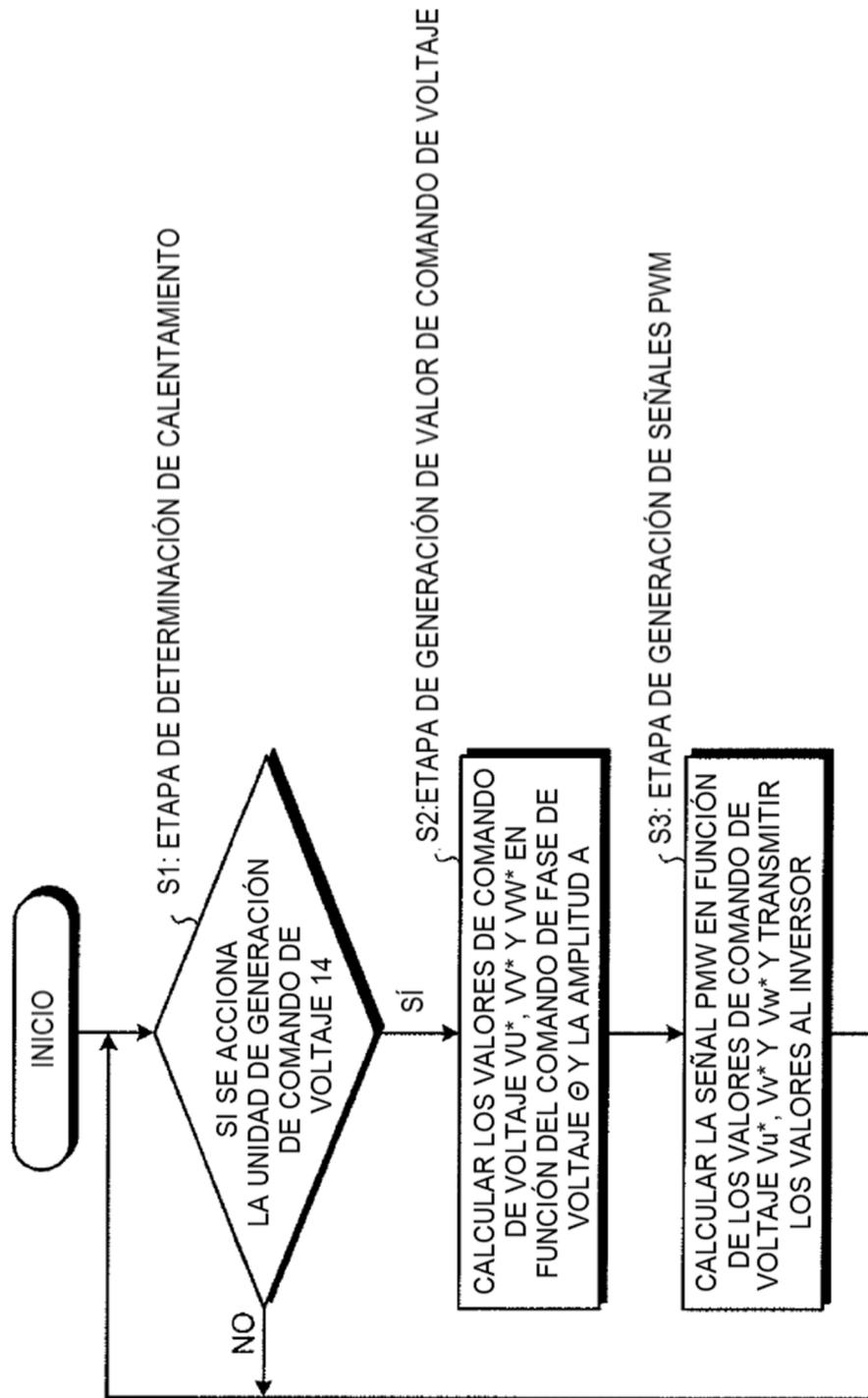


FIGURA 5

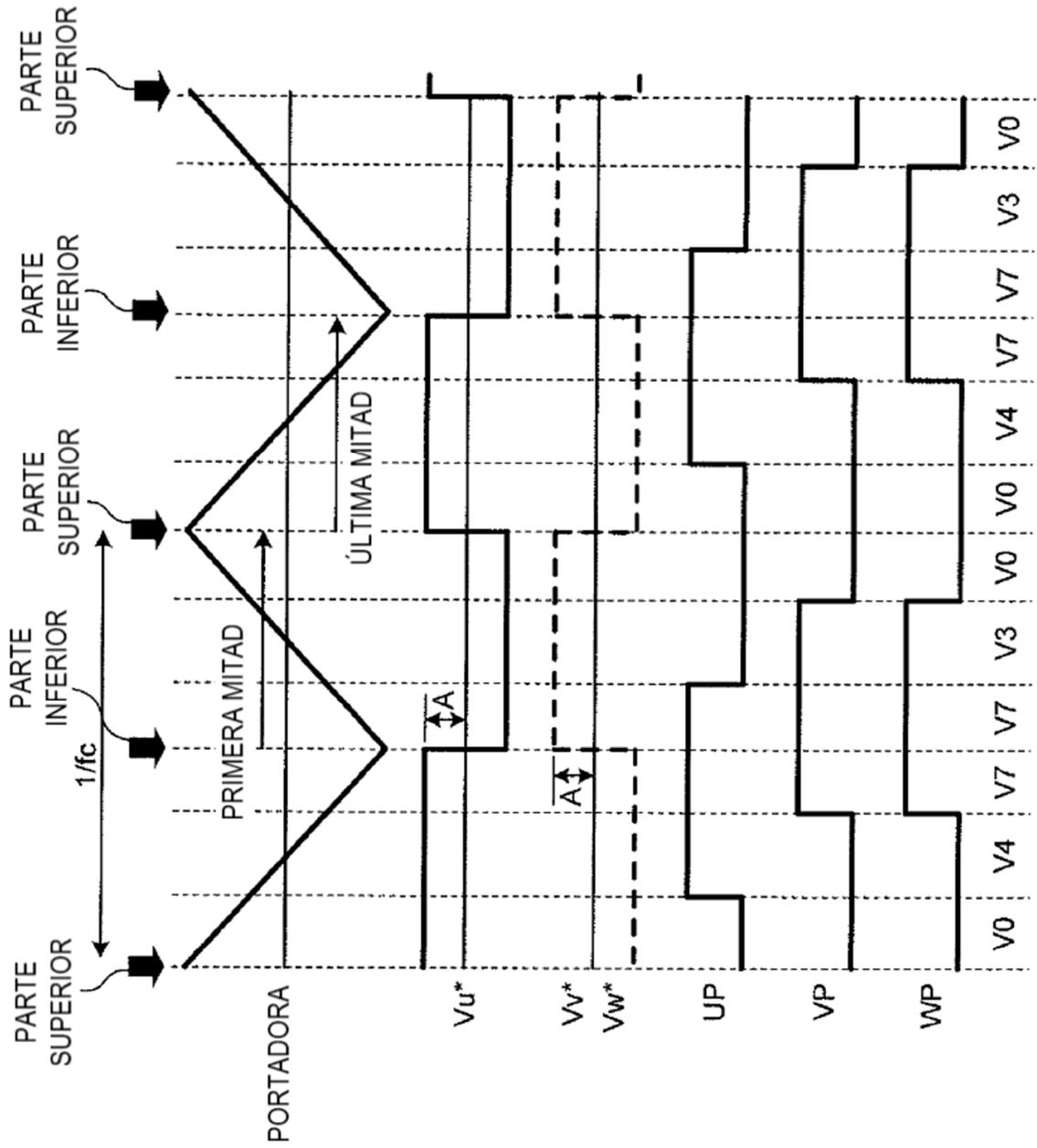


FIGURA 6

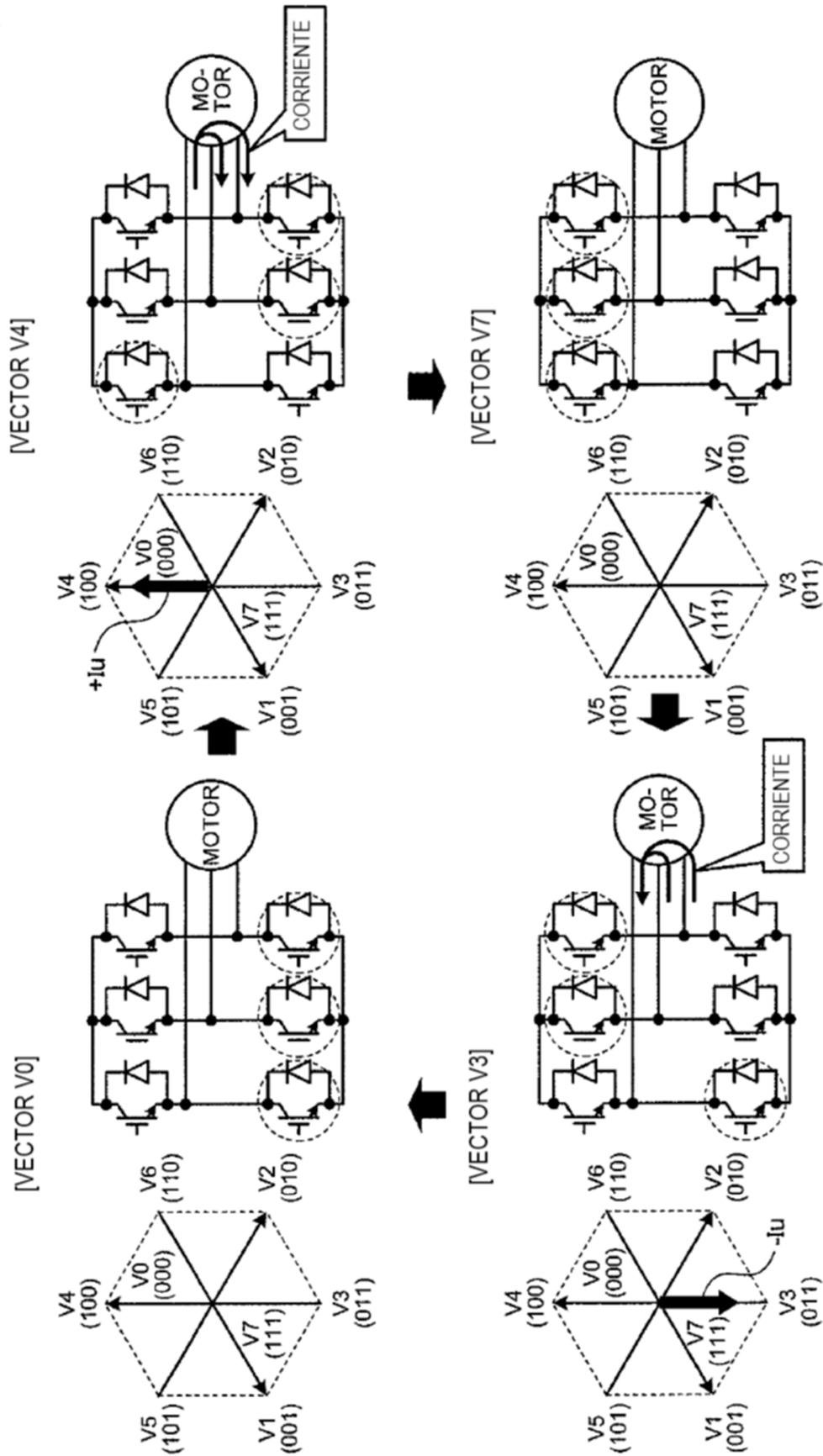
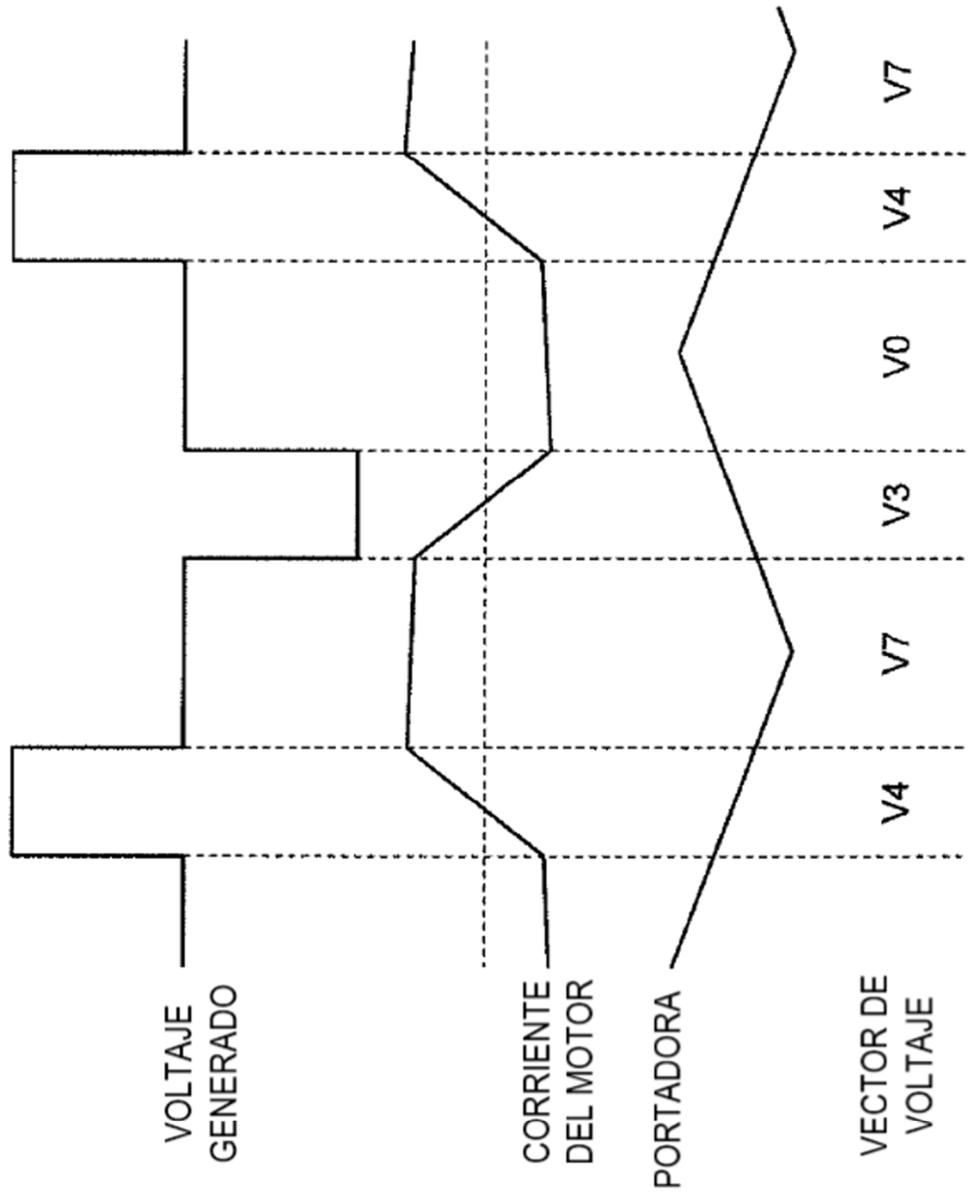


FIGURA 7



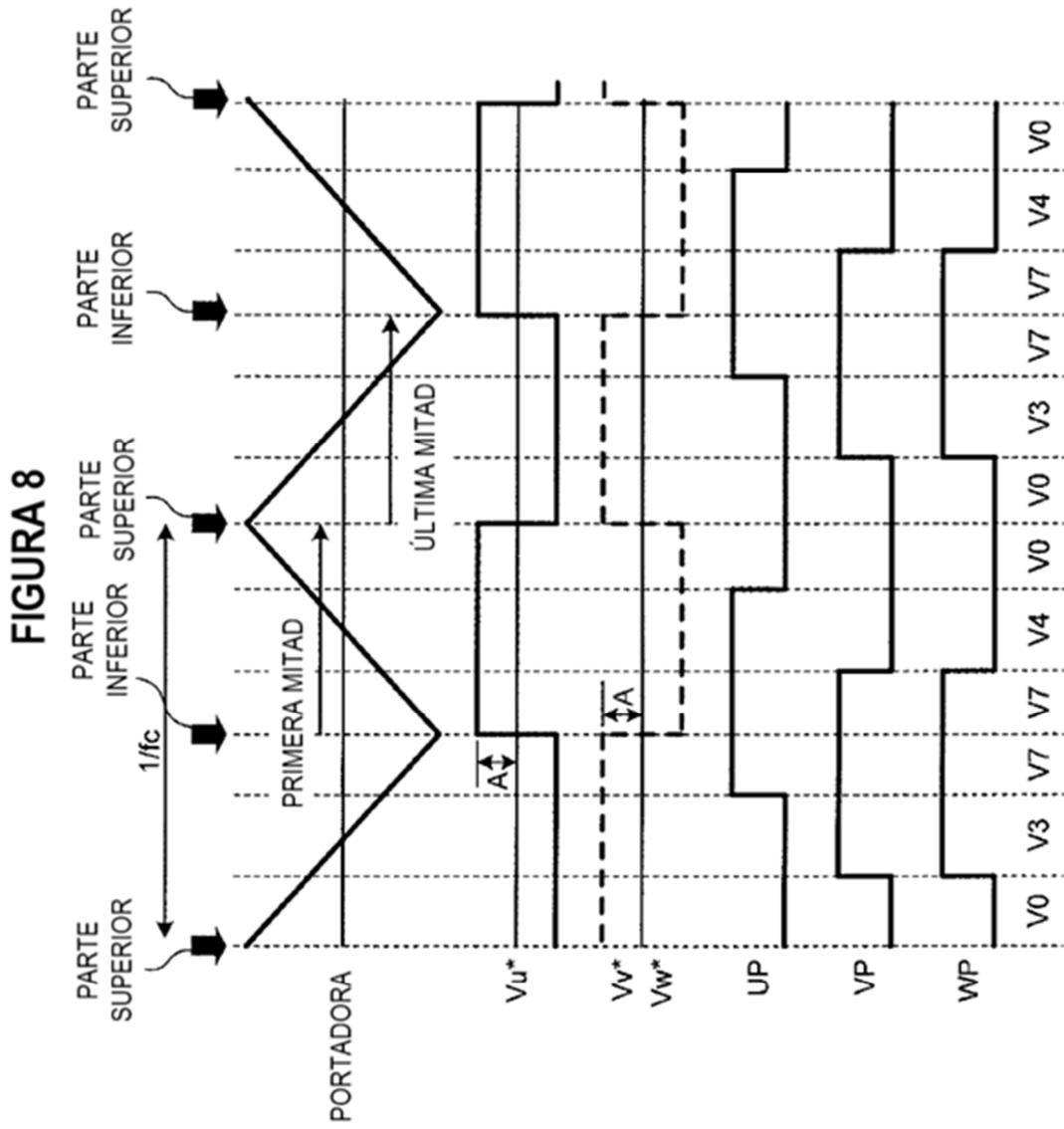


FIGURA 9

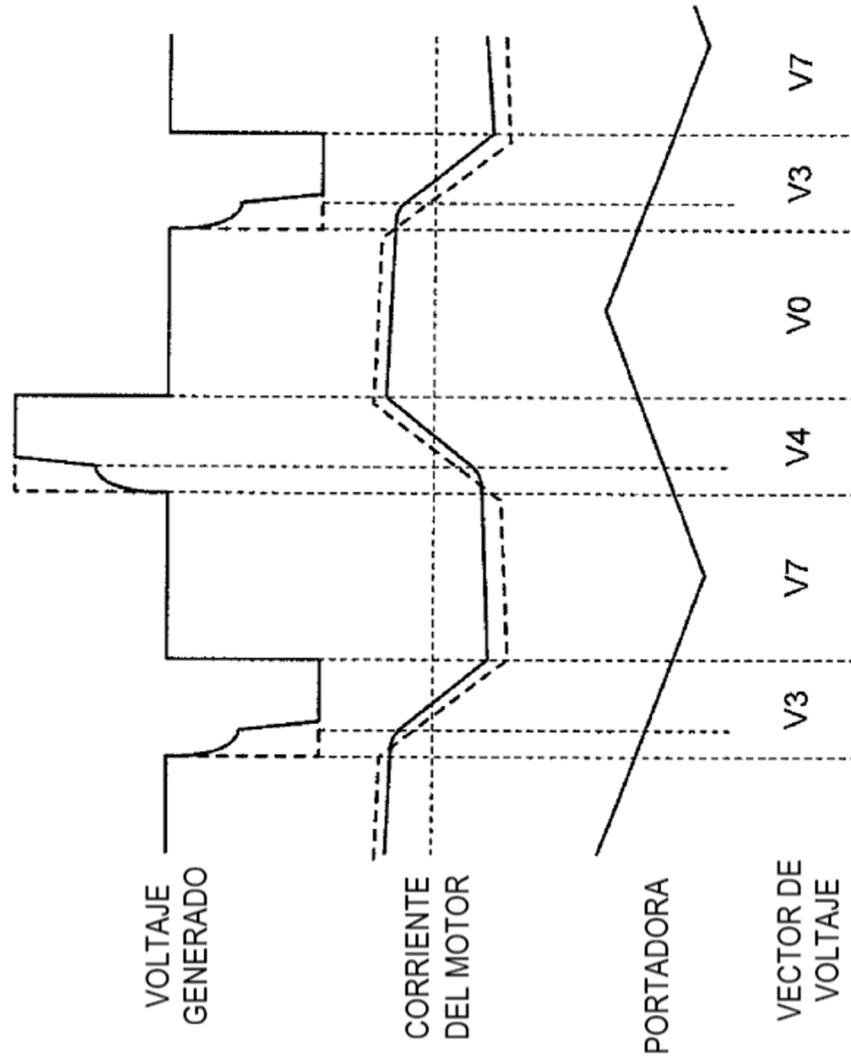


FIGURA 10

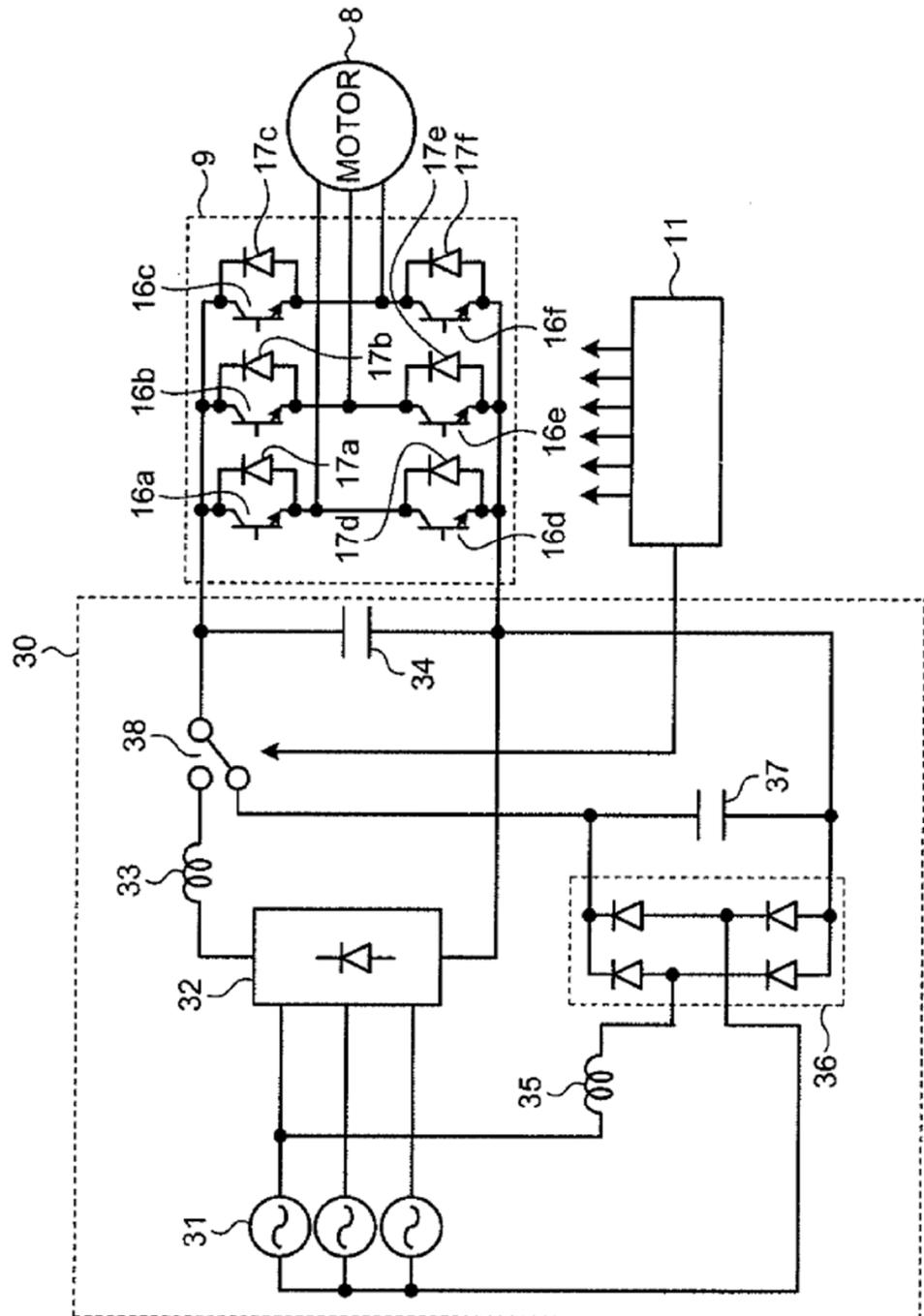


FIGURA 11

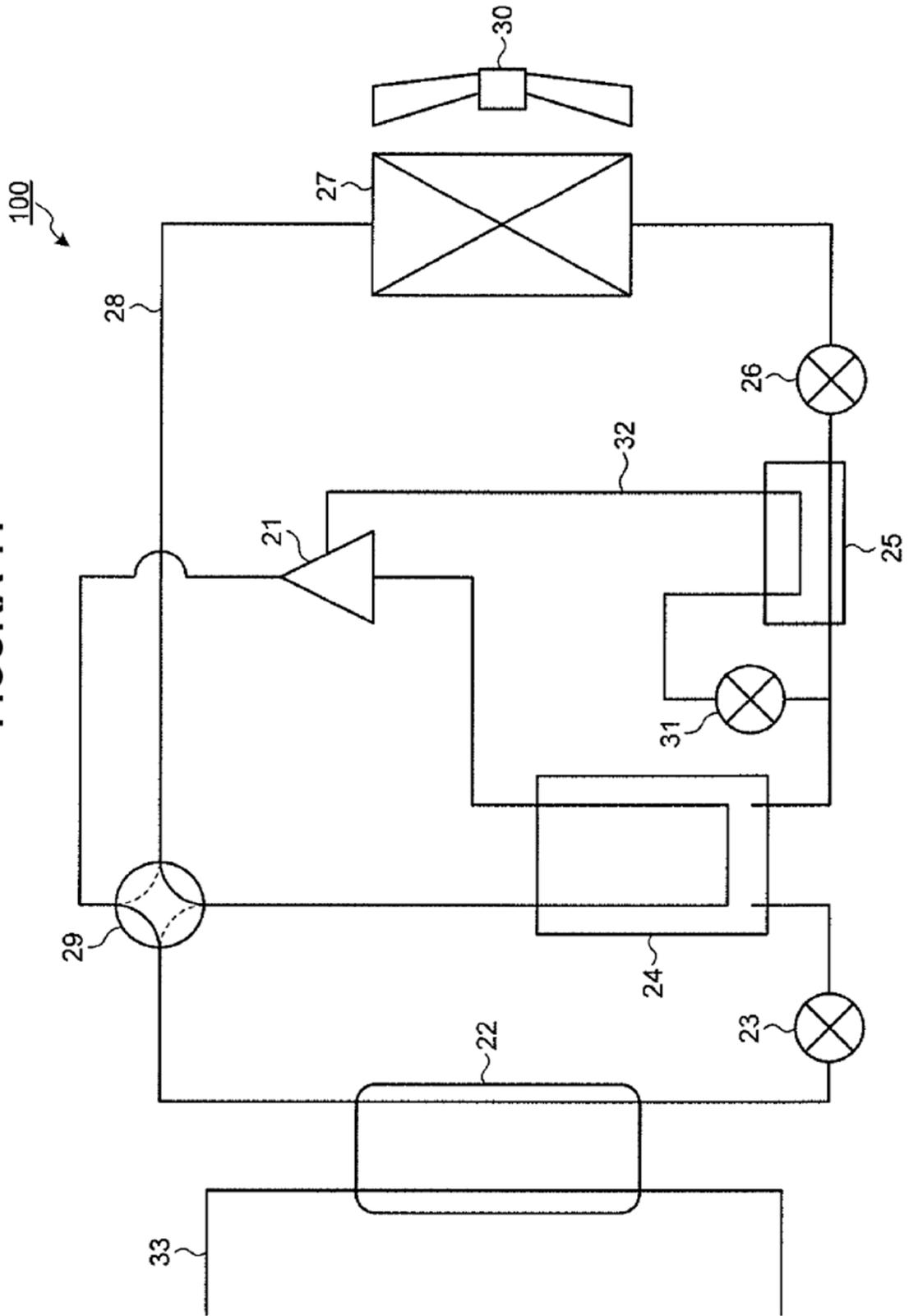


FIGURA 12

