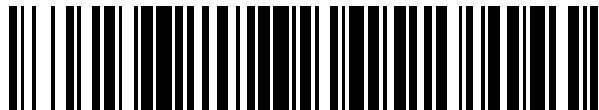


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 660 550**

51 Int. Cl.:

**H02P 29/62** (2006.01)  
**H02M 7/48** (2007.01)  
**F25B 13/00** (2006.01)  
**F25B 49/02** (2006.01)  
**H02M 1/32** (2007.01)  
**H02H 3/08** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2011 PCT/JP2011/072632**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.04.2013 WO13046454**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2011 E 11873126 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2018 EP 2763303**

54 Título: **Dispositivo de bomba de calor, sistema de bomba de calor y método para controlar un inversor**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.03.2018**

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

72 Inventor/es:  
**HATAKEYAMA, KAZUNORI;**  
**KAMIYA, SYOTA;**  
**YUASA, KENTA;**  
**MATSUSHITA, SHINYA;**  
**KUSUBE, SHINSAKU y**  
**MAKINO, TSUTOMU**

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

ES 2 660 550 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 para controlar un inversor

### Campo

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

### Antecedentes

10 En la Literatura de Patente 1, hay una descripción de suministro de un voltaje bajo de alta frecuencia a un compresor durante una parada en el momento de calentamiento. En la Literatura de Patente 2, hay una descripción de suministro de un voltaje AC monofásico que tiene una frecuencia más alta, por ejemplo, 25 kHz, que la en el momento de operación normal a un compresor cuando la temperatura de los alrededores del acondicionador de aire llega a ser baja.

15 Las técnicas descritas en las Literaturas de Patente 1 y 2 son ambas para facilitar una acción de lubricación en el compresor calentando el compresor o manteniendo el compresor caliente aplicando un voltaje AC de alta frecuencia al compresor según una disminución en la temperatura del aire exterior. El documento WO2011/074145 A1 describe un dispositivo de bomba de calor según el preámbulo de la reivindicación 1 y por consiguiente un método para controlar un inversor en un dispositivo de bomba de calor tal.

### Lista de referencias

Literatura de Patente

20 Literatura de Patente 1: Publicación de Solicitud Japonesa de Registro de Modelo de Utilidad No Examinada N° S60-68341

Literatura de Patente 2: Solicitud de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública N° S61-91445

### Compendio

Problema técnico

25 Con el fin de evitar que el motor y el inversor sean dañados cuando fluye una corriente grande, es posible detectar el valor de la corriente que fluye en el inversor y detener la aplicación de un voltaje desde el inversor al motor en un caso donde el valor de corriente detectado sea grande.

30 No obstante, cuando un voltaje AC de alta frecuencia se suministra al compresor, aunque el valor de la corriente que fluye en el inversor es grande, debido a que el valor de corriente detectado tiene una alta frecuencia, la corriente se puede eliminar como ruido. En consecuencia, aunque el valor de la corriente que fluye en el inversor es grande, la aplicación de voltaje desde el inversor al motor no se detiene; por lo tanto, se pueden dañar el motor y el inversor.

Un objeto de la presente invención es evitar que el motor y el inversor sean dañados debido al flujo de una corriente grande cuando el compresor se calienta suministrando un voltaje AC de alta frecuencia al compresor.

Solución al problema

35 Por lo tanto, se proporcionan un dispositivo de bomba de calor según la reivindicación 1 y un método según la reivindicación 12 para controlar un inversor en un dispositivo de bomba de calor.

Efectos ventajosos de la invención

40 En el dispositivo de bomba de calor según la presente invención, se genera un valor de comando de voltaje mayor o igual que el límite inferior determinado según una primera frecuencia y se genera una señal de accionamiento. Por consiguiente, la frecuencia de la corriente se reduce y por lo tanto el valor de corriente no se elimina como ruido. De esta manera, es posible detectar definitivamente que una corriente grande fluye en el inversor y detener definitivamente la salida de un voltaje desde el inversor al motor; por lo tanto, se puede evitar que sean dañados el motor y el inversor.

### Breve descripción de los dibujos

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

La FIG. 2 es un diagrama que muestra una configuración de un inversor 9 según la primera realización.

La FIG. 3 es un diagrama que muestra una configuración de una unidad de control de inversor 10 según la primera realización.

La FIG. 4 es un diagrama que muestra formas de onda de entrada/salida de una unidad de generación de señales de PWM 26 en la primera realización.

5 La FIG. 5 es un gráfico que muestra ocho patrones de conmutación en la primera realización.

La FIG. 6 es un diagrama que muestra una configuración de una unidad de determinación de calentamiento 12 en la primera realización.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que muestra una operación de la unidad de control de inversor 10 según la primera realización.

10 La FIG. 8 es un diagrama que muestra una configuración de la unidad de control de inversor 10 según una segunda realización.

La FIG. 9 es un diagrama de temporización cuando una fase  $\theta_p$  y una fase  $\theta_n$  se conmutan alternativamente por una unidad de selección 23 en una temporización de una parte superior y una parte inferior de una señal portadora.

La FIG. 10 es un diagrama explicativo de cambios de un vector de voltaje mostrado en la FIG. 9.

15 La FIG. 11 es un diagrama de temporización cuando la fase  $\theta_p$  y la fase  $\theta_n$  se conmutan alternativamente por la unidad de selección 23 en una temporización de una parte inferior de una señal portadora.

La FIG. 12 es un diagrama explicativo de una posición de rotor de un motor de IPM.

La FIG. 13 es un gráfico que muestra un cambio de una corriente dependiendo de una posición de rotor.

La FIG. 14 es un diagrama que muestra un voltaje aplicado cuando  $\theta_f$  se cambia con un lapso de tiempo.

20 La FIG. 15 es un diagrama que muestra corrientes que fluyen a fases U, V y W respectivas de un motor 8 cuando  $\theta_f$  es 0 grados (0 grados en una dirección de fase U (V4)), 30 grados, y 60 grados.

La FIG. 16 es un diagrama que muestra una configuración de un inversor 9 según una tercera realización.

La FIG. 17 es un diagrama que muestra el voltaje y la corriente que fluye en el motor 8 y el valor de corriente detectado por una unidad de detección de corriente 20.

25 La FIG. 18 es un diagrama que muestra la relación entre un valor de comando de voltaje  $V^*$  y un valor de corriente I.

La FIG. 19 es un diagrama que muestra una configuración de la unidad de control de inversor 10 según una tercera realización.

La FIG. 20 es un diagrama que muestra la relación entre un valor de comando de voltaje  $V^*$  y una señal portadora.

La FIG. 21 es un diagrama que muestra la relación entre un tiempo muerto y señales de PWM.

30 La FIG. 22 es un diagrama de configuración de circuito del dispositivo de bomba de calor 100 según una sexta realización.

La FIG. 23 es un gráfico de Mollier de un estado de un refrigerante del dispositivo de bomba de calor 100 mostrado en la FIG. 22.

### Descripción de las realizaciones

35 Primera realización.

En una primera realización, se explican una configuración básica y operaciones de un dispositivo de bomba de calor 100.

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

40 El dispositivo de bomba de calor 100 según la primera realización 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 están conectados secuencialmente a través de una 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. El motor 8 es un motor trifásico que incluye devanados de tres fases (fase U, fase V, fase W).

45

Un inversor 9 que aplica un voltaje al motor 8 para accionarlo está conectado eléctricamente al motor 8. El inversor 9 aplica voltajes  $V_u$ ,  $V_v$  y  $V_w$  a los devanados de la fase U, la fase V y la fase W del motor 8, respectivamente.

5 El inversor 9 está conectado eléctricamente con una unidad de control de inversor 10 incluyendo una unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 y una unidad de determinación de calentamiento 12 (unidad de detección de estado). La unidad de control de inversor 10 determina si el motor 8 necesita ser calentado en base a un voltaje de bus  $V_{dc}$  que es un voltaje de fuente de alimentación del inversor 9, transmitido desde el inversor 9, y un valor de una corriente  $I$  que fluye al motor 8. Cuando el motor 8 necesita ser calentado, la unidad de control de inversor 10 emite una señal de PWM (Modulación de Anchura de Pulsos) (señal de accionamiento) al inversor 9.

La FIG. 2 es un diagrama que muestra una configuración del inversor 9 según la primera realización.

10 El inversor 9 incluye una fuente de alimentación AC 13, un rectificador 14 que rectifica un voltaje suministrado desde la fuente de alimentación AC 13, un condensador de filtrado 15 que suaviza el voltaje rectificado por el rectificador 14 para generar un voltaje DC (voltaje de bus  $V_{dc}$ ), y una unidad de detección de voltaje de bus 16 que detecta el voltaje de bus  $V_{dc}$  generado por el condensador de filtrado 15 y emite el voltaje de bus a la unidad de control de inversor 10.

15 El inversor 9 incluye una unidad de aplicación de voltaje 19 que usa el voltaje de bus  $V_{dc}$  como fuente de alimentación. La unidad de aplicación de voltaje 19 es un circuito en el que tres partes de conexión en serie de dos elementos de conmutación (17a y 17d, 17b y 17e, y 17c y 17f) están conectadas en paralelo, y se proporcionan diodos de reflujos 18a a 18f que están conectados en paralelo con los elementos de conmutación 17a a 17f respectivos. La unidad de aplicación de voltaje 19 acciona los elementos de conmutación respectivos según las señales de PWM UP, VP, WP, UN, VN y WN, respectivamente, transmitidas desde la unidad de control de inversor 20 (17a accionado por UP, 17b accionado por VP, 17c accionado por WP, 17d accionado por UN, 17e accionado por VN, y 17f accionado por WN). La unidad de aplicación de voltaje 19 aplica los voltajes  $V_u$ ,  $V_v$  y  $V_w$  según los elementos de conmutación accionados 17 a los devanados de la fase U, fase V y fase W del motor 8, respectivamente.

25 Además, el inversor 9 incluye una unidad de detección de corriente 20 que detecta la corriente  $I$  que fluye desde el inversor 9 al motor 8 aplicando los voltajes  $V_u$ ,  $V_v$  y  $V_w$  a los devanados de la fase U, fase V y fase W del motor 8, respectivamente, para emitir la corriente  $I$  a la unidad de control de inversor 10.

La FIG. 3 es un diagrama que muestra una configuración de la unidad de control de inversor 10 según la primera realización.

30 Como se ha descrito anteriormente, la unidad de control de inversor 10 incluye la unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 y la unidad de determinación de calentamiento 12. La unidad de determinación de calentamiento 12 se explica más tarde, y la unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 se explica aquí.

35 La unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 incluye datos de tabla 21, una unidad de entrada externa 22, una unidad de selección 23, un integrador 24, una unidad de generación de comandos de voltaje 25, y una unidad de generación de señales de PWM 26.

40 La unidad de selección 23 selecciona y emite uno cualquiera de un valor de comando de voltaje  $V_c$  emitido desde la unidad de determinación de calentamiento 12, un valor de comando de voltaje  $V_t$  registrado en los datos de tabla 21, y un valor de comando de voltaje  $V_a$  introducido desde la unidad de entrada externa 22 como valor de comando de voltaje  $V^*$ . La unidad de selección 23 también selecciona y emite o bien un valor de comando de velocidad de rotación  $\omega_t$  registrado en los datos de tabla 21 o bien un valor de comando de velocidad de rotación  $\omega_a$  introducido desde la unidad de entrada externa 22 como un valor de comando de velocidad de rotación  $\omega^*$ .

El integrador 24 obtiene una fase de voltaje  $\theta$  en base al valor de comando de velocidad de rotación  $\omega^*$  emitido por la unidad de selección 23.

45 La unidad de generación de comandos de voltaje 25 genera y emite valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  usando el valor de comando de voltaje  $V^*$  emitido por la unidad de selección 23 y la fase de voltaje  $\theta$  obtenida por el integrador 24 como entradas al mismo.

La unidad de generación de señales de PWM 26 genera las señales de PWM (UP, VP, WP, UN, VN y WN) en base a los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  emitidos por la unidad de generación de comandos de voltaje 25 y el voltaje de bus  $V_{dc}$ , y emite las señales de PWM al inversor 9.

50 Ahora, se hace una descripción para un método de generación de los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  en la unidad de generación de comandos de voltaje 25 y un método de generación de la señal de PWM en la unidad de generación de señales de PWM 26.

La FIG. 4 es un gráfico que muestra formas de onda de entrada/salida de la unidad de generación de señales de PWM 26 según la primera realización.

Por ejemplo, los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  están definidos como ondas coseno (ondas seno) que tienen fases diferentes en  $2\pi/3$  como se muestra en las Ecuaciones (1) a (3). En la presente memoria,  $V^*$  indica una amplitud del valor de comando de voltaje, y  $\theta$  indica una fase del valor de comando de voltaje.

$$(1) V_u^* = V^* \cos\theta$$

$$5 \quad (2) V_v^* = V^* \cos(\theta - (2/3)\pi)$$

$$(3) V_w^* = V^* \cos(\theta + (2/3)\pi)$$

La unidad de generación de comandos de voltaje 25 calcula los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  según las Ecuaciones (1) a (3) en base al valor de comando de voltaje  $V^*$  emitido por la unidad de selección 23 y la fase de voltaje  $\theta$  obtenida por el integrador 24, y emite los valores de comandos de voltaje calculados  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  a la unidad de generación de señales de PWM 26. La unidad de generación de señales de PWM 26 compara los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  con una señal portadora (señal de referencia) que tiene una amplitud  $V_{dc}/2$  a una frecuencia predeterminada, y genera las señales de PWM UP, VP, WP, UN, VN y WN en base a una relación de magnitud entre sí.

Por ejemplo, cuando el valor de comando de voltaje  $V_u^*$  es más grande que la señal portadora, UP se fija a un voltaje para activar el elemento de conmutación 17a, y UN se fija a un voltaje para desactivar el elemento de conmutación 17d. Por otra parte, cuando el valor de comando de voltaje  $V_u^*$  es menor que la señal portadora, a la inversa, UP se fija a un voltaje para desactivar el elemento de conmutación 17a, y UN se fija a un voltaje para activar el elemento de conmutación 17d. Lo mismo se aplica a otras señales, y VP y VN se determinan en base a la comparación entre el valor de comando de voltaje  $V_v^*$  y la señal portadora, y WP y WN se determinan en base a la comparación entre el valor de comando de voltaje  $V_w^*$  y la señal portadora.

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

La FIG. 5 es un gráfico que muestra ocho patrones de conmutación en la primera realización. En la FIG. 5, los símbolos de referencia V0 a V7 indican vectores de voltaje generados en los patrones de conmutación respectivos. La dirección de voltaje de los vectores de voltaje respectivos se indica por  $\pm U$ ,  $\pm V$  y  $\pm W$  (y 0 cuando el voltaje no se genera). Aquí, "+U" significa un voltaje para generar una corriente en la dirección de fase U, que fluye al motor 8 a través de la fase U y fluye fuera del motor 8 a través de la fase V y la fase W, y "-U" significa un voltaje para generar una corriente en la dirección de fase -U, que fluye al motor 8 a través de la fase V y la fase W y fluye fuera del motor 8 a través de la fase U. Lo mismo se aplica a  $\pm V$  y  $\pm W$ .

El inversor 9 se puede hacer que emita voltajes deseados combinando los patrones de conmutación mostrados en la FIG. 5 y emitiendo un vector de voltaje. En este momento, un voltaje de alta frecuencia se puede emitir cambiando la fase  $\theta$  a una velocidad alta.

Las señales de comando de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  se pueden obtener en modulación bifásica, modulación de superposición triple armónica, modulación de vector de fase, y similares distintas de las Ecuaciones (1) a (3).

La FIG. 6 es un diagrama que muestra una configuración de la unidad de determinación de calentamiento 12 según la primera realización.

La unidad de determinación de calentamiento 12 controla un estado de operación (ACTIVO/DESACTIVADO) de la unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 en base al voltaje de bus  $V_{dc}$  detectado por la unidad de detección de voltaje de bus 16 del inversor 9, la corriente I detectada por la unidad de detección de corriente 20 del inversor 9, y similares.

La unidad de determinación de calentamiento 12 incluye una unidad de comparación de corriente 27, una unidad de comparación de voltaje 28, una unidad de detección de temperatura 29, una unidad de comparación de temperatura 30, una primera unidad de cálculo de producto lógico 31, una unidad de determinación de agrupamiento 32, una unidad de medición de tiempo transcurrido 33, una unidad de comparación de tiempo 34, una unidad de restablecimiento 35, una unidad de cálculo de suma lógica 36, una segunda unidad de cálculo de producto lógico 37, y una unidad de determinación de cantidad de calentamiento 38.

La unidad de comparación de corriente 27 emite "1" con juzgar que es un estado normal cuando la corriente I detectada y emitida por la unidad de detección de corriente 20 está en un estado de  $I_{min} < I < I_{max}$ , pero emite "0" cuando no está en el estado.

La  $I_{max}$  es un límite superior de la corriente, y la  $I_{min}$  es un límite inferior de la corriente. Cuando una corriente positiva excesiva mayor o igual que la  $I_{max}$  o una corriente negativa excesiva menor o igual que la  $I_{min}$  fluye, la unidad de comparación de corriente 27 determina que la corriente I está en un estado anormal y emite "0", operando por ello para detener el calentamiento.

## ES 2 660 550 T3

La unidad de comparación de voltaje 28 determina que el voltaje de bus Vdc está en un estado normal cuando el voltaje de bus Vdc detectado por la unidad de detección de voltaje de bus 16 está en un estado de  $Vdc\_min < Vdc < Vdc\_max$  y emite "1", pero emite "0" en otros casos.

- 5 El Vdc\_max es un límite superior del voltaje de bus, y el Vdc\_min es un límite inferior del voltaje de bus. En el caso de un voltaje de bus excesivamente alto mayor o igual que el Vdc\_max o un voltaje de bus excesivamente bajo menor o igual que el Vdc\_min, la unidad de comparación de voltaje 28 determina que el voltaje de bus está en un estado anormal y emite "0", operando por ello para detener el calentamiento.

La unidad de detección de temperatura 29 detecta una temperatura de inversor Tinv que es una temperatura de la unidad de aplicación de voltaje 19, una temperatura Tc del compresor 1, y una temperatura de aire exterior To.

- 10 La unidad de comparación de temperatura 30 compara una temperatura de protección de prefijada Tp\_inv del inversor con la temperatura de inversor Tinv, y compara una temperatura de protección prefijada Tp\_c del compresor 1 con la temperatura del compresor Tc. La unidad de comparación de temperatura 30 determina que una operación normal se realiza actualmente en un estado de  $Tp\_inv > Tinv$  y en un estado de  $Tp\_c > Tc$  y emite "1", pero emite "0" en otros casos.

- 15 En un caso de  $Tp\_inv < Tinv$ , la temperatura de inversor es alta, y en un caso de  $Tp\_c < Tc$ , la temperatura de devanado del motor 8 en el compresor 1 es alta, y así puede ocurrir un fallo de aislamiento o similar. Por lo tanto, la unidad de comparación de temperatura 30 determina que es peligroso, emite "0", y opera para detener el calentamiento. La Tp\_c necesita ser fijada, teniendo en consideración un hecho de que el compresor 1 tiene una capacidad de calor más grande que el devanado del motor 8 y la velocidad de aumento de temperatura es menor que la del devanado.

- 20 La primera unidad de cálculo de producto lógico 31 emite un producto lógico de valores de salida de la unidad de comparación actual 27, la unidad de comparación de voltaje 28 y la unidad de comparación de temperatura 30. Cuando uno cualquiera o más de los valores de salida de la unidad de comparación de corriente 27, la unidad de comparación de voltaje 28 y la unidad de comparación de temperatura 30 es 0, lo cual indica un estado anormal, la primera unidad de cálculo de producto lógico 31 emite "0" para operar detener el calentamiento.

Se ha explicado un método de detención de calentamiento usando la corriente I, el voltaje de bus Vdc, y las temperaturas Tinv y Tc. No obstante, no todos estos valores necesitan ser usados. El calentamiento se puede detener usando un parámetro distinto de estos valores.

- 30 Posteriormente, la unidad de determinación de agrupamiento 32 determina si un refrigerante líquido se retiene o no en el compresor 1 en el compresor 1 (el refrigerante es agrupado) en base a la temperatura Tc del compresor 1 y la temperatura de aire exterior To detectada por la unidad de detección de temperatura 29.

- 35 Debido a que el compresor 1 tiene la capacidad de calor más grande en el ciclo de refrigeración, y la temperatura del compresor Tc aumenta más lento comparado con el aumento de la temperatura del aire exterior To, la temperatura del mismo llega a ser la más baja. Debido a que el refrigerante permanece en un lugar donde la temperatura es la más baja en el ciclo de refrigeración, y se acumula como el refrigerante líquido, el refrigerante se acumula en el compresor 1 en el momento de aumento de temperatura. En un caso de  $To > Tc$ , la unidad de determinación de agrupación 32 determina que el refrigerante permanece en el compresor 1, emite "1" para iniciar el calentamiento, y detiene el calentamiento cuando  $To < Tc$ .

- 40 El control se puede ejecutar para iniciar el calentamiento cuando la Tc está en una tendencia ascendente o cuando la To está en una tendencia ascendente, y cuando la detección de la Tc o To llega a ser difícil, el control se puede realizar usando una cualquiera de ellas, permitiendo por ello realizar un control altamente fiable.

- 45 Cuando tanto la temperatura del compresor Tc como la temperatura externa To no se pueden detectar, el calentamiento del compresor 1 puede ser imposible. Por lo tanto, la unidad de medición de tiempo transcurrido 33 mide un tiempo para el cual el compresor 1 no está caliente (Elapse\_Time). Cuando se excede un límite de tiempo Limit\_Time prefijado por la unidad de comparación de tiempo 34, la unidad de medición de tiempo transcurrido 33 emite "1" para iniciar el calentamiento del compresor 1. Debido que el cambio de temperatura en un día es de manera que la temperatura aumenta desde la mañana cuando el sale el sol hacia el día, y la temperatura cae desde la tarde hacia la noche, el aumento y caída de temperatura se repiten en un ciclo de aproximadamente 12 horas. Por esta razón, por ejemplo, el Limit\_Time se puede fijar a alrededor de 12 horas.

- 50 El Elapse\_Time se fija a "0" por la unidad de restablecimiento 35, cuando se ejecuta el calentamiento del compresor 1.

- 55 La unidad de cálculo de suma lógica 36 emite una suma lógica de valores de salida de la unidad de determinación de agrupación 32 y la unidad de comparación de tiempo 34. Cuando al menos uno de los valores de salida de la unidad de determinación de agrupación 32 y la unidad de comparación de tiempo 34 llega a ser "1" indicando el comienzo del calentamiento, la unidad de cálculo de suma lógica 36 emite "1" para iniciar el calentamiento del compresor "1".

La segunda unidad de cálculo de producto lógico 37 emite un producto lógico de los valores de salida de la primera unidad de producto lógico 31 y la unidad de cálculo de suma lógica 36 como valor de salida de la unidad de determinación de calentamiento 12. Cuando el valor de salida es 1, la unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 se acciona para realizar una operación de calentamiento del compresor 1. Por otra parte, cuando el valor de salida es 0, la unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 no se acciona, y la operación de calentamiento del compresor 1 no se realiza, o la operación de la unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 se detiene para detener la operación de calentamiento del compresor 1.

Debido a que la segunda unidad de cálculo de producto lógico 37 emite el producto lógico, cuando una señal "0" para detener el calentamiento del compresor 1 está siendo emitida por la primera unidad de cálculo de producto lógico 31, el calentamiento se puede detener incluso si una señal "1" que indica el inicio del calentamiento se emite a la unidad de cálculo de suma lógica 36. Por lo tanto, es posible realizar el dispositivo de bomba de calor que puede minimizar el consumo de potencia en un modo de espera activa al tiempo que asegura cierta fiabilidad.

La unidad de determinación de agrupación 32 detecta un estado donde un refrigerante líquido se queda en el compresor 1 en base a la temperatura del compresor  $T_c$  y la temperatura externa  $T_o$ . Además, la unidad de determinación de cantidad de calentamiento 38 determina la cantidad del refrigerante líquido retenido en el compresor 1 en base a la temperatura del compresor  $T_c$  y la temperatura externa  $T_o$ . La unidad de determinación de cantidad de calentamiento 38 entonces calcula y emite el valor de comando de voltaje  $V_c$  requerido para expulsar el refrigerante al exterior del compresor 1 según la cantidad determinada del refrigerante de líquido. Por consiguiente, el estado donde el refrigerante líquido se retiene en el compresor 1 se puede resolver con la potencia eléctrica necesaria mínima, y la influencia en el calentamiento global se puede reducir con el consumo de potencia que se reduce.

Una operación de la unidad de control de inversor 10 se explica a continuación.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que muestra una operación de la unidad de control de inversor 10 en la primera realización.

(S1: Paso de determinación de calentamiento)

La unidad de determinación de calentamiento 12 determina si accionar la unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 mediante la operación descrita anteriormente durante la parada del compresor 1.

Cuando la unidad de determinación de calentamiento 12 determina que la unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 se debería accionar, es decir, cuando el valor de salida de la unidad de determinación de calentamiento 12 es "1" (ACTIVA) (SÍ en S1), el proceso pasa a S2 para generar señales de PWM para calentamiento. Por otra parte, cuando la unidad de determinación de calentamiento 12 determina que la unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 no se debería accionar, es decir, cuando el valor de salida de la unidad de determinación de calentamiento 12 es "0" (DESACTIVADA) (NO en S1), la unidad de determinación de calentamiento 12 determina si accionar la unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 de nuevo después de que haya pasado un tiempo predeterminado.

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

La unidad de selección 23 selecciona el valor de comando de voltaje  $V^*$  y el valor de comando de velocidad de rotación  $\omega^*$ , y el integrador 24 obtiene la fase de voltaje  $\theta$  en base al valor de comando de velocidad de rotación  $\omega^*$  seleccionado por la unidad de selección 23. La unidad de generación de comandos de voltaje 25 calcula los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  según las Ecuaciones (1) a (3) en base al valor de comando de voltaje  $V^*$  seleccionado por la unidad de selección 23 y la fase de voltaje  $\theta$  obtenida por el integrador 24, y emite los valores de comandos de voltaje calculados  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  a la unidad de generación de señales de PWM 26.

(S3: Paso de generación de señales de PWM)

La unidad de generación de señales de PWM 26 compara los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  emitidos por la unidad de generación de comandos de voltaje 25 con la señal portadora para obtener las señales de PWM UP, VP, WP, UN, VN y WN, y emite estas señales de PWM al inversor 9. Por consiguiente, los elementos de conmutación 17a a 17f del inversor 9 se accionan para aplicar un voltaje de alta frecuencia al motor 8.

Aplicando el voltaje de alta frecuencia al motor 8, el motor 8 se calienta eficazmente por pérdida de hierro del motor 8 y pérdida de cobre generada por la corriente que fluye en el devanado. Por el motor 8 que se calienta, el refrigerante líquido estancado en el compresor 1 se calienta y evapora, y se fuga fuera del compresor 1.

Después de que haya pasado un tiempo predeterminado, la unidad de determinación de calentamiento 12 vuelve a S1 de nuevo, y determina si se requiere calentamiento.

Como se ha descrito anteriormente, en el dispositivo de bomba de calor 100 según la primera realización, cuando el refrigerante líquido está estancado en el compresor 1, el voltaje de alta frecuencia se aplica al motor 8, de modo que

el motor 8 se puede calentar eficientemente al tiempo que se restringe el ruido. Por consiguiente, el refrigerante retenido en el compresor 1 se puede calentar eficientemente, y el refrigerante retenido se puede fugar al exterior del compresor 1.

5 Cuando el voltaje de alta frecuencia que tiene una frecuencia mayor o igual que una frecuencia de operación en el momento de una operación de compresión se aplica al motor 8, un rotor en el motor 8 no puede seguir la frecuencia, y no se genera ninguna rotación o vibración. Por lo tanto, en S2, la unidad de selección 23 ha emitido mejor un comando de velocidad de rotación  $\omega^*$  mayor o igual que la frecuencia de operación en el momento de la operación de compresión.

10 Generalmente, la frecuencia de operación en el momento de la operación de compresión es 1 kHz a lo sumo. Por lo tanto, un voltaje de alta frecuencia que tiene una frecuencia igual o mayor que 1 kHz solamente tiene que ser aplicado al motor 8. Cuando un voltaje de alta frecuencia que tiene una frecuencia igual o mayor que 14 kHz se aplica 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 para reducir el ruido. Para este fin, por ejemplo, la unidad de selección 23 emite el comando de velocidad de rotación  $\omega^*$  para conducir a un voltaje de alta frecuencia de  
15 alrededor de 20 kHz.

No obstante, cuando la frecuencia del voltaje de alta frecuencia excede la frecuencia nominal máxima de los elementos de conmutación 17a a 17f, una carga o cortocircuito de fuente de alimentación puede ocurrir debido a la rotura de los elementos de conmutación 17a a 17f, y puede conducir a generación de humo o fuego. Por esta razón, se desea fijar que la frecuencia del voltaje de alta frecuencia sea menor o igual que la frecuencia nominal máxima con el fin de asegurar la fiabilidad.  
20

Además, para lograr una eficiencia alta, un motor que tiene una estructura de IPM (Imán Permanente Interior) o un motor de devanado concentrado que tiene un extremo de bobina pequeña y una resistencia de devanado baja se ha usado ampliamente para el motor de compresor reciente para un dispositivo de bomba de calor. El motor de devanado concentrado tiene una resistencia de devanado pequeña y una cantidad pequeña de generación de calor debida a pérdida de cobre, y de esta manera una cantidad grande de corriente necesita ser hecha fluir al devanado. Si una cantidad grande de corriente se hace fluir al devanado, entonces la corriente que fluye al inversor 9 también aumenta, aumentando por ello la pérdida de inversor.  
25

Por lo tanto, si se realiza un calentamiento aplicando el voltaje de alta frecuencia descrito anteriormente, entonces aumenta un componente de inductancia por la alta frecuencia, aumentando por ello la impedancia de devanado. Por consiguiente, aunque la corriente que fluye al devanado disminuye y se reduce la pérdida de cobre, ocurre una pérdida de hierro debido a la aplicación del voltaje de alta frecuencia correspondiente a la cantidad de pérdida de cobre, permitiendo por ello realizar un calentamiento eficiente. Además, debido a que disminuye la corriente que fluye al devanado, la corriente que fluye al inversor también disminuye, permitiendo por ello reducir la pérdida del inversor 9 y realizar un calentamiento más eficiente.  
30

35 Si se permite un calentamiento aplicando el voltaje de alta frecuencia descrito anteriormente, cuando el compresor es un motor que tiene la estructura de IPM, una superficie de rotor donde los flujos magnéticos de alta frecuencia se entrelazan unos con otros también llega a ser una parte de generación de calor. Por lo tanto, se pueden realizar un aumento en un área que contacta con el refrigerante y una sugerencia de calentamiento del mecanismo de compresión, permitiendo por ello realizar un calentamiento eficiente del refrigerante.

40 En el presente, generalmente, la tendencia dominante es usar silicio (Si) como material de un semiconductor para los elementos de conmutación 17a a 17f que constituyen el inversor 9 y los diodos de reflujo 18a a 18f que están conectados a los elementos de conmutación 17a a 17f respectivos en paralelo. No obstante, en lugar de este tipo de semiconductor, se puede usar un semiconductor de banda prohibida amplia cuyo material es carburo de silicio (SiC), nitruro de galio (GaN) o diamante.

45 Los elementos de conmutación y elementos de diodo hechos de tal semiconductor de banda prohibida amplia tienen una resistencia de alto voltaje y una densidad de corriente admisible alta. Por lo tanto, es posible la reducción de tamaño de los elementos de conmutación y los elementos de diodo, y usando estos elementos de conmutación y elementos de diodo de tamaño reducido, se puede realizar la reducción de tamaño de un módulo de semiconductor que tiene estos elementos incorporados dentro del mismo.

50 Los elementos de conmutación y los elementos de diodo hechos de tal semiconductor de banda prohibida amplia tienen una resistencia al calor alta. Por consiguiente, se pueden realizar una reducción de tamaño de una aleta de radiador de un disipador de calor y el enfriamiento de aire de una parte de enfriamiento de agua, permitiendo por ello una reducción de tamaño adicional del módulo de semiconductor.

55 Además, los elementos de conmutación y los elementos de diodo hechos de tal semiconductor de banda prohibida amplia tienen menos pérdida de potencia. Por lo tanto, los elementos de conmutación y los elementos de diodo se pueden hacer que tengan una eficiencia alta, permitiendo por ello hacer el módulo de semiconductor altamente eficiente.



Si bien se desea que tanto los elementos de conmutación como los elementos de diodo estén hechos de un semiconductor de banda prohibida amplia, también es suficiente que o bien los elementos de conmutación o bien los de diodo estén hechos de un semiconductor de banda prohibida amplia, e incluso en este caso, se pueden lograr los efectos descritos en la presente realización.

- 5 Además, se pueden producir efectos idénticos usando un MOSFET (Transistor de Efecto de Campo Metal Óxido Semiconductor) que tiene una súper estructura de unión que es conocido como un elemento de conmutación altamente eficiente.

En un compresor que tiene un mecanismo de desplazamiento, es difícil aliviar una alta presión de una cámara de compresión. Por lo tanto, hay una alta probabilidad de causar una rotura del mecanismo de compresión debido a una tensión excesiva aplicada al mecanismo de compresión en un caso de compresión de líquido, en comparación con un compresor de otros sistemas. No obstante, 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, se puede evitar una compresión de líquido, el dispositivo de bomba de calor 100 es beneficioso incluso cuando un compresor de espiral se usa como el compresor 1.

15 Además, en el caso de un dispositivo de calentamiento que tiene una frecuencia de 10 kHz y una salida que excede de 50W, el dispositivo de calentamiento se puede someter a la restricción de las leyes y regulaciones. Por esta razón, también se puede admitir que una amplitud del valor de comando de voltaje se ajuste para no exceder de 50W por adelantado, y/o se ejecuta un control de realimentación con detección de la corriente que fluye y el voltaje para que sea de 50W o menos.

20 La unidad de control de inversor 10 está configurada por una CPU (Unidad Central de Proceso), un DSP (Procesador Digital de Señal), un microordenador, un circuito electrónico o similares.

Segunda realización.

En una segunda realización, se describe un método de generación de un voltaje de alta frecuencia.

25 En un caso de un inversor general, una frecuencia portadora, que es una frecuencia de una señal portadora, tiene un límite superior que se determina por una velocidad de conmutación de los elementos de conmutación del inversor. Por lo tanto, es difícil emitir un voltaje de alta frecuencia que tenga una frecuencia mayor o igual que la frecuencia portadora, que es una onda portadora. En un caso de un IGBT (Transistor Bipolar de Puerta Aislada) general, el límite superior de la velocidad de conmutación es de alrededor de 20 kHz.

30 Cuando la frecuencia del voltaje de alta frecuencia llega a ser de alrededor de 1/10 de la frecuencia portadora, puede ocurrir un efecto adverso de manera que se deteriora la precisión de salida de forma de onda del voltaje de alta frecuencia y los componentes DC se superponen en el voltaje de alta frecuencia. Cuando la frecuencia portadora se fija a 20 kHz en vista de lo anterior, si la frecuencia del voltaje de alta frecuencia se fija menor o igual que 2 kHz que es 1/10 de la frecuencia portadora, entonces la frecuencia del voltaje de alta frecuencia está en un dominio de frecuencia audible, y así es una preocupación que se aumenta el ruido.

35 La FIG. 8 es un diagrama que muestra una configuración de la unidad de control de inversor 10 según la segunda realización.

La unidad de control de inversor 10 según la segunda realización es la misma que la unidad de control de inversor 10 según la primera realización mostrada en la FIG. 3, excepto que la unidad de generación de voltaje de alta frecuencia 11 incluye una unidad de adición 39 que añade la fase  $\theta_p$  o la fase  $\theta_n$  conmutada por la unidad de selección 23 a una fase de referencia  $\theta_f$  para hacer la fase de voltaje  $\theta$ , en lugar del integrador 24 (véase la FIG. 3). Por lo tanto, elementos constituyentes idénticos a los de la primera realización se indican mediante los mismos signos de referencia y se omitirán las explicaciones de los mismos, y solamente se explican los puntos diferentes.

45 En la primera realización, el comando de velocidad de rotación  $\omega^*$  se integra por el integrador 24 para obtener la fase de voltaje  $\theta$ . Por otra parte, en la segunda realización, la unidad de selección 23 (unidad de conmutación de fase) conmuta alternativamente entre dos tipos de fases de voltaje, la fase  $\theta_p$  y la fase  $\theta_n$  que es diferente de la fase  $\theta_p$  sustancialmente en 180 grados. La unidad de adición 39 entonces añade la fase  $\theta_p$  o  $\theta_n$  seleccionada por la unidad de selección 23 a la fase de referencia  $\theta_f$  e indica la fase obtenida como la fase de voltaje  $\theta$ .

En las explicaciones a continuación, se supone que  $\theta_p=0$  [grados], y  $\theta_n=180$  [grados].

Una operación de la unidad de control de inversor 10 se explica a continuación.

50 Excepto para la operación de S2 mostrada en la FIG. 7, las operaciones de la unidad de control de inversor 10 son las mismas que las de la unidad de control de inversor 10 según la primera realización. Por lo tanto, se omitirán las explicaciones de las mismas.

En S2, la unidad de selección 23 conmuta entre las fases  $\theta_p$  y  $\theta_n$  alternativamente en la temporización de o bien la parte superior (pico) o bien la parte inferior (valle) de una señal portadora o en las temporizaciones de la parte

superior y la parte inferior de la señal portadora. La unidad de adición 39 añade la fase  $\theta_p$  o la fase  $\theta_n$  seleccionada por la unidad de selección 23 a la fase de referencia  $\theta_f$ , indica la fase obtenida como la fase de voltaje  $\theta$ , y emite la fase de voltaje  $\theta$  a la unidad de generación de comandos de voltaje 25. La unidad de generación de comandos de voltaje 25 obtiene los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  según las Ecuaciones (1) a (3) usando la fase de voltaje  $\theta$  y el valor de comando de voltaje  $V^*$ , y emite los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  a la unidad de generación de señales de PWM 26.

5

Debido a que la unidad de selección 23 conmuta entre las fases  $\theta_p$  y  $\theta_n$  en la temporización de la parte superior o la parte inferior, o en las temporizaciones de la parte superior y la parte inferior de la señal portadora, se puede emitir la señal de PWM sincronizada con la señal portadora.

10 La FIG. 9 es un diagrama de temporización cuando la fase  $\theta_p$  y la fase  $\theta_n$  se conmutan alternativamente por la unidad de selección 23 en temporizaciones de una parte superior y una parte inferior de una señal portadora. Debido a que la UP, VP y WP son opuestas en el estado ACTIVO/DESACTIVADO a UN, VN y WN, respectivamente y cuando se averigua el estado de una señal, se puede averiguar el otro, solamente se describen aquí UP, VP y WP. Se supone aquí que  $\theta_f=0$  [grados].

15 En este caso, una señal de PWM cambia como se muestra en la FIG. 9. 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.

20 La FIG. 10 es un diagrama explicativo de un cambio del vector de voltaje mostrado en la FIG. 9. En la FIG. 10, se indica que el elemento de conmutación 17 rodeado por una línea discontinua está ACTIVO, y el elemento de conmutación 17 no rodeado por una línea discontinua está DESACTIVADO.

Como se muestra en la FIG. 10, en el momento de aplicar el vector  $V_0$  y el vector  $V_7$ , las líneas del motor 8 están cortocircuitadas; por lo tanto, es un periodo que no fluye corriente durante el cual no se emite ningún voltaje. En este caso, la energía acumulada en la inductancia del motor 8 llega a ser una corriente, y la corriente fluye en el cortocircuito. En el momento de aplicar el vector  $V_4$ , una corriente (corriente de corriente +lu) fluye en la dirección de la fase U, en la que la corriente fluye al motor 8 a través de la fase U y fluye fuera del motor 8 a través de la fase V y la fase W, y en el momento de aplicar el vector  $V_3$ , una corriente (corriente de -lu) fluye al bobinado del motor 8 en la dirección de la fase -U, en la que la corriente fluye al motor 8 a través de la fase V y la fase W y fluye fuera del motor 8 a través de la fase U. Es decir, la corriente fluye al devanado del motor 8 en el momento de aplicar el vector  $V_4$  en la dirección opuesta a la en el momento de aplicar el vector  $V_3$  y viceversa. Debido a que el vector de voltaje cambia en 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 al devanado del motor 8 alternativamente. Particularmente, como se muestra en la FIG. 9, debido a que el vector  $V_4$  y el vector  $V_3$  aparecen durante un ciclo portador ( $1/f_c$ ), se puede aplicar un voltaje AC sincronizado con una frecuencia portadora  $f_c$  al devanado del motor 8.

Debido a que el vector  $V_4$  (la corriente de +lu) y el vector  $V_3$  (la corriente de -lu) se emiten alternativamente, los pares directo e inverso se conmutan instantáneamente. Por lo tanto, debido a que se compensa el par, es posible la aplicación de voltaje, al tiempo que se suprimen las vibraciones del rotor.

La FIG. 11 es un diagrama de temporización cuando la fase  $\theta_p$  y la fase  $\theta_n$  se conmutan alternativamente por la unidad de selección 23 a una temporización de una parte inferior de una señal portadora.

En este caso, la señal de PWM cambia como se muestra en la FIG. 11. El vector de voltaje cambia a  $V_0$ ,  $V_4$ ,  $V_7$ ,  $V_7$ ,  $V_3$ ,  $V_0$ ,  $V_0$ ,  $V_3$ ,  $V_7$ ,  $V_7$ ,  $V_4$ ,  $V_0$ , y así sucesivamente en este orden. Debido a que el vector  $V_4$  y el vector  $V_3$  aparecen durante dos ciclos de portadora, un voltaje AC que tiene una frecuencia mitad de la frecuencia portadora se puede aplicar al devanado del motor 8.

La FIG. 12 es un diagrama explicativo de una posición de rotor (una posición de parada del rotor) de un motor de IPM. Una posición de rotor  $\Phi$  del motor de IPM se expresa aquí por el tamaño de un ángulo por el cual la dirección del polo N del rotor se desvía desde la dirección de fase U.

La FIG. 13 es un gráfico que muestra un cambio de una corriente según una posición de rotor. En el caso del motor de IPM, la inductancia de devanado depende de la posición del rotor. Por lo tanto, la impedancia de devanado expresada mediante un producto de una frecuencia de ángulo eléctrico  $\omega$  y un valor de inductancia fluctúa según la posición del rotor. Por consiguiente, incluso si se aplica el mismo voltaje, una corriente que fluye al devanado del motor 8 cambia dependiendo de la posición del rotor, y cambia una cantidad de calentamiento. Como resultado, se puede consumir una cantidad grande de potencia para obtener la cantidad de calentamiento requerida, dependiendo de la posición del rotor.

Por lo tanto, la fase de referencia  $\theta_f$  se cambia con un lapso de tiempo para aplicar un voltaje al rotor igualmente.

La FIG. 14 es una ilustración que muestra voltajes aplicados cuando la fase de referencia  $\theta_f$  se cambia con un lapso de tiempo.

55

La fase de referencia  $\theta_f$  se cambia cada 45 grados con un lapso de tiempo, a 0 grados, 45 grados, 90 grados, 135 grados, y así sucesivamente. Cuando la fase de referencia  $\theta_f$  es 0 grados, la fase  $\theta$  del valor de comando de voltaje llega a ser 0 grados y 180 grados. Cuando la fase de referencia  $\theta_f$  es 45 grados, la fase  $\theta$  del valor de comando de voltaje llega a ser 45 grados y 225 grados. Cuando la fase de referencia  $\theta_f$  es 90 grados, la fase  $\theta$  del valor de comando de voltaje llega a ser 90 grados y 270 grados. Cuando la fase de referencia  $\theta_f$  es 135 grados, la fase  $\theta$  del valor de comando de voltaje llega a ser 135 grados y 315 grados.

Es decir, la fase de referencia  $\theta_f$  se fija inicialmente a 0 grados, y la fase  $\theta$  del valor de comando de voltaje se conmuta entre 0 grados y 180 grados en sincronización con una señal portadora durante un tiempo predefinido. A partir de entonces, la fase de referencia  $\theta_f$  se conmuta a 45 grados, y la fase  $\theta$  del valor de comando de voltaje se conmuta entre 45 grados y 225 grados en sincronización con la señal portadora durante el tiempo predeterminado. Posteriormente, la fase de referencia  $\theta_f$  se conmuta a 90 grados y así sucesivamente. De esta manera, la fase  $\theta$  del valor de comando de voltaje se conmuta entre 0 grados y 180 grados, 45 grados y 225 grados, 90 grados y 270 grados, 135 grados y 315 grados, y así sucesivamente durante cada tiempo predeterminado.

Por consiguiente, debido a que la fase de excitación de un voltaje AC de alta frecuencia cambia con un lapso de tiempo, se puede eliminar la influencia de las características de inductancia según una posición de parada de rotor, y el compresor 1 se puede calentar uniformemente, con independencia de la posición del rotor

La FIG. 15 es un gráfico que representa corrientes que fluyen a las fases U, V y W respectivas del motor 8 cuando la fase de referencia  $\theta_f$  es 0 grados (0 grados en la dirección de fase U (V4)), 30 grados, y 60 grados.

Cuando la fase de referencia  $\theta_f$  es 0 grados, como se muestra en la FIG. 9, solamente otro vector de voltaje (vector de voltaje en el que, de los elementos de conmutación 17a a 17f, un elemento de conmutación en el lado de voltaje positivo y dos elementos de conmutación en el lado de voltaje negativo, o dos elementos de conmutación en el lado de voltaje positivo y un elemento de conmutación en el lado de voltaje negativo llegan a estar en un estado ACTIVO) se genera entre V0 y V7. En este caso, la forma de onda de corriente llega a ser una forma trapezoidal y llega a ser una corriente que tiene menos componentes armónicos.

No obstante, cuando la fase de referencia  $\theta_f$  es 30 grados, se generan dos vectores de voltaje diferentes entre V0 y V7. En este caso, la forma de onda de corriente se distorsiona, y la corriente tiene abundancia de componentes armónicos. La distorsión de la forma de onda de corriente puede causar efectos adversos incluyendo ruido del motor, vibraciones del eje del motor, y similares.

Cuando la fase de referencia  $\theta_f$  es 60 grados, se genera solamente otro vector de voltaje entre V0 y V7, como en el caso de la fase de referencia  $\theta_f$  que es 0 grados. En este caso, la forma de onda de corriente llega a ser una forma trapezoidal y la corriente tiene menos componentes armónicos.

De esta manera, cuando la fase de referencia  $\theta_f$  es n veces (n es un número entero mayor o igual que 0) de 60 grados, debido a que la fase de voltaje  $\theta$  llega a ser un múltiplo de 60 grados (aquí,  $\theta_p=0$  [grados],  $\theta_n=180$  [grados]), solamente se genera otro vector de voltaje entre V0 y V7. Mientras tanto, cuando la fase de referencia  $\theta_f$  es distinta de n veces 60 grados, debido a que la fase de voltaje  $\theta$  no llega a ser un múltiplo de 60 grados, se generan otros dos vectores de voltaje entre V0 y V7. Si se generan otros dos vectores de voltaje entre V0 y V7, se distorsiona la forma de onda de corriente, y la corriente tiene abundancia de componentes armónicos, conduciendo por ello a la posibilidad de causar efectos adversos incluyendo ruido del motor, vibraciones del eje del motor, y similares. Por lo tanto, se desea cambiar la fase de referencia  $\theta_f$  a intervalos de 60 grados de 0 grados, 60 grados, y así sucesivamente.

Como se ha descrito anteriormente, en el dispositivo de bomba de calor 100 según la segunda realización, dos tipos de fases, es decir, la fase  $\theta_1$  y la fase  $\theta_2$ , que es diferente de la fase  $\theta_1$  sustancialmente en 180 grados, se conmutan alternativamente en sincronización con la señal portadora y se designan como las fases de los valores de comando de voltaje. Por consiguiente, un voltaje de alta frecuencia sincronizado con la frecuencia portadora se puede aplicar a los devanados del motor 8.

Además, en el dispositivo de bomba de calor 100 según la segunda realización, la fase de referencia  $\theta_f$  se cambia con un lapso de tiempo. Por lo tanto, la fase de excitación del voltaje AC de alta frecuencia cambia con un lapso de tiempo, y de esta manera el compresor 1 se puede calentar igualmente con independencia de la posición del rotor.

Tercera realización.

En una tercera realización, se hace una explicación de un método de prevención de que el motor 8 y el inversor 9 sean dañados debido al flujo de una corriente grande.

La FIG. 16 es un diagrama que muestra una configuración del inversor 9 según una tercera realización.

El inversor 9 en la tercera realización es el mismo que el inversor 9 según la primera realización mostrada en la FIG. 2, excepto por la inclusión de una unidad de filtro 40 en la unidad de detección de corriente 20 y la inclusión de una unidad de comparación 41 y una unidad de interrupción de PWM 42 (la unidad de comparación 41 y la unidad de

interrupción de PWM 42 se conocen colectivamente como unidad de detención de señal de accionamiento). Por lo tanto, elementos constituyentes idénticos a los de la primera realización se indican mediante los mismos signos de referencia y se omitirán las explicaciones de los mismos, y solamente se explican los puntos diferentes.

5 La unidad de filtro 40 reduce el valor de una corriente que está a una frecuencia mayor o igual que una frecuencia predeterminada (primera frecuencia) en el valor de corriente  $I$  detectado por la unidad de detección de corriente 20 y emite el valor de corriente como un valor de corriente  $I_{\text{fil}}$ . La unidad de comparación 41 compara el valor de corriente  $I_{\text{fil}}$  emitido desde la unidad de filtro 40 con un nivel de interrupción predeterminado y determina si el valor de corriente  $I_{\text{fil}}$  es más alto que el nivel de interrupción. Cuando se determina que el valor de corriente  $I_{\text{fil}}$  es más alto que el nivel de interrupción, la unidad de interrupción de PWM 42 interrumpe la salida de las señales de PWM desde la unidad de control de inversor 10 al inversor 9. Por consiguiente, la salida del voltaje desde el inversor 9 al motor 8 se detiene y de esta manera una corriente excesiva no fluye al motor 8 y al inversor 9.

15 La FIG. 17 es un diagrama que muestra el voltaje y la corriente que fluye en el motor 8 y el valor de corriente detectado por una unidad de detección de corriente 20. En la FIG. 17, la línea discontinua mostrada de una manera solapada con el valor de corriente detectada por la unidad de detección de corriente 20 indica por referencia el valor de la corriente que fluye en el motor 8.

Debido a que el voltaje de motor llega a ser positivo durante un periodo del vector V4, la corriente de motor fluye de negativa a positiva. Posteriormente, durante un periodo del vector V7, el voltaje de motor llega a ser cero y las líneas del motor 8 se cortocircuitan; por lo tanto, la energía acumulada en la inductancia del motor 8 se atenúa según una constante de tiempo determinada por la componente de resistencia y la componente de inductancia del motor 8. A partir de entonces, durante un periodo del vector V3, el voltaje de motor llega a ser negativo; por lo tanto, la corriente de motor fluye de positiva a negativa. Durante un periodo del vector V0, las líneas del motor 8 se cortocircuitan de nuevo; por lo tanto, la energía se atenúa según la constante de tiempo descrita anteriormente.

20 La constante de tiempo descrita anteriormente generalmente es de alrededor de varios milisegundos y es suficientemente más larga que el periodo de 50  $\mu\text{s}$  en un caso donde la frecuencia de salida es 20 kHz. Por lo tanto, durante los periodos del vector V0 y el vector V7, se mantienen las corrientes generadas durante los periodos del vector V4 y el vector V3.

Como se ha descrito anteriormente, durante el periodo del vector V0 y el periodo del vector V7, el voltaje de motor llega a ser cero y las líneas del motor 8 se cortocircuitan. Por lo tanto, una corriente no fluye en la unidad de detección de corriente 20. Por consiguiente, solamente durante los periodos de los vectores V3 y V4 fluye una corriente en la unidad de detección de corriente 20 y se detecta el valor de corriente. Durante los periodos de los vectores V1, V2, V5, y V6 en la FIG. 5, una corriente fluye en la unidad de detección de corriente 20 y el valor de corriente se detecta de una manera similar.

Debido a que una impedancia de devanado está presente en un devanado en un estado normal, es difícil para una corriente grande fluir. No obstante, por ejemplo, cuando las líneas del motor 8 se cortocircuitan debido a una anomalía en el devanado o similar, la impedancia disminuye y de esta manera fluye una corriente grande; por lo tanto, se pueden dañar el motor 8 y el inversor 9.

En el dispositivo de bomba de calor 100 según la tercera realización, como se ha descrito anteriormente, cuando la unidad de comparación 41 determina que el valor de corriente  $I_{\text{fil}}$  es más alto que el nivel de interrupción, la unidad de interrupción de PWM 42 interrumpe la salida de las señales de PWM desde la unidad de control de inversor 10 al inversor 9. Por consiguiente, la salida de un voltaje al motor 8 desde el inversor 9 se detiene y no fluye una corriente excesiva en el motor 8 y el inversor 9; por lo tanto, se evita que el motor 8 y el inversor 9 sean dañados.

Como se ha descrito anteriormente, la unidad de comparación 41 no usa como entrada el valor de corriente  $I$  detectado por la unidad de detección de corriente 20 sino que usa una entrada del valor de corriente  $I_{\text{fil}}$  obtenida reduciendo el valor de corriente que tiene una alta frecuencia como ruido por la unidad de filtro 40. El valor de corriente  $I_{\text{fil}}$  se usa como entrada en lugar del valor de corriente  $I$  para evitar un malfuncionamiento debido al ruido.

La FIG. 18 es un diagrama que muestra la relación entre el valor de comando de voltaje  $V^*$  y el valor de corriente  $I$ .

Como se muestra en la FIG. 18, cuando el valor de comando de voltaje  $V^*$  es grande, los periodos del vector V4 y el vector V3 llegan a ser largos. De esta manera, el tiempo durante el cual fluye una corriente en la unidad de detección de corriente 20 se asegura suficientemente; por lo tanto, incluso si un componente de alta frecuencia del valor de corriente  $I$  se reduce por la unidad de filtro 40, un valor suficiente para ser comparado con el nivel de interrupción permanece como el valor de corriente  $I_{\text{fil}}$ . Como resultado, cuando una corriente que excede el nivel de interrupción fluye en el inversor 9, una señal de protección se activa y la salida de las señales de PWM se interrumpe por la unidad de interrupción de PWM.

Por el contrario, cuando el valor de comando de voltaje  $V^*$  es pequeño, los periodos del vector V4 y del vector V3 llegan a ser cortos. De esta manera, el tiempo durante el cual fluye una corriente en la unidad de detección de corriente 20 no se asegura suficientemente; por lo tanto, cuando un componente de alta frecuencia del valor de corriente  $I$  se reduce por la unidad de filtro 40, un valor suficiente para ser comparado con el nivel de interrupción no

permanece como el valor de corriente  $I_{fil}$ . Como resultado, incluso cuando una corriente que excede el nivel de interrupción fluye en el inversor 9, una señal de protección no se activa y la salida de las señales de PWM no se interrumpe por la unidad de interrupción de PWM.

5 En otras palabras, cuando el valor de comando de voltaje  $V^*$  es pequeño y los periodos del vector  $V4$  y del vector  $V3$  son cortos, la salida de las señales de PWM no se interrumpe por la unidad de interrupción de PWM a pesar del hecho de que está fluyendo una corriente con una magnitud de manera que se necesita protección. Por lo tanto, la aplicación de voltaje desde el inversor 9 al motor 8 continúa y una corriente excesiva continúa fluyendo al motor 8 y al inversor 9 y de esta manera se pueden dañar el motor 8 y el inversor 9.

10 La FIG. 19 es un diagrama que muestra una configuración de la unidad de control de inversor 10 según la tercera realización.

Como se muestra en la FIG. 19, la unidad de control de inversor 10 se dota con una unidad de control de valor de comando de voltaje 43. La unidad de control de valor de comando de voltaje 43 fija un límite inferior del valor de comando de voltaje  $V^*$  (o los valores de comandos de voltaje  $Vu^*$ ,  $Vv^*$  y  $Vw^*$ ) de modo que la unidad de comparación 41 determina definitivamente que el valor de corriente  $I_{fil}$  es más alto que el nivel de interrupción cuando fluye una corriente con una magnitud de manera que se necesita protección. Entonces, la unidad de control de valor de comando de voltaje 43 controla que el valor de comando de voltaje  $V^*$  (o los valores de comandos de voltaje  $Vu^*$ ,  $Vv^*$  y  $Vw^*$ ) sea mayor o igual que el límite inferior.

15 Este límite inferior se fija según la frecuencia que se reduce por la unidad de filtro 40 y los valores de ajuste, tales como la constante de tiempo. Además, el límite inferior se puede fijar también en consideración del nivel de interrupción de la unidad de comparación 41. El ajuste correcto del límite inferior permite una protección fiable en distintos dispositivos de bomba de calor.

La FIG. 20 es un diagrama que muestra la relación entre el valor de comando de voltaje  $V^*$  y una señal portadora.

20 Como se muestra en la FIG. 20, cuando el valor de comando de voltaje  $V^*$  llega a ser extremadamente grande, los valores de comandos de voltaje de fase UVW  $Vu^*$ ,  $Vv^*$  y  $Vw^*$  operan cerca de la parte superior y la parte inferior de la señal portadora. Típicamente, hay diversos microordenadores desde los cuales se configura la unidad de control de inversor 10 y difiere la operación cerca de la parte superior y la parte inferior de la señal portadora. Por lo tanto, dependiendo del microordenador, cuando los valores de comando de voltaje  $Vu^*$ ,  $Vv^*$  y  $Vw^*$  operan cerca de la parte superior y la parte inferior de la señal portadora, por ejemplo, se puede reducir el voltaje de salida o se puede emitir una señal de PWM no esperada y se puede dañar el inversor 9.

25 Por consiguiente, la unidad de control de valor de comando de voltaje 43 fija un límite superior del valor de comando de voltaje  $V^*$  (o los valores de comandos de voltaje  $Vu^*$ ,  $Vv^*$  y  $Vw^*$ ) de modo que los valores de comandos de voltaje  $Vu^*$ ,  $Vv^*$  y  $Vw^*$  no operen cerca de la parte superior y la parte inferior de la señal portadora. Este límite superior se puede fijar dependiendo del microordenador usado como la unidad de control de inversor 10. Por ejemplo, el límite superior se fija de manera que los valores de comandos de voltaje  $Vu^*$ ,  $Vv^*$  y  $Vw^*$  estén separados de los valores de la parte superior y la parte inferior de la señal portadora (es decir, un valor de amplitud  $V_{dc}$  de la señal portadora / 2) en un valor predeterminado o más.

Como se muestra en la FIG. 5, dos elementos de conmutación (17a y 17d, 17b y 17e, o 17c y 17f) de cada parte de conexión en serie en el inversor 9 operan de manera que cuando uno de ellos está activo, el otro está desactivado.

30 No obstante, debido al retardo de la operación de conmutación o similar, dos elementos de conmutación de la parte de conexión en serie están en un estado activo al mismo tiempo y se cortocircuitan, dañando por ello al inversor 9 en algunos casos. Por lo tanto, típicamente, en el inversor 9, se proporciona a menudo un tiempo muerto (tiempo de prevención de cortocircuito) desde cuando uno de los elementos de conmutación 17 en la parte de conexión en serie se desactiva a cuando el otro elemento de conmutación se activa.

35 La FIG. 21 es un diagrama que muestra la relación entre el tiempo muerto y las señales de PWM. La FIG. 21 ilustra dos ejemplos, es decir, con un microordenador 1 y un microordenador 2.

En el caso del microordenador 1, como resultado de la comparación entre la señal portadora y el valor de comando de voltaje  $Vu^*$ , cuando la señal portadora es más alta que el valor de comando de voltaje  $Vu^*$ , la señal básica llega a ser alta, y cuando la señal portadora es menor que el valor de comando de voltaje  $Vu^*$ , la señal básica llega a ser baja. Entonces, cuando la señal básica es alta, se activa la señal de PWM UP y se desactiva la señal de PWM UN. Cuando la señal básica es baja, se activa la señal de PWM UN y se desactiva la señal de PWM UN. No obstante, la señal de PWM no se conmuta durante el tiempo muerto (un recuento del contador  $T_d$ ) después de que se conmuta la señal básica. Por lo tanto, en el ejemplo en la FIG. 21, la señal de PWM UN no se activa en las temporizaciones (periodos rodeados por las líneas discontinuas en la FIG. 21) en los cuales la señal de PWM UN se activaría de otro modo.

55 En el caso del microordenador 2, como resultado de la comparación entre la señal portadora y el valor de comando de voltaje  $Vu^*$ , cuando la señal portadora es más alta que el valor de comando de voltaje  $Vu^*$ , se activa la señal de

PWM UP, y cuando la señal portadora es menor que el valor de comando de voltaje  $V_u^*$ , se desactiva la señal de PWM UP. Además, como resultado de la comparación entre una señal portadora \* obtenida desplazando la señal portadora hacia arriba y el valor de comando de voltaje  $V_u^*$ , cuando la señal portadora \* es más alta que el valor de comando de voltaje  $V_u^*$ , se activa la señal de PWM UN, y cuando la señal portadora \* es menor que el valor de comando de voltaje  $V_u^*$ , se desactiva la señal de PWM UN. En el caso del microordenador 2, debido al desplazamiento entre la señal portadora y la señal portadora \*, se fija el tiempo muerto. En el ejemplo en la FIG. 21, la señal de PWM UN no se activa en las temporizaciones (periodos rodeados por las líneas discontinuas en la FIG. 21) en los que la señal de PWM UN se activaría de otro modo.

Como se ha descrito anteriormente, en el caso donde se proporciona el tiempo muerto, cuando los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  operan cerca de la parte superior y la parte inferior de la señal portadora, se reduce la señal de PWM que activa uno de los elementos de conmutación 17 y las señales de PWM correspondientes a dos elementos de conmutación no operan de manera que tienen una relación inversa entre sí.

Por consiguiente, la unidad de control de valor de comando de voltaje 43 fija el límite superior del valor de comando de voltaje  $V^*$  (o los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$ ) de modo que los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  no operen cerca de la parte superior y la parte inferior de la señal portadora también en consideración del tiempo muerto. Por ejemplo, el límite superior se fija de manera que los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  estén separados de los valores de la parte superior y la parte inferior de la señal portadora (es decir, un valor de amplitud  $V_{dc}$  de la señal portadora / 2) por igual o más de un valor predeterminado que se calcula a partir del tiempo muerto.

Como se ha descrito anteriormente, en el dispositivo de bomba de calor 100 según la tercera realización, el límite inferior y el límite superior se fijan para el valor de comando de voltaje  $V_u^*$ ; por lo tanto, incluso cuando un voltaje de alta frecuencia se aplica al motor 8, se puede evitar que se dañen el motor 8 y el inversor 9.

En la explicación anterior, está limitado uno cualquiera del valor de comando de voltaje  $V_u^*$  y los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$ . Cuando el valor de comando de voltaje  $V_u^*$  está limitado, los valores de comandos de voltaje  $V_u^*$ ,  $V_v^*$  y  $V_w^*$  están limitados como resultado. De esta manera, se obtiene el mismo efecto con independencia de cuál de ellos esté limitado.

Cuarta realización.

En una cuarta realización, se explica un ejemplo de una configuración de circuito del dispositivo de bomba de calor 100.

Por ejemplo, en la FIG. 1 y similares, se muestra el dispositivo de bomba de calor 100 en el que 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 por las tuberías. En la cuarta realización, se explica el dispositivo de bomba de calor 100 que tiene una configuración más específica.

La FIG. 22 es un diagrama de configuración de circuito del dispositivo de bomba de calor 100 según la sexta realización.

La FIG. 23 es un diagrama de Mollier de un estado del refrigerante del dispositivo de bomba de calor 100 mostrado en la FIG. 22. En la FIG. 23, se indica una entalpía específica en un eje horizontal, y se indica una presión de refrigerante en un eje vertical.

En el dispositivo de bomba de calor 100, un compresor 51, un intercambiador de calor 52, un mecanismo de expansión 53, un receptor 54, un intercambiador de calor interno 55, un mecanismo de expansión 56, y un intercambiador de calor 57 están conectados secuencialmente mediante tuberías, y el dispositivo de bomba de calor 100 incluye un circuito de refrigerante principal 58 a través del cual circula el refrigerante. En el circuito de refrigerante principal 58, una válvula de cuatro vías 59 se proporciona en un lado de descarga del compresor 51, de modo que se puede conmutar una dirección de circulación del refrigerante. Un ventilador 60 se proporciona cerca del intercambiador de calor 57. El compresor 51 es el compresor 1 explicado 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 62 que conecta desde entre el receptor 54 y el intercambiador de calor externo 55 a una tubería de inyección del compresor 51 por las tuberías. Un mecanismo de expansión 61 y el intercambiador de calor interno 55 están conectados secuencialmente al circuito de inyección 62.

Un circuito de agua 63 en el que se circula agua está conectado al intercambiador de calor 52. Un dispositivo que usa agua de un dispensador de agua caliente, un radiador, un radiador para calentamiento de suelo, o similar está conectado al circuito de agua 63.

Se explica en primer lugar 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 59 se fija en una dirección

de una línea continua. La operación de calentamiento incluye no solamente el calentamiento usado para acondicionamiento de aire sino también el suministro de agua caliente para aplicar calor a agua para hacer agua caliente.

5 Un refrigerante en fase gas (en un punto 1 en la FIG. 23) que ha llegado a ser un refrigerante que tiene una alta temperatura y una alta presión en el compresor 51, se descarga desde el compresor 51, y el calor intercambiado por el intercambiador de calor 52, que es un condensador y un radiador, a ser licuado (en un punto 2 en la FIG. 23). En este momento, el agua que circula en el circuito de agua 63 se calienta por el calor radiado desde el refrigerante, y usado para calentamiento y suministro de agua caliente.

10 El refrigerante en fase líquida licuado por el intercambiador de calor 52 es reducido de presión por el mecanismo de expansión 53, y llega a estar en un estado de dos fases gas-líquida (en un punto 3 en la FIG. 23). El refrigerante, que ha llegado a estar en el estado de dos fases gas-líquida en el mecanismo de expansión 53, intercambia calor con el refrigerante succionado al compresor 51 por el receptor 54, y se enfría y licúa (en un punto 4 en la FIG. 23). El refrigerante en fase líquida licuado por el receptor 54 se ramifica al circuito de refrigerante principal 58 y al circuito de inyección 62 para fluir dentro de los mismos.

15 El refrigerante en fase líquida que fluye en el circuito de refrigerante principal 58 intercambia calor con el refrigerante que fluye en el circuito de inyección 62, que es reducido de presión por el mecanismo de expansión 61 y ha llegado a estar en el estado de dos fases gas-líquida, por el intercambiador de calor interno 55 y se enfría además (en un punto 5 en la FIG. 23). El refrigerante en fase líquida enfriado por el intercambiador de calor interno 55 se reduce de presión por el mecanismo de expansión 56 y llega a estar en un estado de dos fases gas-líquida (en un punto 6 en la FIG. 23). El refrigerante, que ha llegado a estar en el estado de dos fases gas-líquida en el mecanismo de expansión 56, intercambia calor con el aire del ambiente mediante el intercambiador de calor 57, que es un evaporador, y se calienta (en un punto 7 en la FIG. 23). El refrigerante calentado por el intercambiador de calor 57 se calienta aún más por el receptor 54 (en un punto 8 en la FIG. 23), y se succiona al compresor 51.

25 Por otra parte, como se ha descrito anteriormente, el refrigerante que fluye en el circuito de inyección 62 se reduce de presión por el mecanismo de expansión 61 (en un punto 9 en la FIG. 23), e intercambia calor por el intercambiador de calor interno 55 (en un punto 10 en la FIG. 23). Un refrigerante (refrigerante de inyección) en el estado de dos fases gas-líquida, que ha sido sometido a intercambio térmico por el intercambiador de calor interno 55, fluye al interior del compresor 51 desde la tubería de inyección del compresor 51 manteniéndose en el estado de dos fases gas-líquida.

30 En el compresor 51, el refrigerante succionado dentro del circuito de refrigerante principal 58 (en el punto 8 en la FIG. 23) se comprime hasta una presión intermedia y se calienta (en un punto 11 en la FIG. 23). El refrigerante de inyección (en el punto 10 en la FIG. 23) se une al refrigerante comprimido a la presión intermedia y se calienta (en el punto 11 en la FIG. 23), disminuyendo por ello la temperatura (en el punto 12 en la FIG. 23). El refrigerante que tiene la temperatura disminuida (en el punto 12 de la FIG. 23) se comprime aún más y se calienta para tener una alta temperatura y una alta presión, y se descarga (en el punto 1 en la FIG. 23).

35 Cuando la operación de inyección no se realiza, se cierra completamente una abertura del mecanismo de expansión 61. Es decir, cuando se realiza la operación de inyección, la abertura del mecanismo de expansión 61 es mayor que una abertura predeterminada. No obstante, cuando no se realiza la operación de inyección, la apertura del mecanismo de expansión 61 se fija que sea menor que la abertura predeterminada. Por consiguiente, el refrigerante no fluye a la tubería de inyección del compresor 51.

La abertura del mecanismo de expansión 61 se controla aquí por el control electrónico por una unidad de control tal como un microordenador.

45 La operación del dispositivo de bomba de calor 100 en el momento de una operación de enfriamiento se explica a continuación. En el momento de la operación de enfriamiento, la válvula de cuatro vías 59 se fija en una dirección de una línea discontinua. La operación de enfriamiento incluye no solamente enfriamiento usado para acondicionamiento de aire, sino también sacar calor del agua para hacer agua fría, refrigeración, y similares.

50 El refrigerante en fase gas, que ha llegado a ser un refrigerante que tiene una alta temperatura y una alta presión en el compresor 51 (en un punto 1 en la FIG. 23), se descarga desde el compresor 51, e intercambia calor mediante el intercambiador de calor 57, que funciona como el condensador y el radiador, para ser licuado (en el punto 2 en la FIG. 23). El refrigerante en fase líquida licuado por el intercambiador de calor 57 se reduce de presión por el mecanismo de expansión 56, y llega a estar en un estado de dos fases gas-líquida (en un punto 3 en la FIG. 23). El refrigerante, que ha llegado a estar en el estado de dos fases gas-líquida en el mecanismo de expansión 56, intercambia calor mediante el intercambiador de calor interno 55, y se enfría y licúa (en el punto 4 en la FIG. 23). En el intercambiador de calor interno 55, el refrigerante, que ha llegado a estar en el estado de dos fases gas-líquida en el mecanismo de expansión 56, intercambia calor con el refrigerante (el punto 9 en la FIG. 23), que ha llegado a estar en el estado de dos fases gas-líquida reduciendo la presión del refrigerante en fase líquida licuado por el intercambiador de calor interno 55, por el mecanismo de expansión 56. El refrigerante en fase líquida (el punto 4 en

la FIG. 23) intercambia calor mediante el intercambiador de calor interno 55 se ramifica al circuito de refrigerante principal 58 y al circuito de inyección 62 para fluir dentro de los mismos.

5 El refrigerante en fase líquida que fluye en el circuito de refrigerante principal 58 intercambia calor entonces con el refrigerante succionado al compresor 51 por el receptor 54, y se enfría aún más (en el punto 5 en la FIG. 23). El refrigerante en fase líquida enfriado por el receptor 54 se reduce de presión por el mecanismo de expansión 53 y llega a estar en el estado de dos fases gas-líquida (en el punto 6 en la FIG. 23). El refrigerante, que ha llegado a estar en el estado de dos fases gas-líquida en el mecanismo de expansión 53, intercambia calor mediante el intercambiador de calor 52, que funciona como el evaporador, y se calienta (en el punto 7 en la FIG. 23). En este momento, debido a que refrigerante absorbe calor, el agua que circula en el circuito de agua 63 se enfría y se usa para enfriamiento y refrigeración.

10 El refrigerante calentado por el intercambiador de calor 52 se calienta aún más por el receptor 54 (en el punto 8 en la FIG. 23), y se succiona al compresor 51.

15 Por otra parte, el refrigerante que fluye en el circuito de inyección 62 se reduce de presión por el mecanismo de expansión 61 (en el punto 9 en la FIG. 23) como se ha descrito anteriormente, e intercambia calor por el intercambiador de calor interno 55 (en el punto 10 en la FIG. 23). Un refrigerante (refrigerante de inyección) en el estado de dos fases gas-líquida, que ha intercambiado calor por el intercambiador de calor interno 55, fluye dentro de la tubería de inyección del compresor 51 manteniéndose en el estado de dos fases gas-líquida.

La operación de compresión en el compresor 51 es la misma que la de la operación de calentamiento.

20 Cuando la operación de inyección no se realiza, como en la operación de calentamiento, se cierra completamente la abertura del mecanismo de expansión 61, para no dar como resultado el refrigerante que fluye a la tubería de inyección del compresor 51.

25 En las explicaciones anteriores, el intercambiador de calor 52 se ha explicado como un intercambiador de calor como un intercambiador de calor de tipo placa que realiza intercambio de calor entre el refrigerante y el agua que circula en el circuito de agua 63. No obstante, el intercambiador de calor 52 no está limitado al mismo, y puede ser otros tipos de intercambiadores de calor que realicen intercambio de calor entre un refrigerante y el aire.

El circuito de agua 63 puede no ser un circuito en el cual se circula agua, sino que puede ser un circuito en el cual se circula otro tipo de fluido.

30 Como se ha descrito anteriormente, el dispositivo de bomba de calor 100 se puede usar para un dispositivo de bomba de calor usando un compresor inversor, tal como un acondicionador de aire, un calentador de agua de 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 tubería de refrigerante, 7 mecanismo de compresión, 8 motor, 9 inversor, 10 unidad de control de inversor, 11 unidad de generación de voltaje de alta frecuencia, 12 unidad de determinación de calentamiento, 13 fuente de alimentación AC, 14 rectificador, 15 condensador de filtrado, 16 unidad de detección de voltaje de bus, 17 elemento de conmutación, 18 diodo de reflujo, 19 unidad de aplicación de voltaje, 20 unidad de detección de corriente, 21 datos de tabla, 22 unidad de entrada externa, 23 unidad de selección, 24 integrador, 25 unidad de generación de comando de voltaje, 26 unidad de generación de señales de PWM, 27 unidad de comparación de corriente, 28 unidad de comparación de voltaje, 29 unidad de detección de temperatura, 30 unidad de comparación de temperatura, 31 primera unidad de cálculo de producto lógico, 32 unidad de determinación de agrupación, 33 unidad de medición de tiempo transcurrido, 34 unidad de comparación de tiempo, 35 unidad de restablecimiento, 36 unidad de cálculo de suma lógica, 37 segunda unidad de cálculo de producto lógico, 38 unidad de determinación de cantidad de calentamiento, 39 unidad de adición, 40 unidad de filtro, 41 unidad de comparación, 42 unidad de interrupción de PWM, 43 unidad de control de valor de comando de voltaje, 44 compresor, 45 51 compresor, 52, 57 intercambiador de calor, 53, 56, 61 mecanismo de expansión, 54 receptor, 55 intercambiador de calor interno, 58 circuito de refrigerante principal, 59 válvula de cuatro vías, 60 ventilador, 62 circuito de inyección, 63 circuito de agua, 100 dispositivo de bomba de calor.



**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo de bomba de calor (100) que comprende:

un compresor (1) que incluye un mecanismo de compresión (7) que comprime un refrigerante;

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

5 un inversor (9) que aplica un voltaje predeterminado al motor;

una unidad de control de inversor (10) configurada para controlar el inversor emitiendo una señal de accionamiento al inversor (9), en donde la unidad de control de inversor (10) comprende una unidad de generación de comandos de voltaje (25) configurada para generar y emitir un valor de comando de voltaje y una unidad de generación de señales de accionamiento (26) configurada para comparar un valor de comando de voltaje emitido desde la unidad de generación de comandos de voltaje (25) con un valor de una señal de referencia que tiene una frecuencia predeterminada, generar una señal de accionamiento sobre la base del resultado de la comparación, y emitir la señal de accionamiento generada al inversor (9);

15 una unidad de detección de corriente configurada para detectar un valor de corriente que fluye dentro del inversor (9), caracterizado por que la unidad de detección de corriente está configurada además para emitir el valor de corriente después de reducir un valor de corriente que tiene una primera frecuencia predeterminada o más alto que en el valor de corriente detectado; y el dispositivo de bomba de calor (100) que comprende además:

20 una unidad de detención de señal de accionamiento (41, 42) configurada de manera que, cuando el valor de corriente emitido desde la unidad de detección de corriente es mayor o igual que un valor de corriente predeterminado, detiene una salida de una señal de accionamiento desde la unidad de control de inversor al inversor, en donde

25 la unidad de control de inversor (10) comprende además una unidad de control de valor de comando de voltaje (43) configurada para controlar un valor de un valor de comando de voltaje de manera que un valor de comando de voltaje generado por la unidad de generación de comandos de voltaje llega a ser un valor que es mayor o igual que un límite inferior determinado según la primera frecuencia.

2. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 1, en donde

la unidad de control de inversor (10) además comprende una unidad de conmutación de fase (23) que conmuta y emite una fase  $\theta_p$  y una fase  $\theta_n$  diferente de la fase  $\theta_p$  sustancialmente en 180 grados y emite una de ellas, en sincronización con la señal de referencia,

30 la unidad de generación de comandos de voltaje (25) genera el valor de comando de voltaje sustituyendo una salida de fase de la unidad de conmutación de fase en una función de frecuencia que tiene un valor de amplitud  $V^*$ , y

35 la unidad de control de valor de comando de voltaje (25) controla que el valor de comando de voltaje sea mayor o igual que el límite inferior controlando que el valor de amplitud  $V^*$  de la función de frecuencia sea mayor o igual que un primer valor determinado según la primera frecuencia.

3. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 1, en donde la unidad de control de valor de comando de voltaje (25) controla el valor de comando de voltaje de manera que el valor de comando de voltaje generado por la unidad de generación de comandos de voltaje (25) llega a ser un valor que es menor o igual que un límite superior determinado según un valor de amplitud de la señal de referencia.

40 4. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 3, en donde

la unidad de control de inversor (10) comprende además una unidad de conmutación de fase (23) que conmuta entre una fase  $\theta_p$  y una fase  $\theta_n$  diferente de la fase  $\theta_p$  sustancialmente en 180 grados y emite una de ellas, en sincronización con la señal de referencia,

45 la unidad de generación de comandos de voltaje (25) genera el valor de comando de voltaje sustituyendo una fase emitida desde la unidad de conmutación de fase en una función de frecuencia que tiene un valor de amplitud  $V^*$ , y

la unidad de control de valor de comando de voltaje (25) controla que el valor de comando de voltaje sea menor o igual que el límite superior controlando que el valor de amplitud  $V^*$  de la función de frecuencia sea menor o igual que un segundo valor determinado según un valor de amplitud de la señal de referencia.

50 5. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 4, en donde

- el inversor (9) incluye una parte de conexión en serie en la cual dos elementos de conmutación (17) están conectados en serie, y no activa uno de los dos elementos de conmutación de la parte de conexión en serie hasta que transcurre un tiempo de prevención de cortocircuito predeterminado después de que se desactiva otro de los dos elementos de conmutación, y
- 5 la unidad de control de valor de comando de voltaje (25) controla que el valor de amplitud  $V^*$  de la función de frecuencia sea menor o igual que el segundo valor determinado según el valor de amplitud de la señal de referencia y el tiempo de prevención de cortocircuito.
6. El dispositivo de bomba de calor (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la señal de referencia es una señal cuya parte superior y parte inferior son capaces de ser identificadas, y
- 10 la unidad de conmutación de fase (23) conmuta entre la fase  $\theta_p$  y la fase  $\theta_n$  en temporizaciones de una parte superior y una parte inferior de la señal de referencia.
7. El dispositivo de bomba de calor (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la unidad de conmutación de fase (23) conmuta y emite la fase  $\theta_p$  y la fase  $\theta_n$  y emite una de ellas en sincronización con la señal de referencia, al tiempo que cambia la fase  $\theta_p$  durante cada tiempo predeterminado, y que cambia la fase  $\theta_n$  a una fase diferente de la fase  $\theta_p$  sustancialmente en 180 grados según el cambio de la fase  $\theta_p$ .
- 15 8. El dispositivo de bomba de calor (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la unidad de control de inversor (10) además comprende una unidad de determinación de calentamiento (12) que determina si realizar una operación de calentamiento del compresor (1) al tiempo que se detiene una operación de compresión de hacer que el compresor comprima un refrigerante, y
- 20 cuando la unidad de determinación de calentamiento (12) determina que se realiza una operación de calentamiento, la unidad de generación de señales de accionamiento (25) hace que el inversor (9) genere un voltaje AC de alta frecuencia que tiene una frecuencia más alta que un voltaje AC generado por el inversor durante la operación de compresión emitiendo cada señal de accionamiento al inversor.
- 25 9. El dispositivo de bomba de calor (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde un elemento de conmutación (17) que constituye el inversor (9) está hecho de un semiconductor de hueco amplio.
10. El dispositivo de bomba de calor (100) según la reivindicación 9, en donde el semiconductor de hueco amplio está hecho de SiC, GaN, o diamante.
11. El dispositivo de bomba de calor (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde un elemento de conmutación (17) que constituye el inversor (9) es un MOSFET que tiene una súper estructura de unión.
- 30 12. Un método para controlar un inversor (9) en un dispositivo de bomba de calor (100) que comprende un compresor (1) que incluye un mecanismo de compresión (7) que comprime un refrigerante, un motor (8) que acciona el mecanismo de compresión del compresor, y un inversor (9) que aplica un voltaje predeterminado al motor, el método que comprende:
- 35 un paso de detección de corriente de detección de un valor de corriente que fluye dentro del inversor y que emite el valor de corriente después de reducir un valor de corriente que tiene una primera frecuencia predeterminada o más alta en el valor de corriente detectada;
- un paso de generación de comandos de voltaje de generación y emisión de un valor de comando de voltaje;
- un paso de generación de señales de accionamiento de comparación de un valor de comando de voltaje emitido en el paso de generación de comandos de voltaje con un valor de una señal de referencia que tiene una segunda frecuencia predeterminada, generación de una señal de accionamiento sobre la base del resultado de la comparación, y emisión de la señal de accionamiento generada al inversor;
- 40 un paso de control de valor de comando de voltaje de control de un valor de un valor de comando de voltaje de manera que un valor de comando de voltaje generado en el paso de generación de comandos de voltaje llegue a ser un valor que es mayor o igual que un límite inferior determinado según la primera frecuencia; y
- 45 un paso de detención de señal de accionamiento de, cuando el valor de corriente emitido en el paso de detección de corriente es mayor o igual que un valor de corriente predeterminado, detención de una salida de una señal de accionamiento al inversor en el paso de generación de señales de accionamiento.

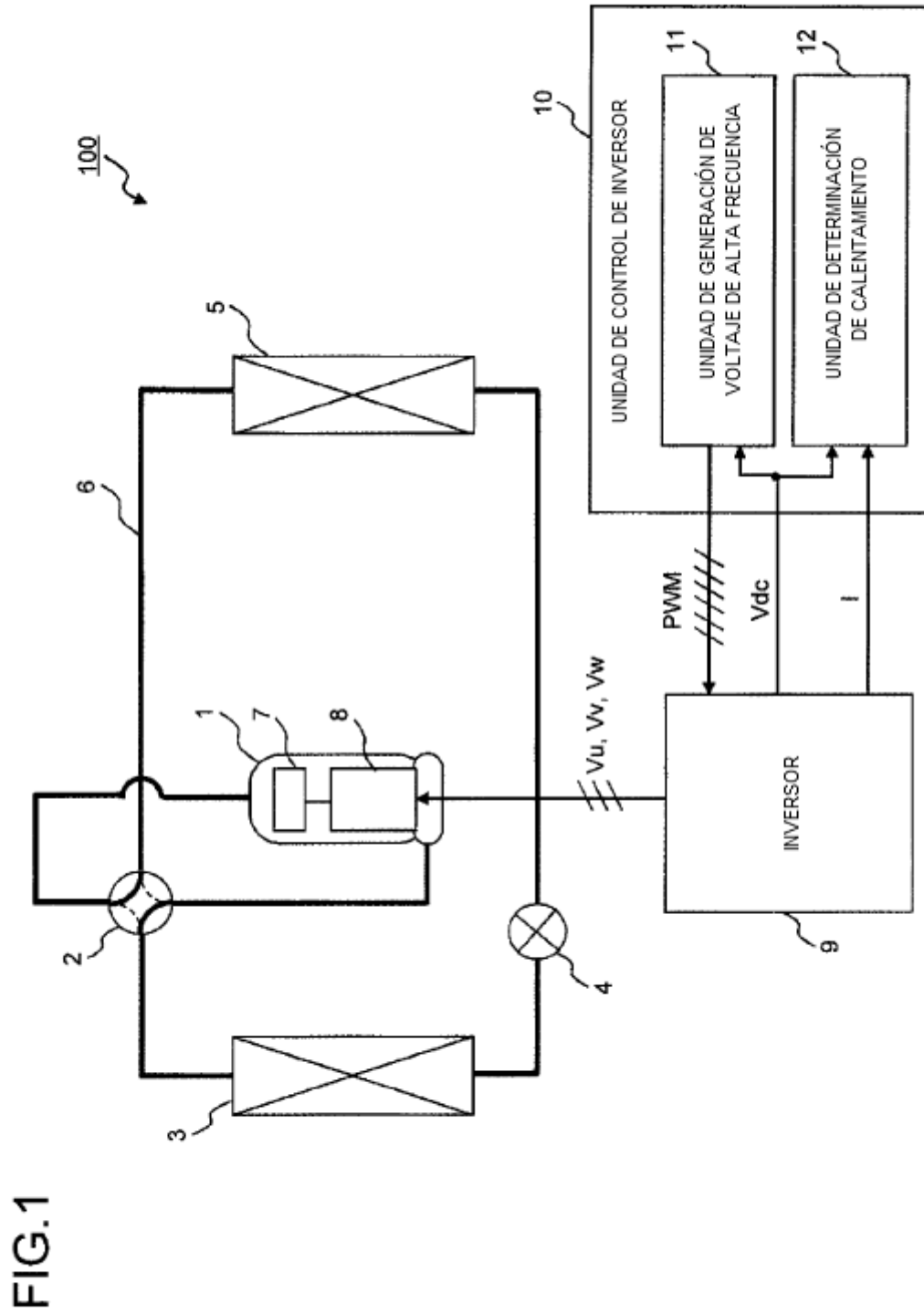


FIG.2

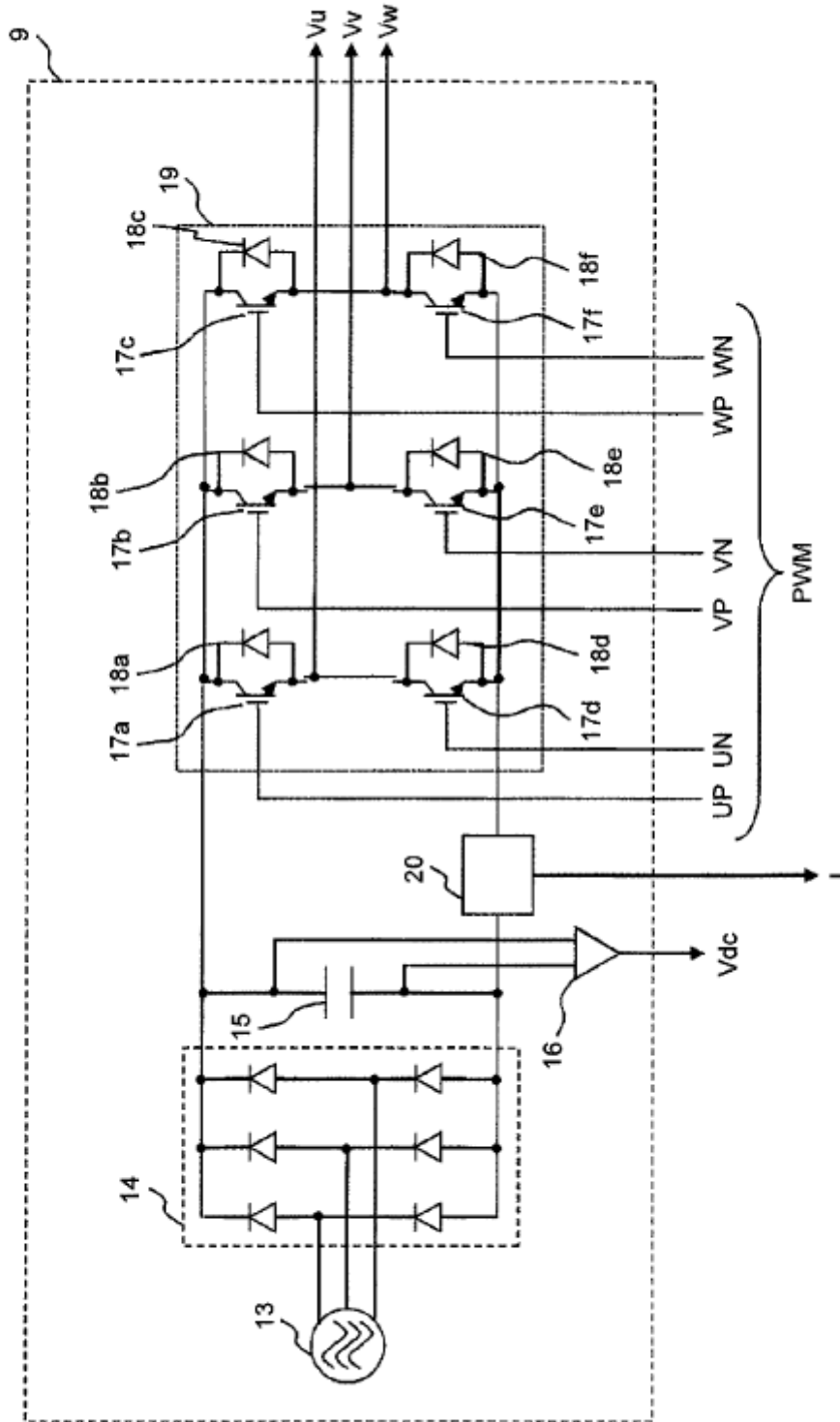


FIG.3

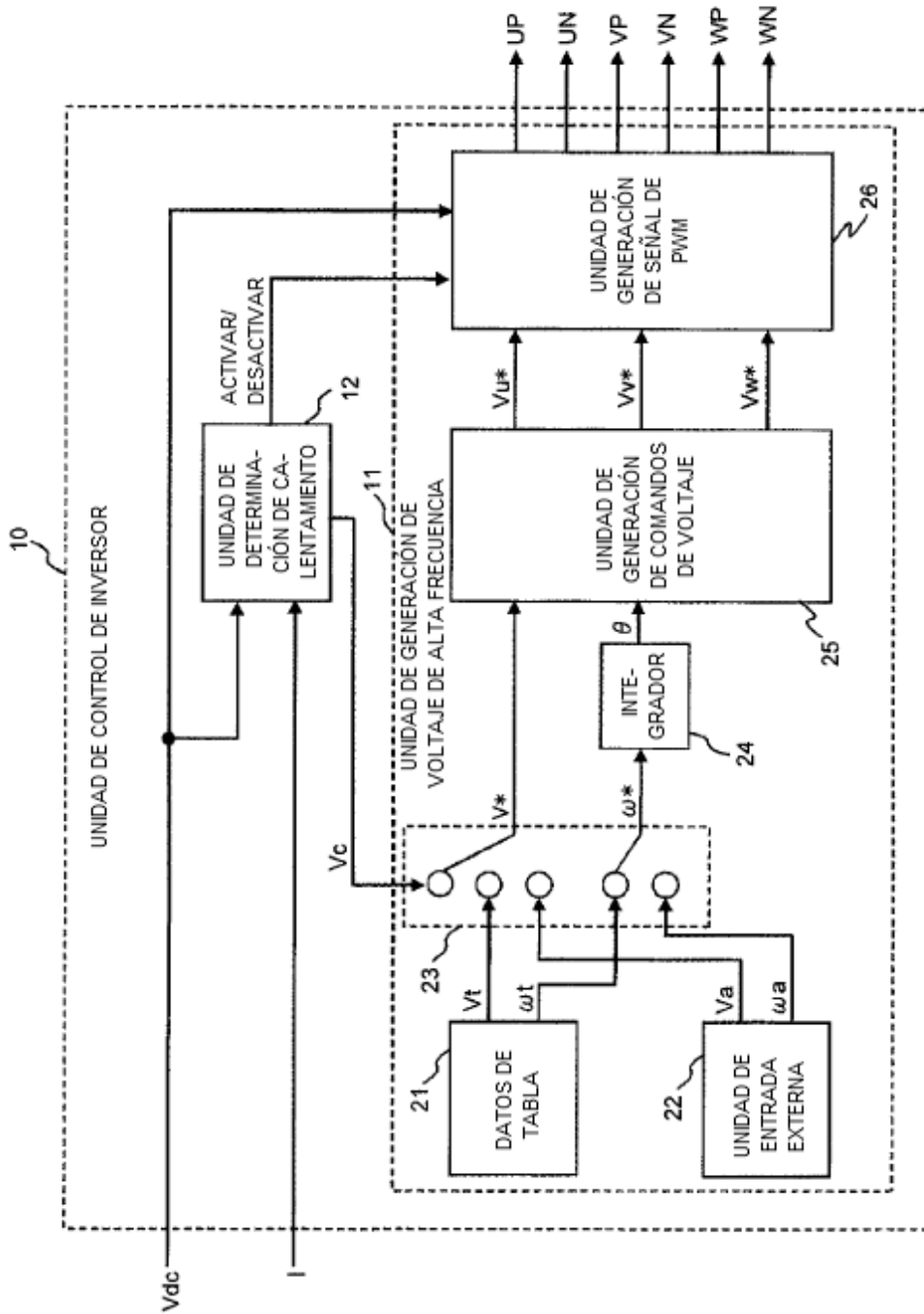


FIG.4

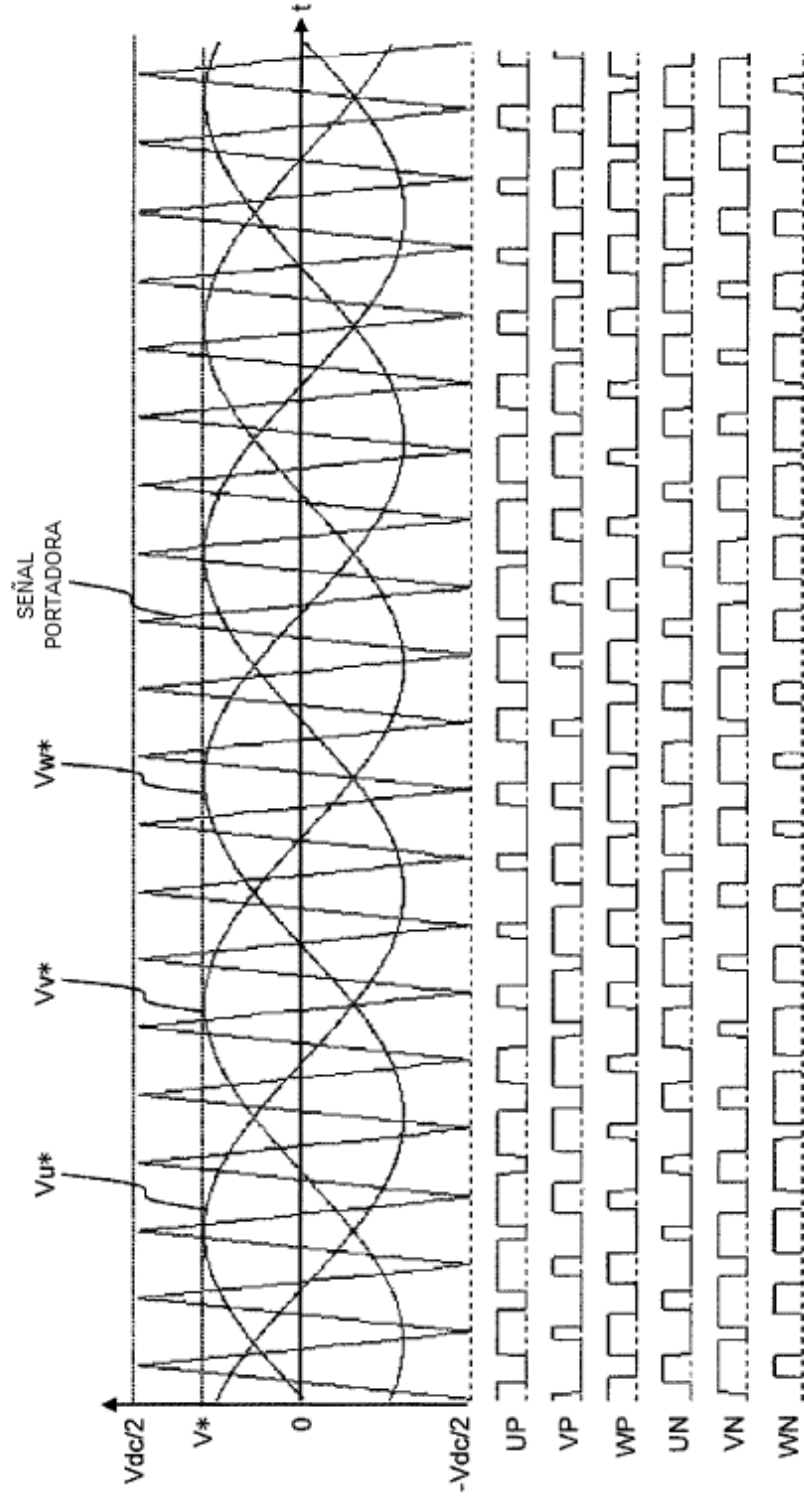


FIG.5

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

FIG.6

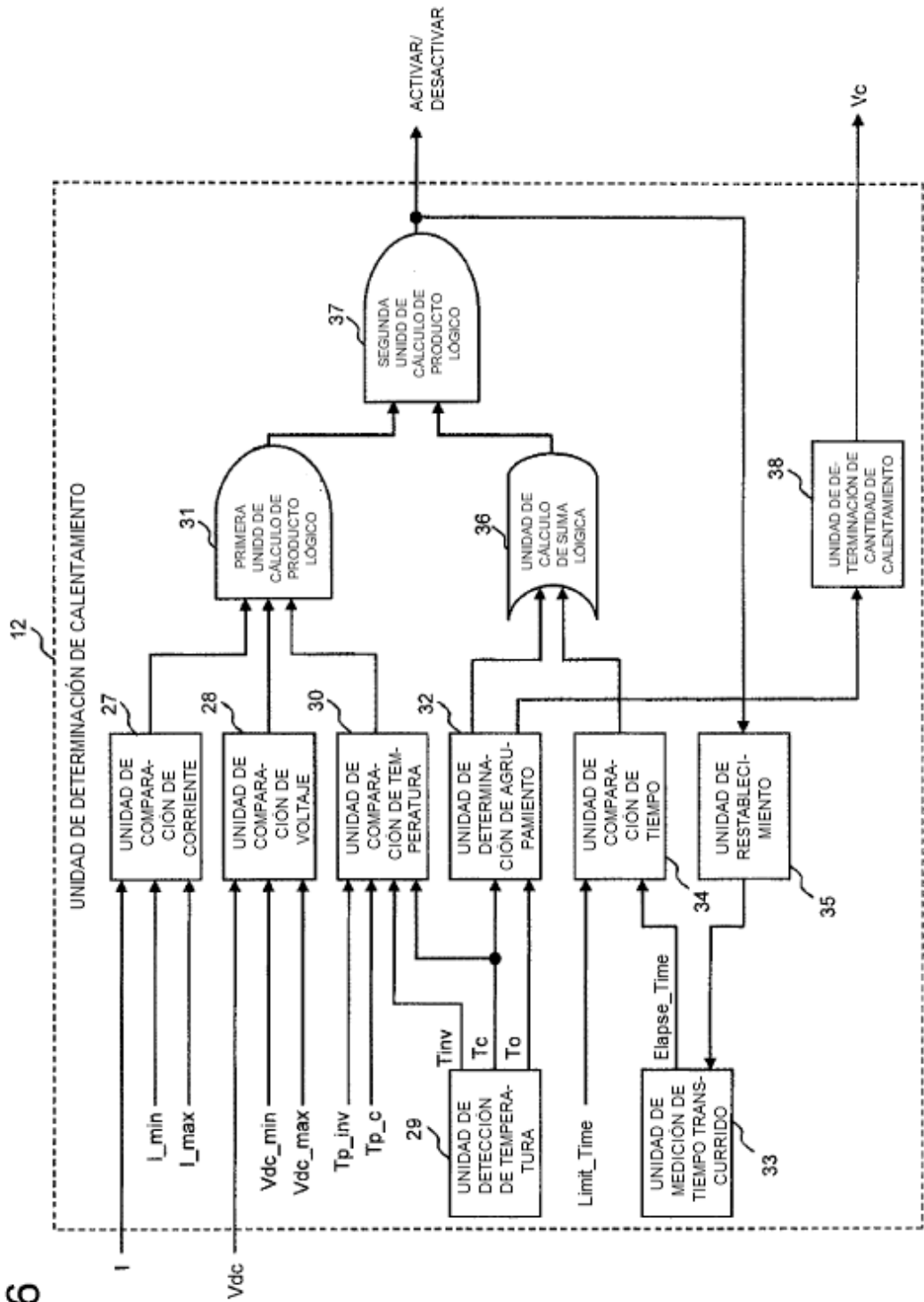




FIG.7

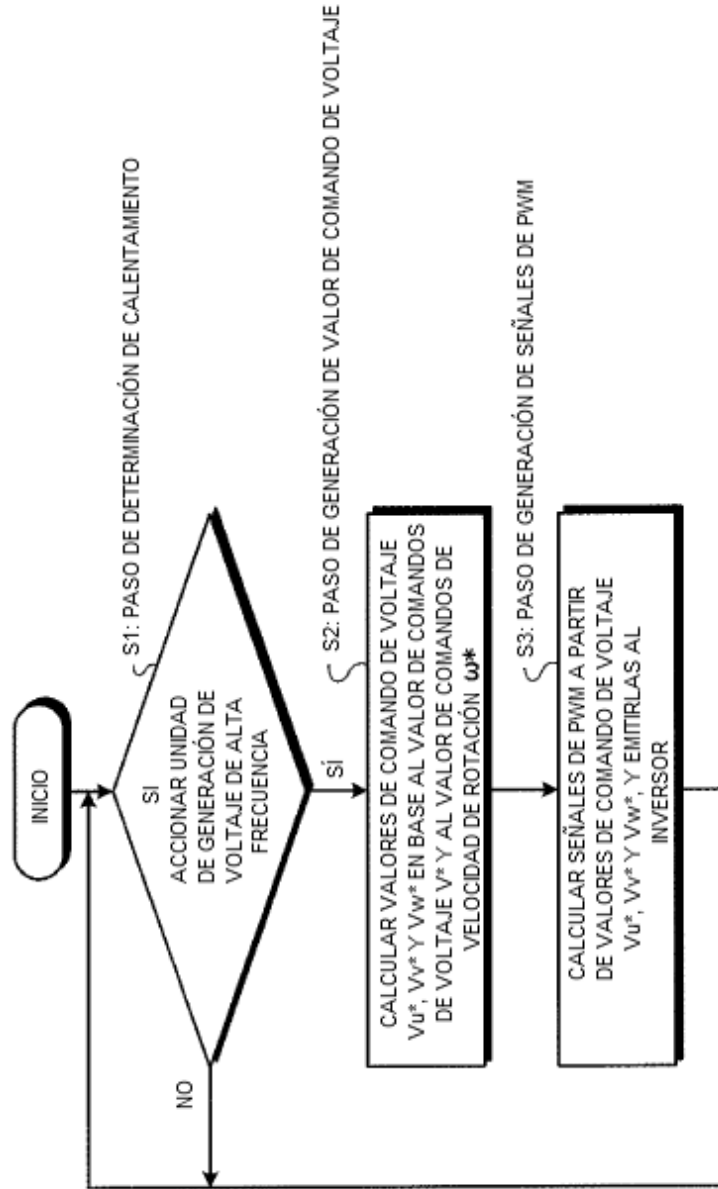
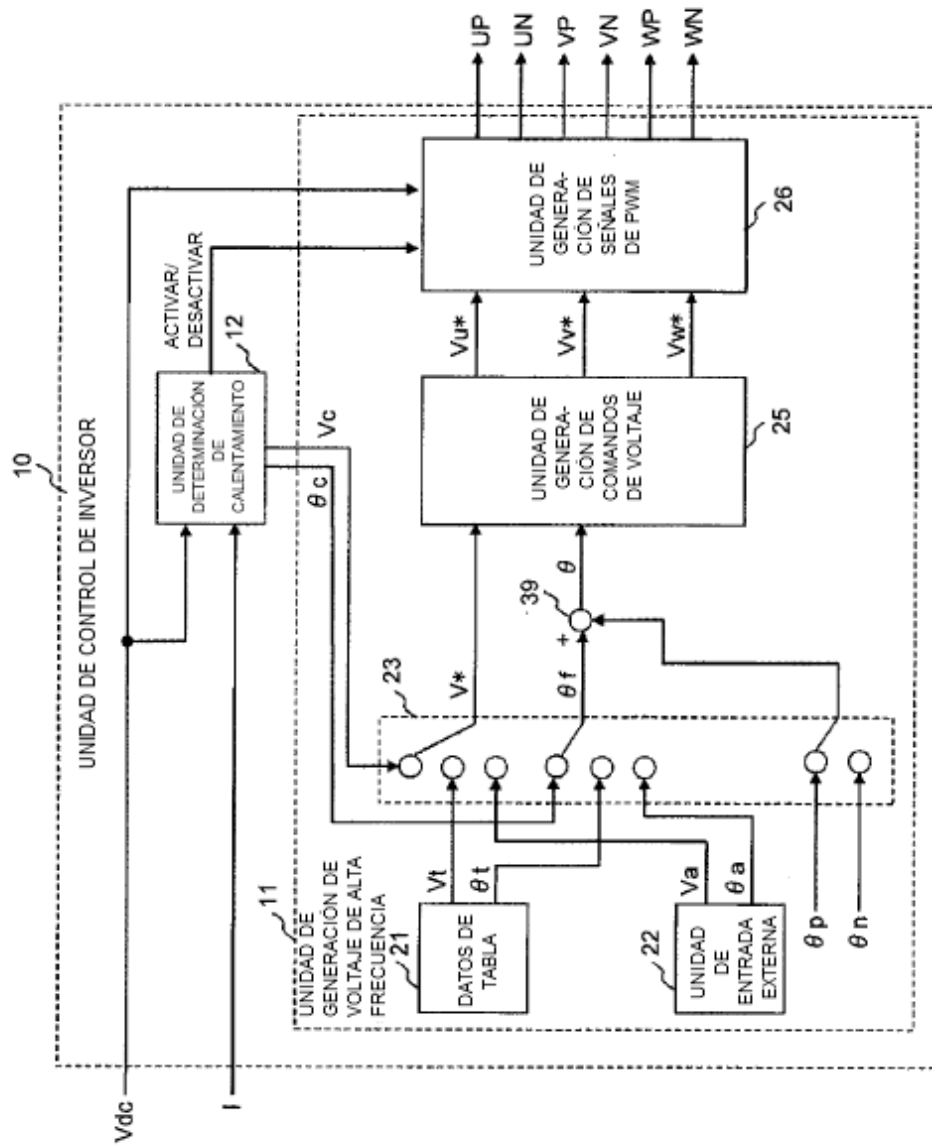


FIG.8



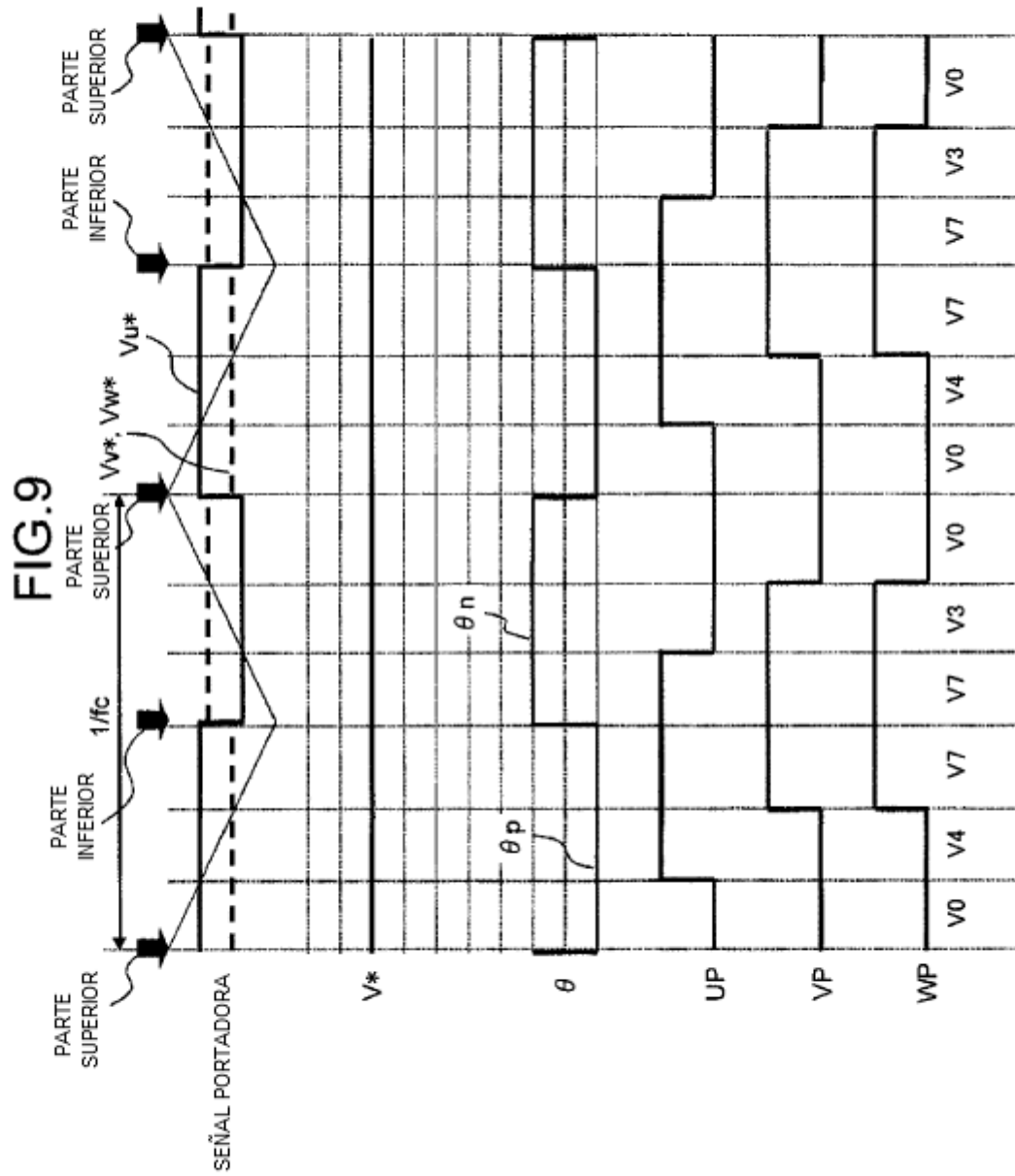
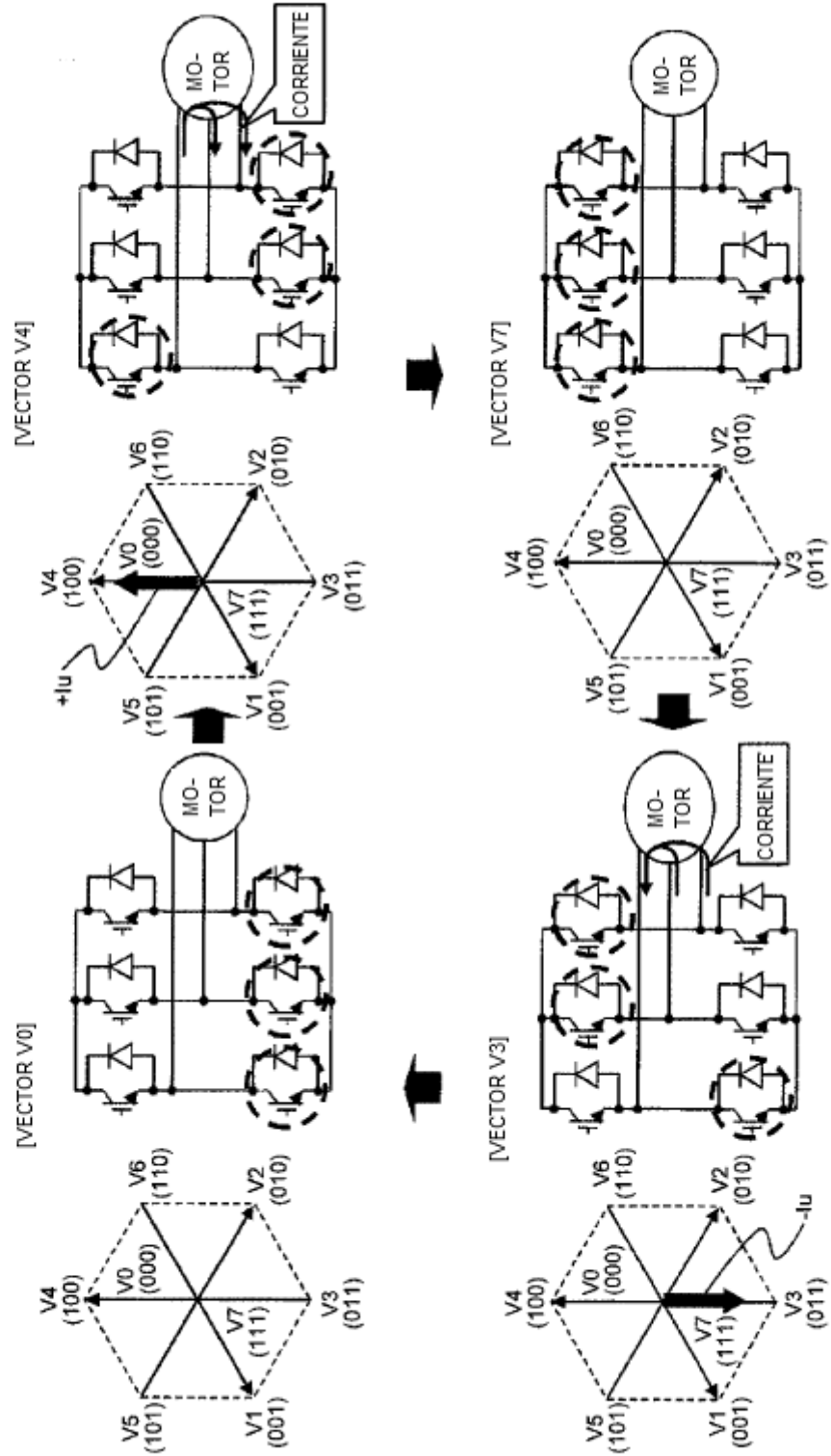


FIG.10



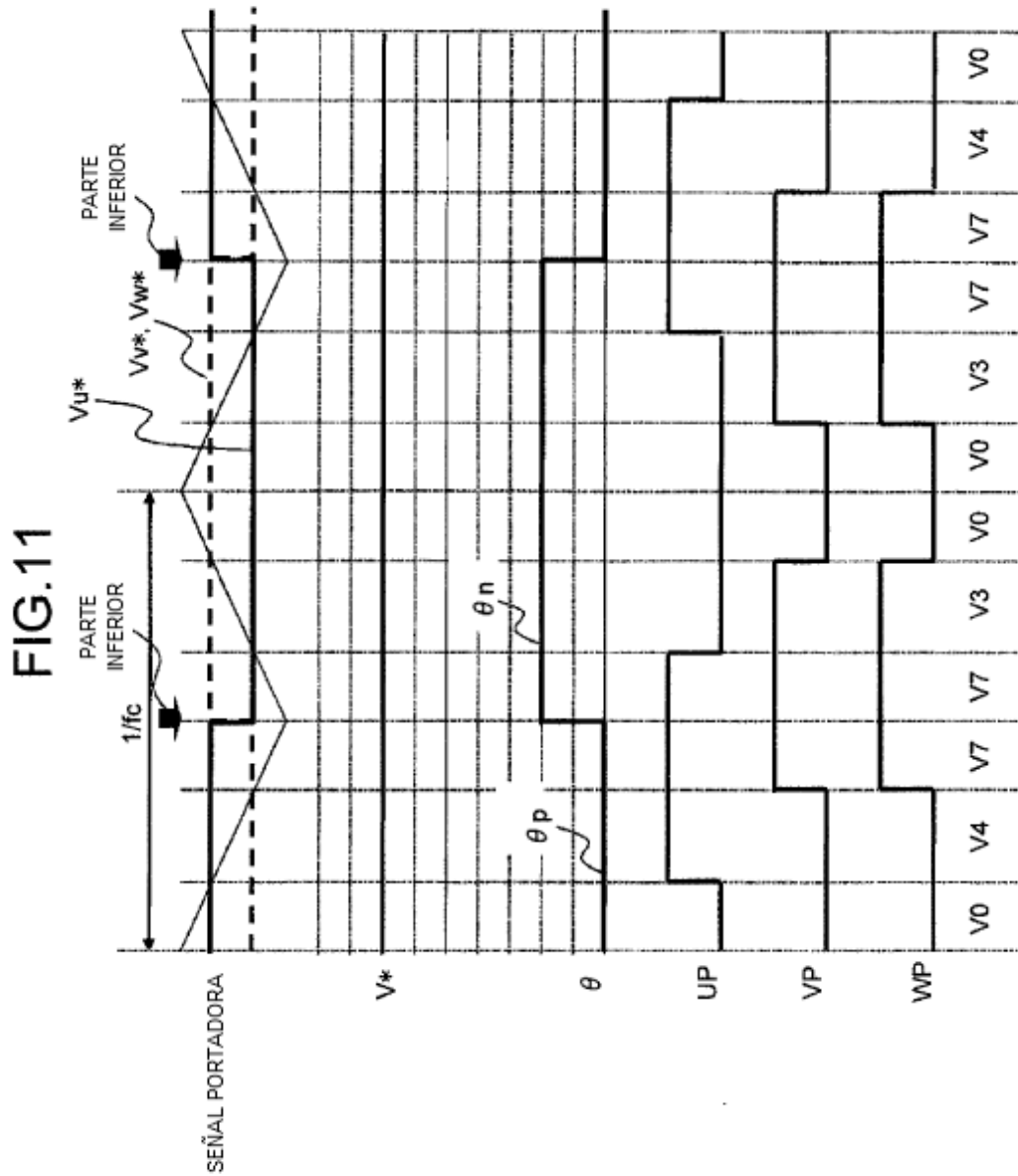


FIG.12

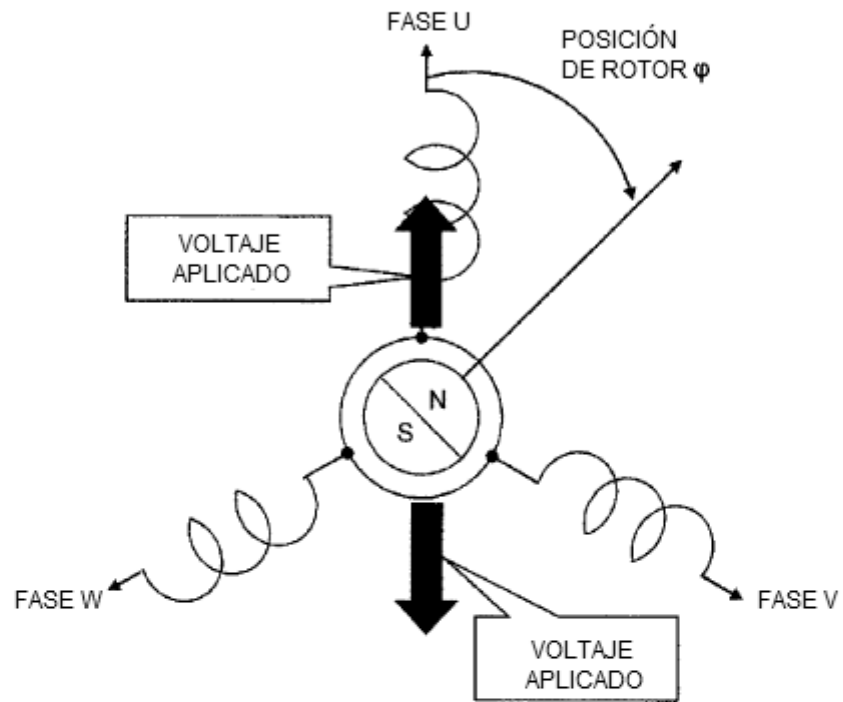


FIG.13

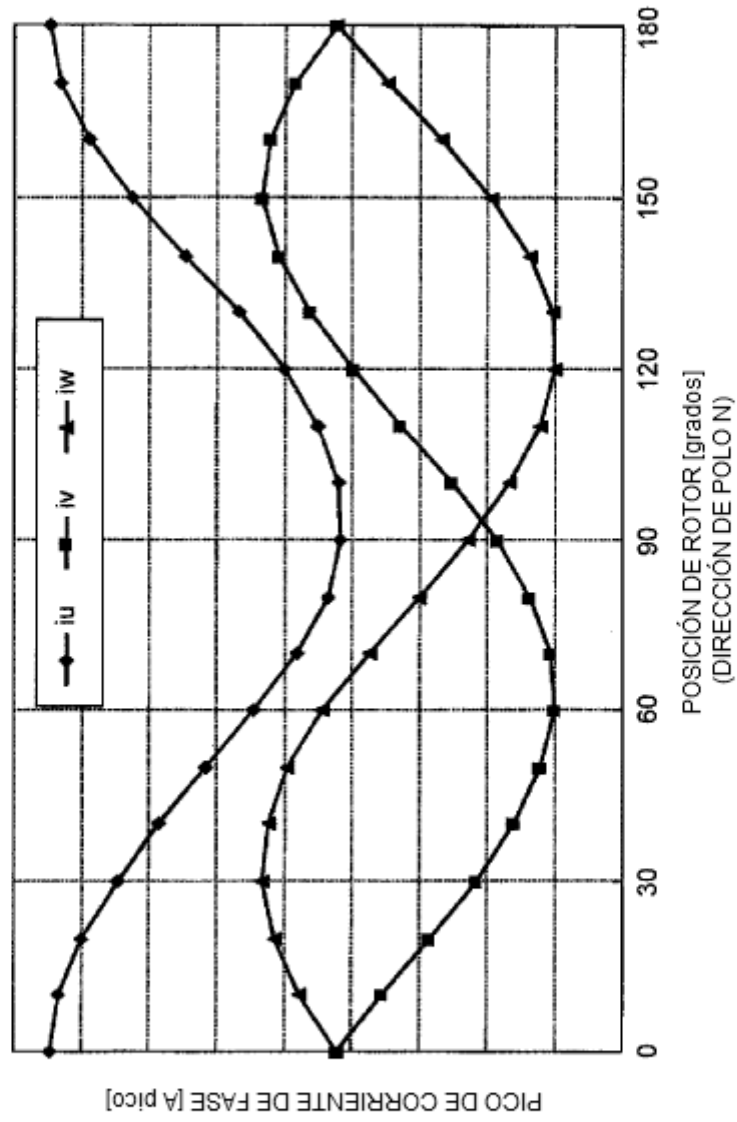


FIG.14

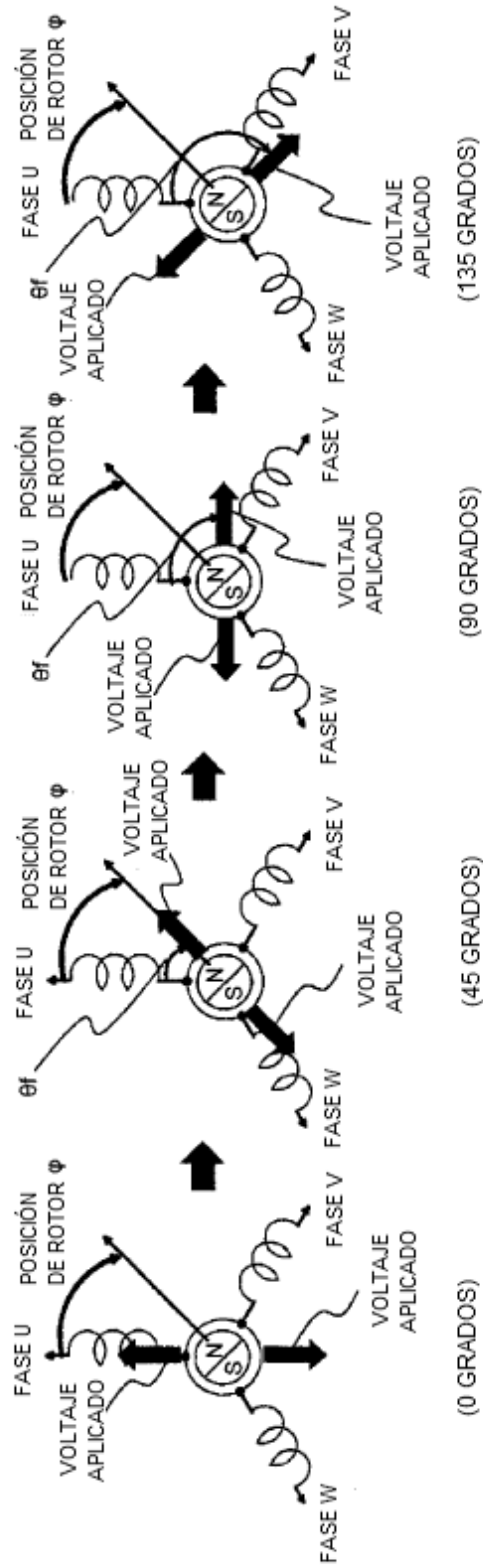
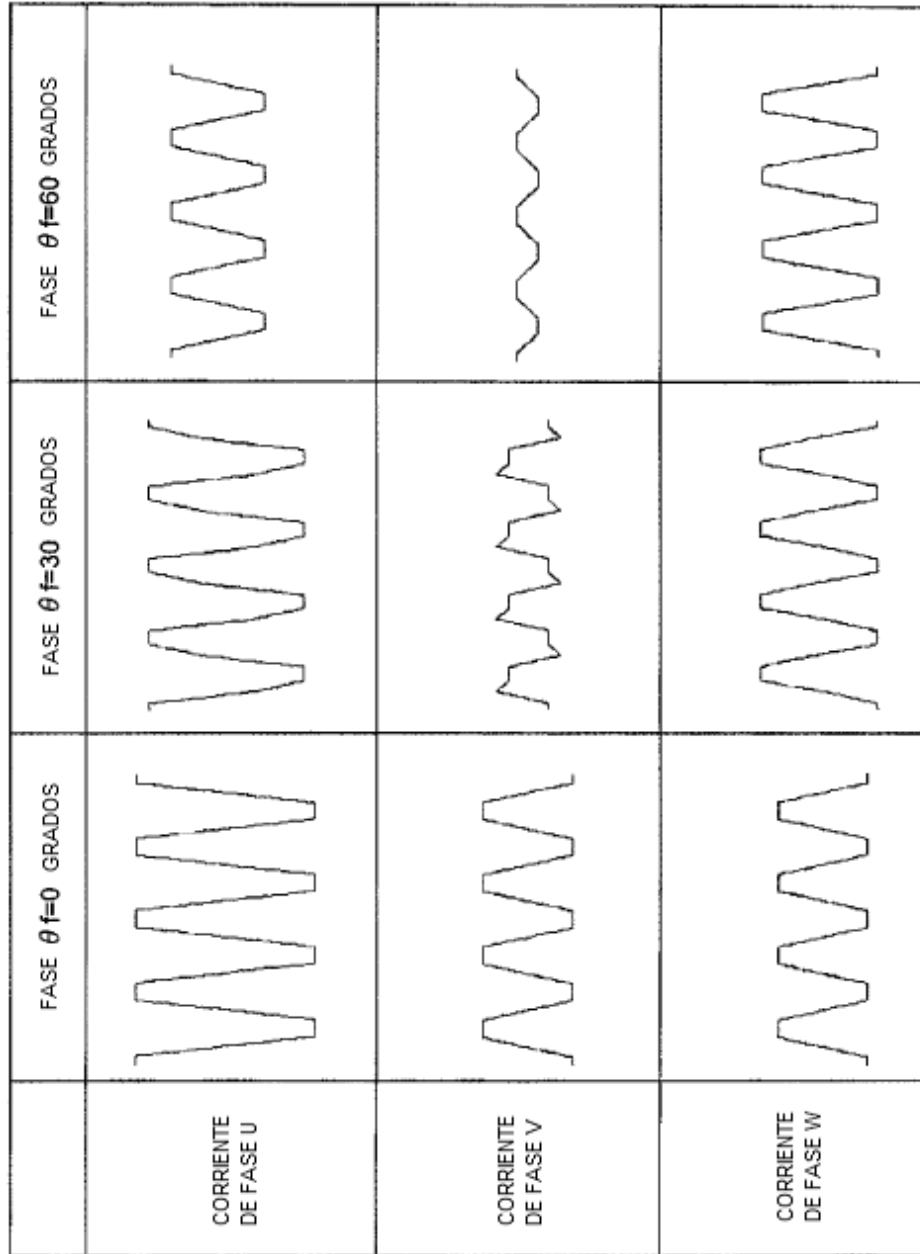




FIG.15



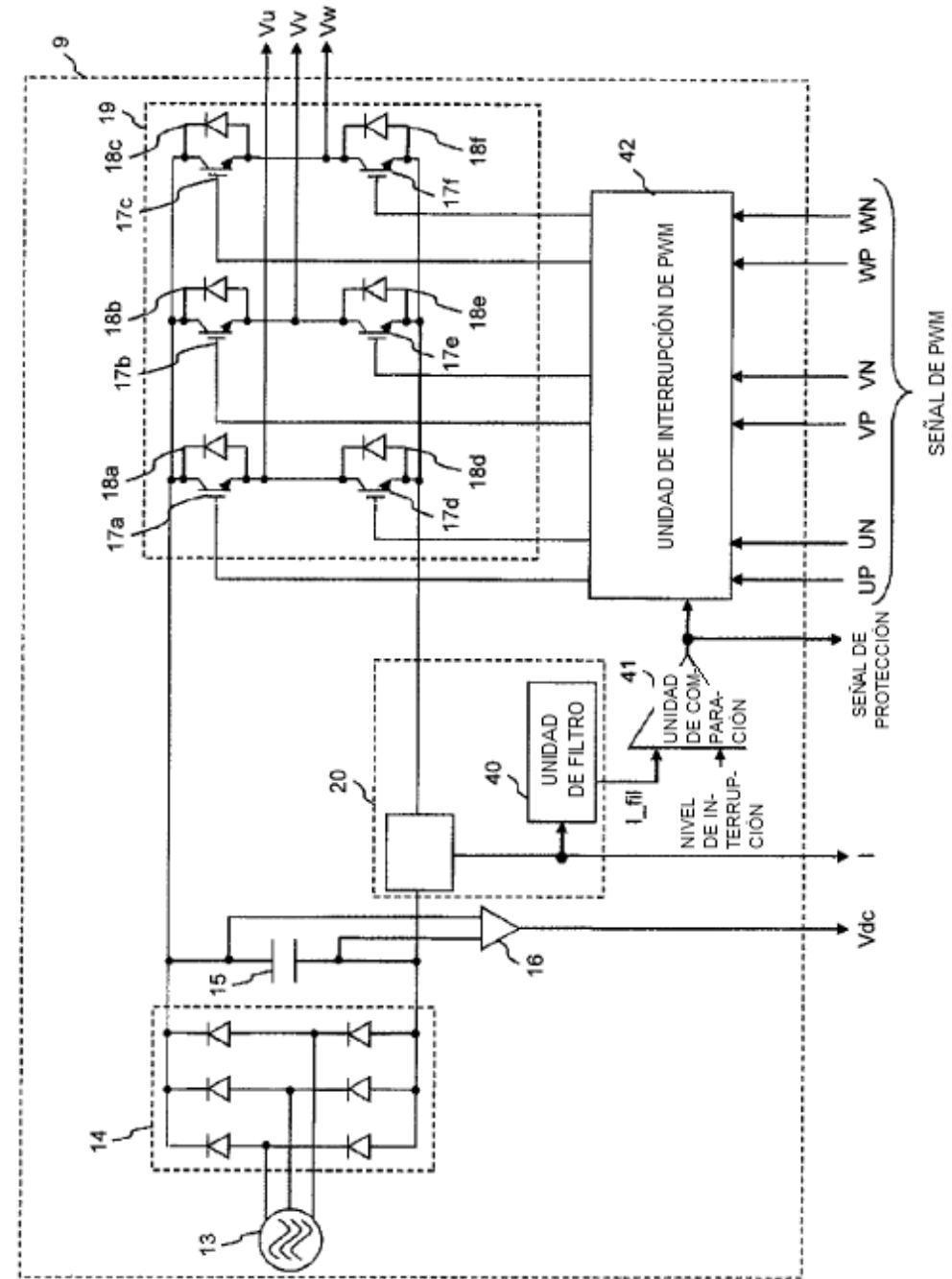


FIG.16

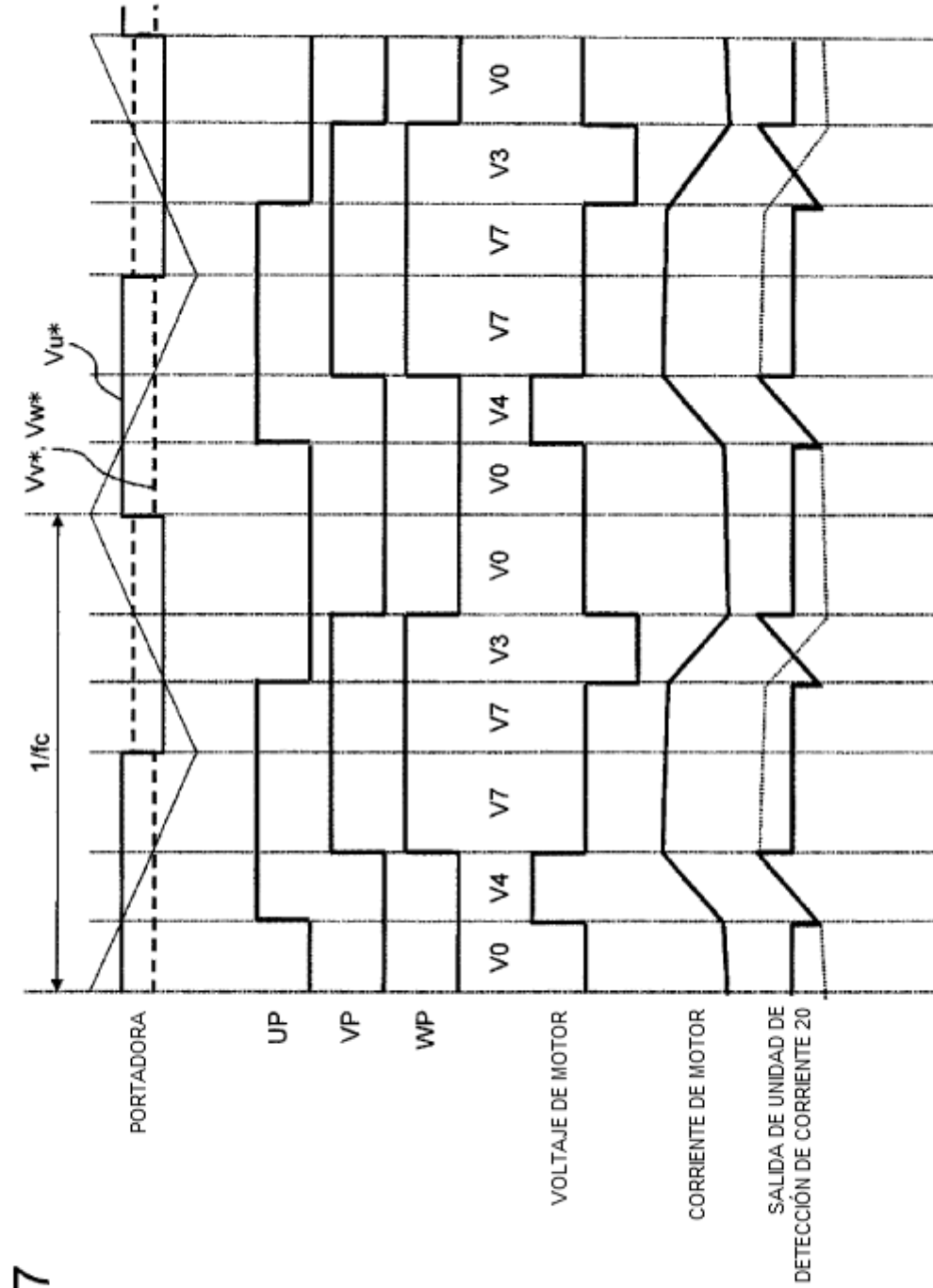


FIG.17

FIG.18

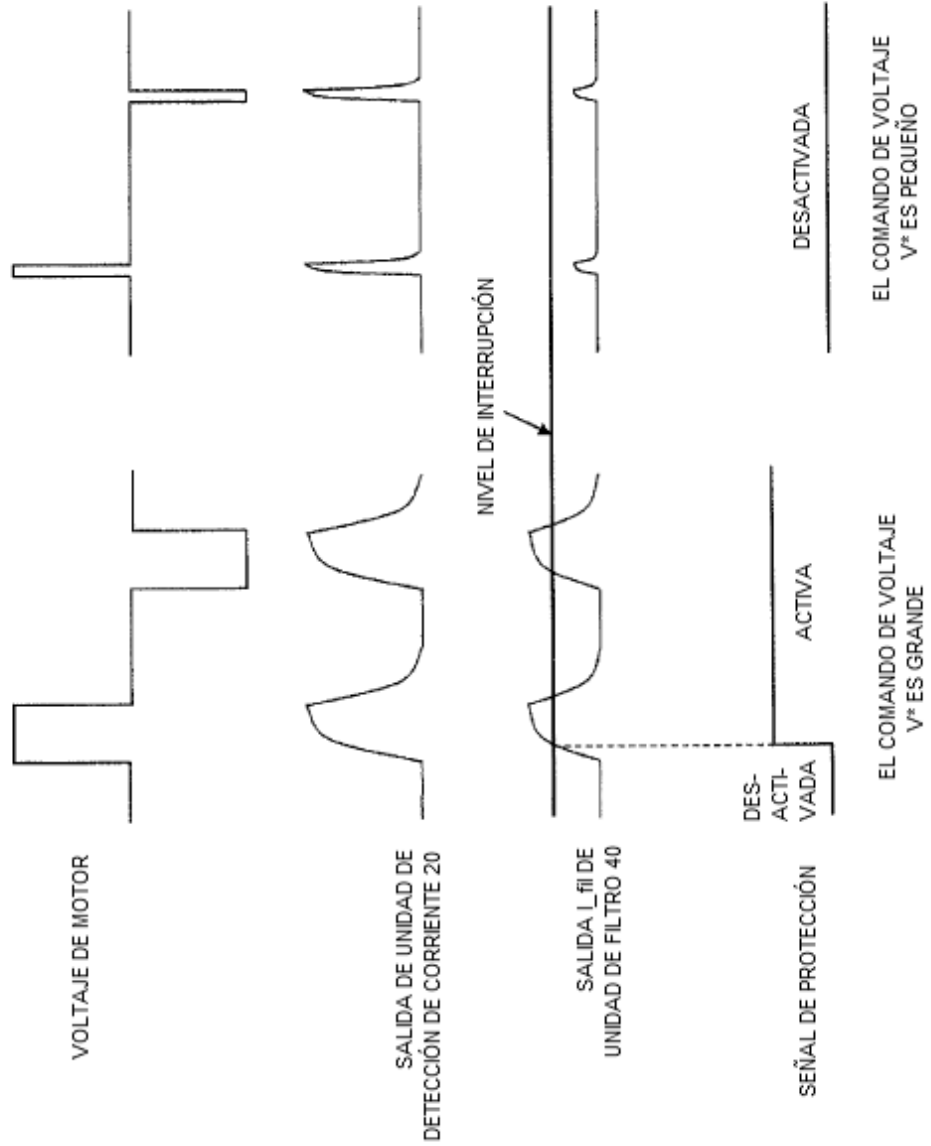


FIG.19

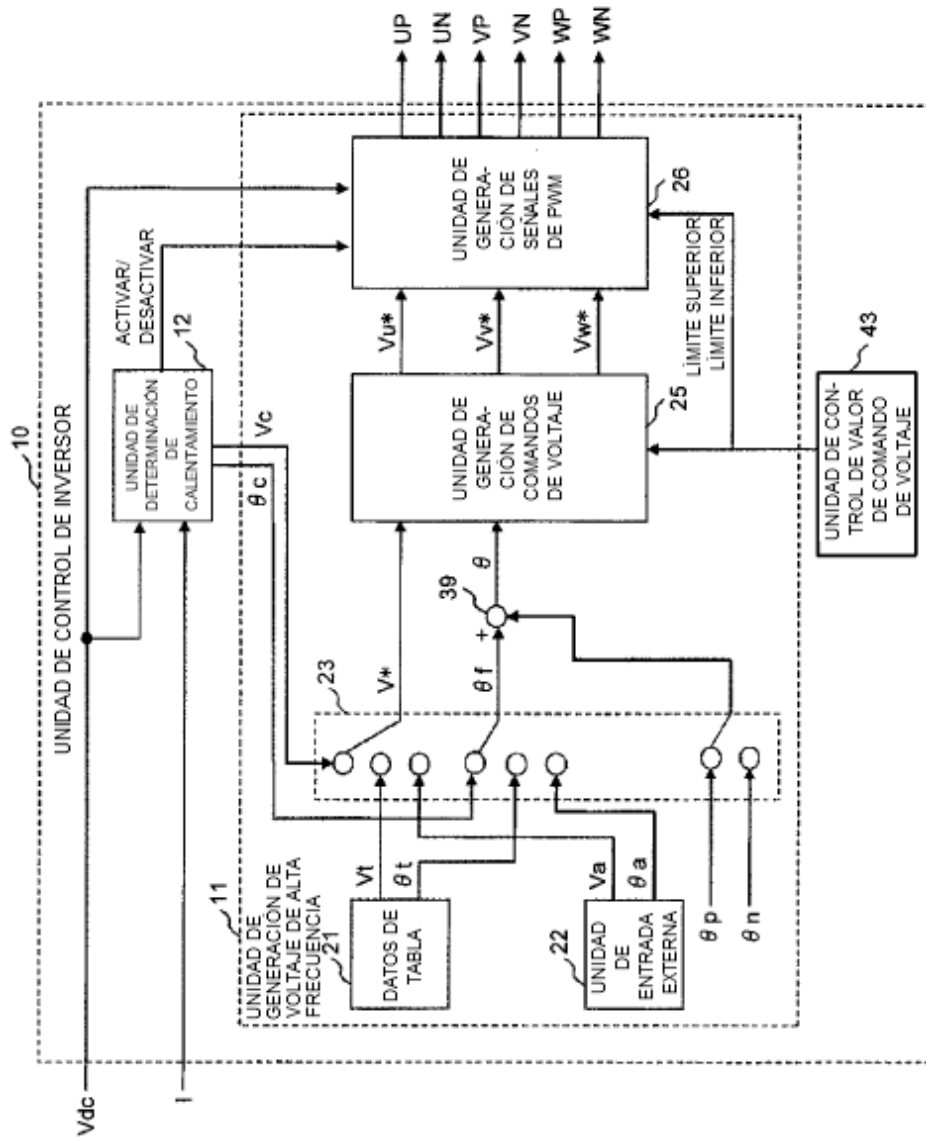
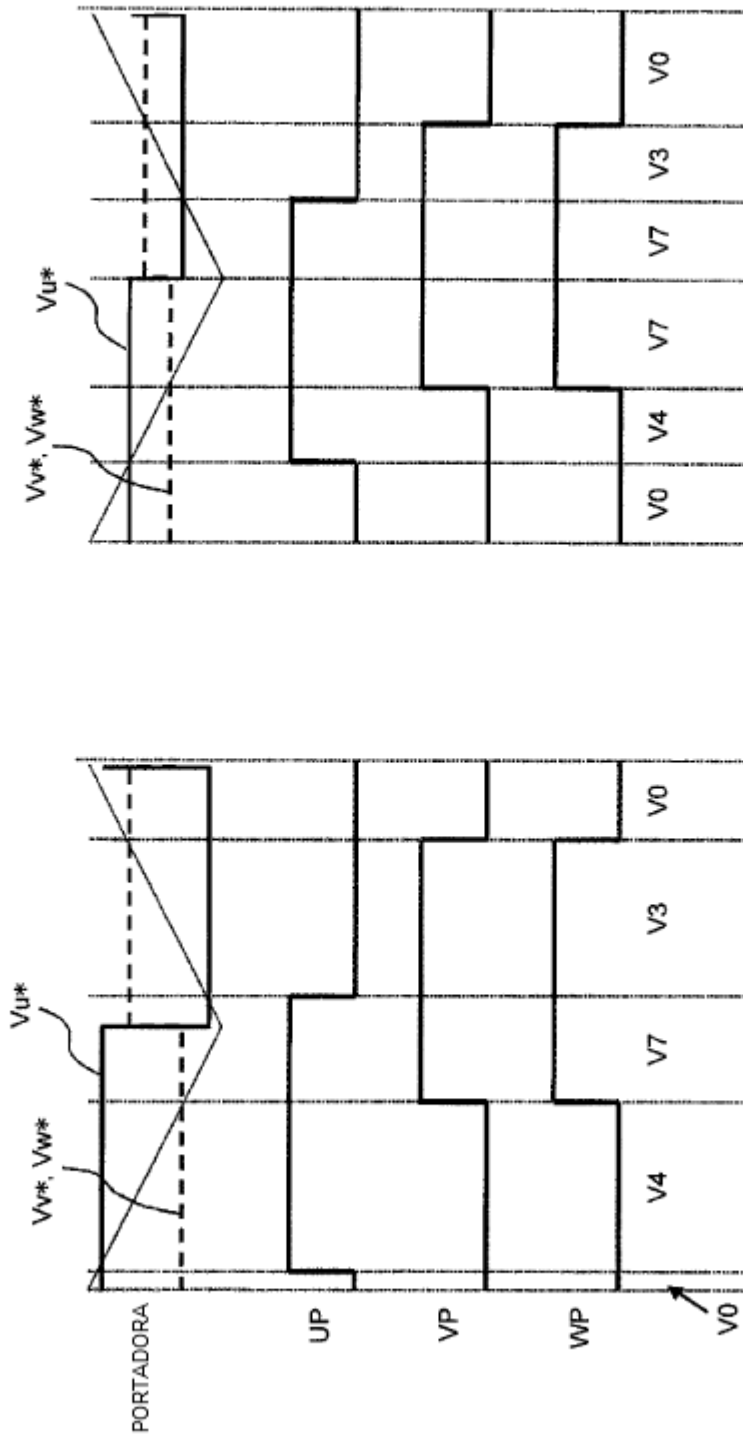


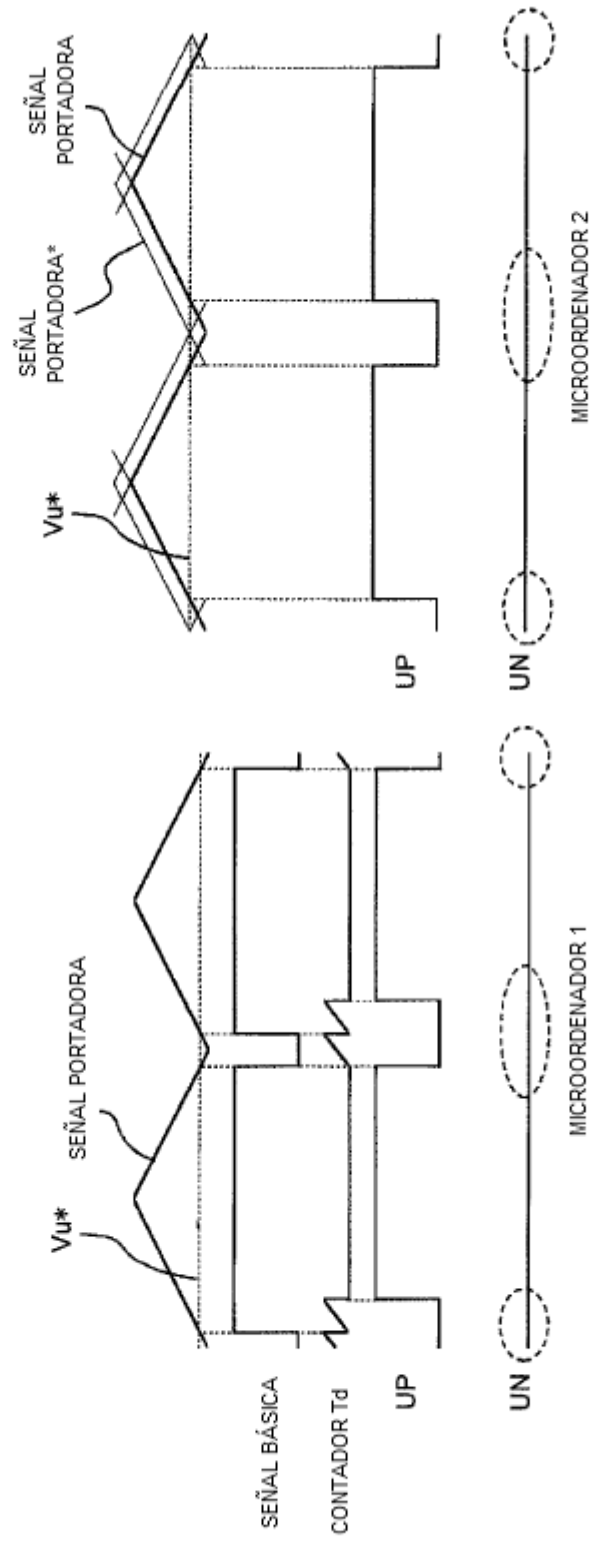
FIG.20



EL COMANDO DE VOLTAJE ES PEQUEÑO

EL COMANDO DE VOLTAJE ES GRANDE

FIG.21



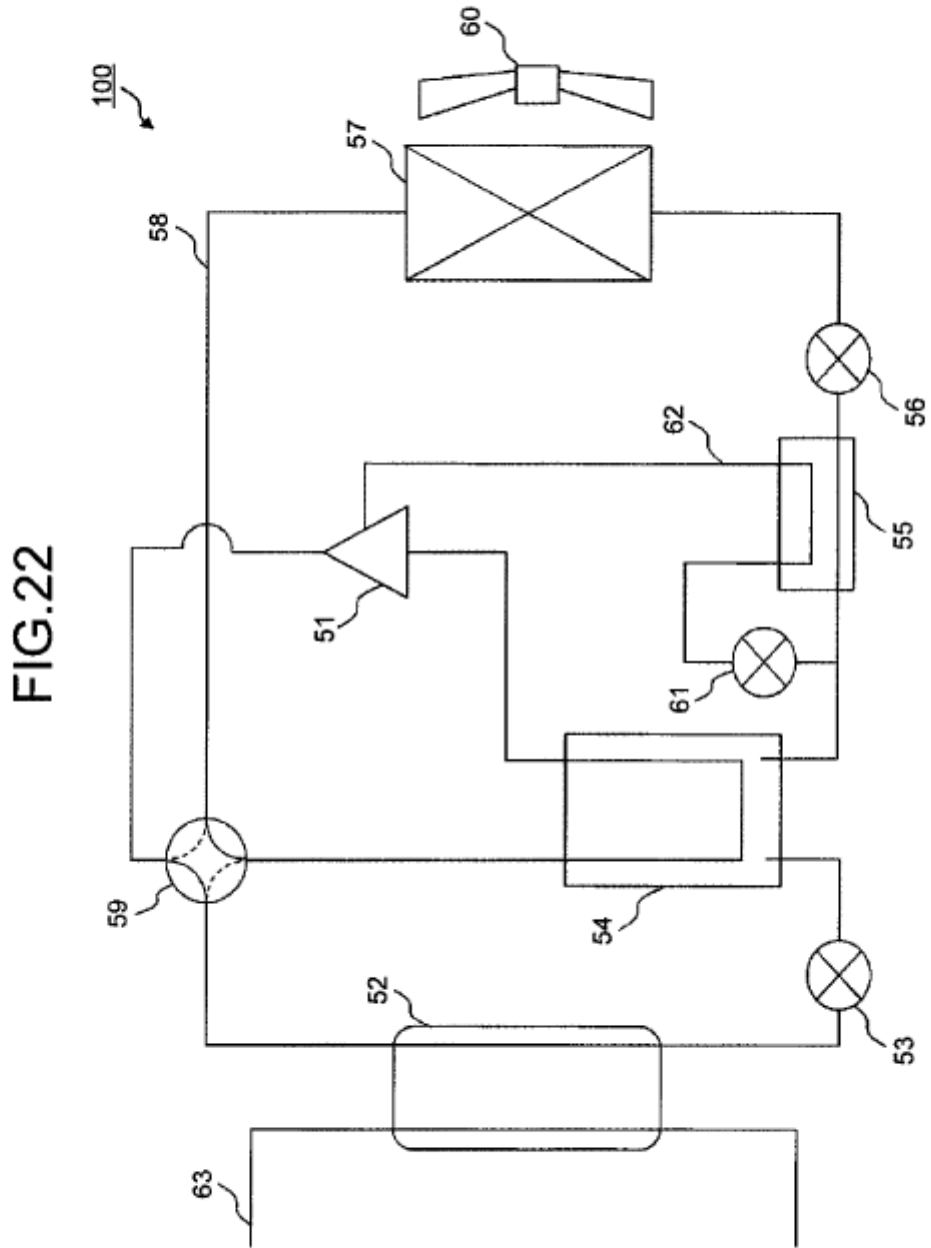




FIG.23

