(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 425 481**

(51) Int. Cl.:

H02P 21/00 (2006.01)
H02P 27/06 (2006.01)
H02P 29/02 (2006.01)
H02P 27/08 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2003** **E 07012734 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2013** **EP 1843463**

(54) Título: **Aparato de control de motor**

(30) Prioridad:

12.12.2002 JP 2002361156
30.05.2003 JP 2003154938

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.10.2013

(73) Titular/es:

PANASONIC CORPORATION (100.0%)
1006, Oaza Kadoma Kadoma-shi
Osaka 571-8501, JP

(72) Inventor/es:

NAKATA, HIDEKI;
UEDA, MITSUO;
MATSUHIRO, HIDEO;
OGAWA, MASANORI;
KAWAJI, MITSUO y
SUGIMOTO, TOMOHIRO

(74) Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 425 481 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato de control de motor

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un aparato de control de motor para controlar motores sin escobillas incorporados en climatizadores, frigoríficos, lavadoras, sopladores, etc., usando un circuito inversor.

La figura 33 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un aparato de control de motor convencional para accionar un motor sin escobillas. En las siguientes descripciones, el aparato de control de motor convencional mostrado en la figura 33 se denomina una primera tecnología convencional. En la figura 33, el número 101 designa una fuente de alimentación CA, el número 102 designa un inductor, el número 103 designa un diodo rectificador, el número 104 designa un condensador de filtro, el número 106 designa un circuito inversor, el número 107 designa un motor sin escobillas, y el número 108 designa un sensor de posición. En el caso en el que el voltaje CA suministrado desde la fuente de alimentación CA 101 es convertido en un voltaje CC usando el diodo rectificador 103 y el condensador de filtro 104 de modo que una potencia CC se introduce en el circuito inversor 106, la corriente suministrada desde la fuente de alimentación CA 101 fluye solamente cuando el voltaje del condensador de filtro 104 es inferior al voltaje CA suministrado. Por lo tanto, la corriente suministrada desde la fuente de alimentación CA 101 tiene componentes armónicos. Por lo tanto, en la primera tecnología convencional, el inductor 102 está provisto entre la fuente de alimentación CA 101 y el diodo rectificador 103 para reducir los componentes armónicos y mejorar el factor de potencia. Tal como se ha descrito anteriormente, además del diodo rectificador 103, el inductor 102 y el condensador de filtro 104 se usan en el circuito rectificador 105 de la primera tecnología convencional. Además, en el caso en el que el motor sin escobillas 107 es accionado por el inversor, se necesita la información del ángulo de rotación del rotor. Para este fin, en la primera tecnología convencional, el ángulo de rotación se detectó usando el sensor de posición 108. Como ejemplo de esta primera tecnología convencional, se ha propuesto un aparato de control de motor desvelado en la Solicitud de Patente japonesa abierta a inspección pública número Hei 9-74790.

El inductor 102 y el condensador de filtro 104 del circuito rectificador 105 para uso en la primera tecnología convencional son componentes grandes que tienen una inductancia grande y una capacitancia grande, respectivamente, en muchos casos. Como resultado, el aparato de control de motor convencional es frecuentemente apto para ser de tamaño grande y precio alto. En el campo de los aparatos de control de motor, se ha demandado un circuito rectificador que incorpora componentes compactos como un inductor que tiene una inductancia pequeña y un condensador que tiene una capacitancia pequeña o un circuito rectificador que no incorpora estos componentes, desde el punto de vista de hacer el aparato de tamaño más pequeño y de menor coste.

En esta situación, dicho aparato de control de motor que no incorpora inductor ni condensador de filtro tal como se muestra en la figura 34, se ha propuesto como una segunda tecnología convencional. Como un ejemplo de esta segunda tecnología convencional, se ha propuesto un aparato de control de motor descrito en la Solicitud de Patente japonesa abierta a inspección pública número Hei 10-150795. Dado que no se usa ningún condensador de filtro en la segunda tecnología convencional, el voltaje de entrada suministrado al circuito inversor 106 no es un voltaje CC, sino un voltaje pulsatorio. Si este tipo de voltaje pulsatorio es introducido en el circuito inversor 106, cuando el voltaje de entrada suministrado al circuito inversor 106 es bajo, en algunos casos el circuito inversor 106 no puede generar un voltaje deseado para aplicarlo al motor sin escobillas 107. En el caso en el que el voltaje deseado no puede ser obtenido mediante la segunda tecnología convencional, la fase del voltaje a aplicar al motor sin escobillas 107 se avanza. Avanzando la fase del voltaje a aplicar al motor sin escobillas 107, se puede obtener el denominado estado de campo débil, con lo que el voltaje requerido a aplicar al motor sin escobillas 107 puede hacerse más bajo. Por lo tanto, con la segunda tecnología convencional, el motor sin escobillas 107 puede ser accionado de forma continua incluso cuando el voltaje de entrada suministrado al circuito inversor 106 es bajo. Sin embargo, en la segunda tecnología convencional, en el caso en el que el voltaje de entrada suministrado al circuito inversor 106 se convierte en un valor predeterminado o inferior, la operación de conmutación del circuito inversor 106 se detiene. Esto es porque el accionamiento del motor en el estado de campo débil es limitado. Tal como se ha descrito anteriormente, la segunda tecnología convencional está configurada de modo que no se aplique voltaje al motor sin escobillas 107 en el caso en el que el voltaje de entrada suministrado al circuito inversor 106 se vuelve el valor predeterminado o inferior.

Además, se demanda un aparato de control de motor que no utilice un sensor de posición desde el punto de vista de la fabricación inalámbrica y de reducir el coste. En esta situación, un método de estimación de la posición de rotor de un motor sin escobillas detectando la corriente del motor se propone como una tercera tecnología convencional. En

la tercera tecnología convencional, la posición de rotor del motor se estima usando una ecuación de cálculo para estimar la fase derivada en base a una ecuación de voltaje de una corriente del motor, un voltaje aplicado al motor sin escobillas en el momento en que la corriente del motor fluye, y constantes de motor, tales como la resistencia, inductancia, etc., del motor sin escobillas. Un ejemplo de esta tercera tecnología convencional se describe en una tesis “Control of a sensorless salient-pole brushless DC motor on the basis of estimation of speed electromotive force (Back EMF Estimation-Based Sensorless Salient-Pole brushless DC Motor Drives)” de Takeshita, Ichikawa, Lee y Matsui, Thesis Journal, Vol. 117-D, no 1, páginas 98 a 104, publicada por el Instituto de Ingenieros Eléctricos de Japón en 1997 (T.IEE Japón, Vol.117-D, no 1, 97).

Tal como se ha descrito anteriormente, en la primera tecnología convencional, la posición de rotor de un motor sin escobillas se detecta usando un sensor de posición, y se usan un inductor y un condensador de filtro para convertir el voltaje de entrada suministrado a un circuito inversor en un voltaje CC. Por lo tanto, dado que el inductor y el condensador de filtro son componentes grandes que tienen una inductancia grande y una capacitancia grande, respectivamente, es difícil hacer más pequeño el aparato de control de motor que incorpora estos componentes.

Además, la segunda tecnología convencional es un aparato de control de motor, en el que la posición de rotor de un motor sin escobillas es detectada usando un sensor de posición, sin usar componentes grandes tales como un inductor y un condensador de filtro. Esta tecnología es efectiva de este modo desde el punto de vista de hacer el aparato de menor tamaño y de menor coste. Sin embargo, dado que el voltaje de entrada suministrado al circuito inversor es pulsado en la segunda tecnología convencional, esto origina el problema de detener la aplicación de voltaje al motor sin escobillas cuando el voltaje de entrada es un valor predeterminado o inferior.

Se produce un problema descrito a continuación en el caso en el que se intenta construir un aparato de control de motor sin sensores de tamaño más pequeño y de menor coste, combinando la segunda tecnología convencional configurada para no usar inductor ni condensador de filtro con la tercera tecnología convencional configurada para llevar a cabo accionamiento del motor sin sensores. En el aparato de control de motor que tiene este tipo de configuración, la posición de rotor no puede ser estimada en los períodos durante los cuales la aplicación de voltaje al motor sin escobillas está detenida. Por lo tanto, era imposible el accionamiento sin sensores del motor sin escobillas. En otras palabras, en el caso en el que el voltaje de entrada suministrado al circuito inversor es pulsado, no se puede construir un aparato de control de motor sin sensores mediante la simple combinación de la segunda tecnología convencional y la tercera tecnología convencional.

P. Foussier en su tesis con el título “Contribution à l'intégration des systèmes de commande des machines électriques à courant alternatif", tesis del Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Lyon, 1 de enero de 1998, accesible en http://docinsa-insa-tyon.fr/these/1998/foussier/these.pdf, desvela un aparato de control de motor que comprende un circuito inversor que recibe un voltaje fluctuante, convierte dicho voltaje en un voltaje deseado y envía dicho voltaje deseado a un motor sin escobillas, y una sección de control que recibe un voltaje de entrada (Vpn) a dicho circuito inversor, una corriente del motor (Iu, Iv, Iw) que fluye a dicho motor sin escobillas y un valor de orden de corriente del motor (Id*, Iq*) que indica el valor de una corriente requerida para fluir a dicho circuito inversor, y genera un valor de orden de voltaje de aplicación al motor (Vd, Vq) para dicho circuito inversor, en el que, dicha sección de control incluye una sección de conversión dq que genera un valor de detección de corriente del motor de eje d y de eje q (Id, Iq) desde dicha corriente del motor (Iu, Iv, Iw), un controlador de integración de proporción (PI) de eje d y eje q que recibe un error entre dicho valor de detección de corriente del motor (Id, Iq) y dicho valor de orden de corriente del motor (Id*, Iq*), y genera un valor de orden de voltaje de aplicación al motor de eje d y eje q (vd, vq) en base a dicho error, y una sección de generación PWM que recibe dicho valor de orden de voltaje de aplicación al motor (vd, vq) y dicho voltaje de entrada (Vpn), y envía una señal PWM correspondiente a dicho valor de orden de voltaje de aplicación al motor (Vd, Vq) a dicho circuito inversor, y dicho aparato de control de motor está configurado para aplicar el voltaje a dicho motor sin escobillas en un estado de fase mantenida.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCIÓN

Un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato compacto de control de motor que tiene un circuito rectificador compacto y capaz de estar configurado con y sin un sensor de posición. Además, otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato de control de motor capaz de llevar a cabo accionamiento sin sensores sin detener la aplicación de voltaje a un motor sin escobillas incluso aunque el voltaje de entrada del circuito inversor pulse de forma significativa.

Con el fin de lograr dichos objetos, un aparato de control de motor según la presente invención está configurado para comprender un circuito inversor que recibe un voltaje fluctuante, convierte dicho voltaje en un voltaje deseado y

envía dicho voltaje deseado a un motor sin escobillas, y una sección de control que recibe el voltaje de entrada a dicho circuito inversor, una corriente del motor que fluye a dicho motor sin escobillas y un valor de orden de corriente del motor que indica el valor de una corriente requerido para fluir a dicho circuito inversor, para controlar dicho circuito inversor manteniendo la fase del voltaje aplicado a dicho motor sin escobillas cuando el valor del voltaje de entrada a dicho circuito inversor es más pequeño que el valor de un voltaje requerido para aplicarlo a dicho motor sin escobillas. El aparato de control de motor según la presente invención, configurado tal como se ha descrito anteriormente puede aplicar de forma continua un voltaje al motor sin escobillas sin detener la aplicación de voltaje, incluso cuando el voltaje de lado CC del circuito inversor es bajo.

En el aparato de control de motor según la presente invención, la sección de control del mismo puede estar configurada para estimar la fase de rotación del motor sin escobillas en base a la corriente del motor. Con esta configuración, incluso en el caso en el que se lleva a cabo accionamiento sin sensores donde la información de fase del motor sin escobillas no se obtiene de un sensor de posición, el aparato de control de motor puede llevar a cabo de forma continua la aplicación de voltaje sin detener la aplicación de voltaje al motor. Por lo tanto, la fase del motor puede ser estimada, y el motor puede ser accionado sin usar un sensor de posición.

En el aparato de control de motor según la presente invención, la sección de control del mismo puede estar configurada para detener el control integral cuando el valor de voltaje a través de dicho circuito inversor es menor que el valor de orden de voltaje a aplicar a dicho motor sin escobillas. Con esta configuración no se superponen los errores innecesarios para un aparato de control para el control de corriente, con lo que no fluye corriente del motor innecesaria y se puede mejorar la exactitud de la estimación sin sensor. De este modo, es posible proporcionar un aparato de control de motor capaz de llevar a cabo de forma estable un control excelente.

En el aparato de control de motor según la presente invención, la sección de control del mismo puede estar configurada para calcular dicho valor de orden de voltaje usando una ecuación de cálculo que tiene un término sin interacción. En el aparato de control de motor según la presente invención, el control de retroalimentación tiene un término sin interacción tal como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, se mejora la independencia del sistema de control de corriente, la precisión de la estimación sin sensor se mejora adicionalmente, y se consigue un funcionamiento más estable.

En el aparato de control de motor según la presente invención, la sección de control del mismo puede estar configurada para detectar el voltaje de dicho circuito inversor, estimar un voltaje a aplicar a dicho circuito inversor en el ciclo de control siguiente y controlar dicho circuito inversor. En el caso en el que el voltaje de entrada del circuito inversor pulsa de forma significativa, se produce un error entre el resultado de detección y el voltaje real, particularmente cuando el ciclo de control del circuito inversor es largo. Sin embargo, usando el voltaje detectado del circuito inversor, la sección de control estima un voltaje a aplicar al circuito inversor en el ciclo de control siguiente y lleva a cabo el control, con lo que la sección de control puede estimar de forma precisa el voltaje de entrada del circuito inversor. Como resultado, se puede aplicar un voltaje más preciso al motor sin escobillas. Por lo tanto, la presente invención puede proporcionar un aparato de control de motor más excelente.

El aparato de control de motor según la presente invención puede estar configurado para incorporar un condensador que tiene una capacitancia pequeña en el lado de entrada de dicho circuito inversor. En el aparato de control de motor según la presente invención, configurado tal como se ha descrito anteriormente, una corriente regenerativa del motor fluye a un condensador. Por lo tanto, es posible evitar la subida anormal del voltaje de lado de entrada del circuito principal del inversor debido a la corriente regenerativa. Por lo tanto, el aparato tiene una función de proteger al circuito contra sobrevoltaje, siendo por ello de gran seguridad.

El aparato de control de motor según la presente invención puede estar configurado para incorporar un inductor que tiene una inductancia pequeña en el lado de entrada de dicho circuito inversor. El aparato de control de motor según la presente invención configurado tal como se ha descrito anteriormente envía una corriente que tiene una forma de onda lisa, siendo de este modo capaz de eliminar componentes armónicos. Por lo tanto, el aparato tiene una tasa más alta de utilización de potencia.

El aparato de control de motor según la presente invención puede estar configurado para comprender además un circuito elevador que tiene un inductor, diodos, dispositivos de conmutación y un condensador, y

una sección de control del circuito elevador para controlar dicho circuito elevador, en la que

dicha sección de control del circuito elevador está configurada para determinar el valor de trabajo de dicho

dispositivo de conmutación en base a una señal procedente de dicha sección de control. En el aparato de control de motor según la presente invención configurado tal como se ha descrito anteriormente, el circuito elevador puede elevar el voltaje de lado de entrada del circuito inversor. Por lo tanto, la velocidad máxima de rotación del motor sin escobillas se puede aumentar, y el motor sin escobillas puede funcionar en un intervalo más amplio de velocidades de rotación.

El aparato de control de motor según la presente invención, en el que la sección de control del circuito elevador, que está configurada para recibir la fase de voltaje detectada y corriente CA de una fuente de alimentación CA, puede estar configurada para comprender una sección de orden de corriente CA que envía un valor de orden de corriente CA en base a dicha fase detectada y una señal de control procedente de dicha sección de control, y

una sección de generación de orden PWM que genera valores de orden PWM para accionar dichos dispositivos de conmutación en base a dicho valor de orden de corriente CA y dicha corriente CA detectada de dicha fuente de alimentación CA y envía dichos valores de orden PWM. El aparato de control de motor según la presente invención configurado tal como se ha descrito anteriormente no afecta de forma adversa al sistema de la fuente de alimentación.

El aparato de control de motor según la presente invención puede estar configurado para comprender además un circuito elevador que tiene un inductor en el que se introduce un voltaje fluctuante, una pluralidad de diodos que forman un circuito rectificador, dispositivos de conmutación conectados a dicho circuito rectificador y que realizan la operación de encendido/apagado, y un condensador que envía un voltaje elevado, y

una sección de control del circuito elevador para controlar dicho circuito elevador. El aparato de control de motor según la presente invención configurado tal como se ha descrito anteriormente puede ampliar de forma significativa el intervalo de funcionamiento de un motor, aunque la configuración del aparato sea sencilla.

En el aparato de control de motor según la presente invención, se prefiere establecer

$C \leq 2 \times 10^{-7} \times P$

suponiendo que la capacitancia de dicho condensador es C [F] y que la salida máxima de dicho motor es P [W].

En el aparato de control de motor según la presente invención, que incorpora un inductor que tiene una inductancia pequeña en el lado de entrada de dicho circuito inversor, se prefiere establecer

$L \leq 9 \times 10^{-9} / C$

suponiendo que la inductancia de dicho inductor es L [H] y que la capacitancia de dicho condensador es C [F].

En el aparato de control de motor según la presente invención, se prefiere establecer

$L \leq P \times 10^{-6}$

suponiendo que la inductancia de dicho inductor es L [H] y que la potencia máxima de salida de dicho motor es P [W].

El aparato de control de motor según la presente invención configurado tal como se ha descrito anteriormente puede ser usado para compresores, climatizadores, frigoríficos, lavadoras eléctricas, secadoras eléctricas, sopladores, aspiradoras eléctricas y calentadores de agua de bomba de calor. El aparato de control de motor puede aplicar de forma continua un voltaje deseado a una fuente de accionamiento sin detener la aplicación de voltaje incluso cuando el voltaje de lado CC del circuito inversor es bajo. Por lo tanto, el aparato de control de motor puede accionar cada uno de dichos aparatos con alta eficiencia.

Aunque las nuevas características de la invención se exponen particularmente en las reivindicaciones adjuntas, la invención, tanto en cuanto organización como a contenido, se entenderá y apreciará mejor, junto con sus otros objetos y características, a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un ejemplo de aparato de control de motor según la realización 1 de la presente invención;

La figura 2 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de una sección de generación PWM según la realización 1 de la presente invención;

La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra un funcionamiento de una sección de corrección Vpn según la realización 1 de la presente invención;

La figura 4A es un gráfico que muestra un resultado de una corriente del motor medida en un experimento, etc., bajo el control del aparato de control de motor convencional;

La figura 4B es un gráfico que muestra un resultado de una corriente del motor medida en un experimento, etc., bajo el control del aparato de control de motor según la realización 1;

La figura 5 es un diagrama de bloques de una sección de generación PWM de un aparato de control de motor según la realización 2 de la presente invención;

La figura 6 es un diagrama de flujo que muestra un funcionamiento de una sección de corrección de relación según la realización 2 de la presente invención;

La figura 7 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato de control de motor según la realización 3 de la presente invención;

La figura 8A es un gráfico que muestra un resultado de una corriente del motor medida en un experimento, etc., mediante el aparato de control de motor convencional;

La figura 8B es un gráfico que muestra un resultado de una corriente del motor medida en un experimento, etc., mediante el aparato de control de motor según la realización 3;

La figura 9 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato de control de motor según la realización 4 de la presente invención;

La figura 10 es un gráfico que muestra un resultado de una corriente del motor medida en un experimento, etc., mediante el aparato de control de motor según la realización 4 de la presente invención;

La figura 11 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato de control de motor según la realización 5 de la presente invención;

La figura 12 es un gráfico que muestra un resultado de una corriente del motor medida en un experimento, etc., mediante el aparato de control de motor según la realización 5 de la presente invención;

La figura 13 es un gráfico que muestra un resultado de un experimento que indica el par límite de un motor sin escobillas mediante un aparato de control de motor según la presente invención y el aparato de control de motor convencional;

La figura 14 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato de control de motor según la realización 7 de la presente invención;

La figura 15 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato de control de motor según la realización 8 de la presente invención;

La figura 16A es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato de control de motor según la realización 9 de la presente invención;

La figura 16B es un diagrama de circuito que muestra otra configuración de un circuito elevador del aparato de control de motor según la realización 9 de la presente invención.

La figura 17 es un diagrama de forma de onda que muestra una forma de onda de entrada a un circuito elevador del

aparato de control de motor según la realización 9 de la presente invención;

La figura 18 es un diagrama de forma de onda que muestra un funcionamiento del aparato de control de motor según la realización 9 de la presente invención;

La figura 19 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato de control de motor según la realización 10 de la presente invención;

La figura 20 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de una sección de control del circuito elevador del aparato de control de motor según la realización 10 de la presente invención;

La figura 21 es un diagrama de forma de onda que muestra un funcionamiento del aparato de control de motor según la realización 10 de la presente invención;

La figura 22 es un diagrama de bloques que muestra otra configuración de una sección de control del circuito elevador del aparato de control de motor según la realización 10 de la presente invención;

La figura 23A es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato de control de motor según la realización 11 de la presente invención;

La figura 23B es un diagrama de circuito que muestra otra configuración de un circuito elevador rectificador de voltaje doble del aparato de control de motor según la realización 11 de la presente invención;

La figura 24 es un diagrama de forma de onda que muestra un funcionamiento del aparato de control de motor según la realización 11 de la presente invención;

La figura 25 es un diagrama de bloques que muestra la configuración del compresor según la realización 12 de la presente invención;

La figura 26 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un climatizador según la realización 13 de la presente invención;

La figura 27 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un frigorífico según la realización 14 de la presente invención;

La figura 28 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de una lavadora eléctrica según la realización 15 de la presente invención;

La figura 29 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de una secadora eléctrica según la realización 16 de la presente invención;

La figura 30 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un soplador según la realización 17 de la presente invención;

La figura 31 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de una aspiradora eléctrica según la realización 18 de la presente invención;

La figura 32 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un calentador de agua de bomba de calor según la realización 19 de la presente invención;

La figura 33 es el diagrama de bloques que muestra la configuración del aparato de control de motor como primera tecnología convencional;

La figura 34 es el diagrama de bloques que muestra la configuración del aparato de control de motor como segunda tecnología convencional;

Se reconocerá que algunas o todas las figuras son representaciones esquemáticas con fines de ilustración y no representan necesariamente los tamaños o posiciones reales relativos de los elementos mostrados.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

A continuación se describirán aparatos de control de motor según realizaciones preferidas de la presente invención en referencia a las figuras adjuntas 1 a 32.

<<Realización 1>>

La figura 1 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un aparato de control de motor según la realización 1 de la presente invención. En la figura 1, la potencia CA salida de una fuente de alimentación CA monofásica 5 es rectificada a potencia CC pulsatoria por un circuito rectificador 1 y aplicada a un circuito inversor 2. El circuito inversor 2 convierte la potencia CC rectificada en una potencia CA y aplica un voltaje deseado a un motor sin escobillas 3. Una sección de control 4 detecta la corriente que fluye al motor sin escobillas 3 y acciona y controla el circuito inversor 2. La sección de control 4 incluye una sección de conversión dq 6, un controlador PI de eje d 7, un controlador PI de eje q 8, una sección de generación PWM 9, medios de sustracción, etc.

A continuación se describirá el funcionamiento de la sección de control 4 según la realización 1.

La sección de conversión dq 6 calcula un valor de detección de corriente de eje d Id y un valor de detección de corriente de eje q Iq según la siguiente ecuación (1) usando los valores de detección de corriente Iu, Iv y Iw que fluyen a los devanados trifásicos del motor sin escobillas 3. En el caso en el que el motor sin escobillas 3 tenga un sensor de posición, la señal de posición del sensor de posición se usa como una fase de rotación θ para este cálculo. En el caso en el que el motor sin escobillas 3 no tiene sensor de posición, una fase estimada obtenida como resultado de la estimación de la posición de rotor se usa como la fase de rotación θ.

$$\begin{pmatrix} Id \\ Iq \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta - \frac{2}{3}\pi) & \cos(\theta + \frac{2}{3}\pi) \\ \sin(\theta) & \sin(\theta - \frac{2}{3}\pi) & \sin(\theta + \frac{2}{3}\pi) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Iu \\ Iv \\ Iw \end{pmatrix} \quad (1)$$

El error entre un valor de orden de corriente de eje d Id* calculado en base a una orden de rotación, una orden de par, etc., procedente del exterior y un valor de detección de corriente de eje d Id salido de la sección de conversión dq 6 se introduce en el controlador PI de eje d 7. El error es controlado PI por el controlador PI de eje d 7 y se genera un valor de orden de voltaje de eje d Vd. El error entre un valor de orden de corriente de eje q Iq* calculado en base a una orden de rotación, una orden de par, etc., procedente del exterior y un valor de detección de corriente de eje q Iq salido de la sección de conversión dq 6 se introduce en el controlador PI de eje q 8, justo como en el caso del controlador PI de eje d 7. El error es controlado PI por el controlador PI de eje q 8 y se genera un valor de orden de voltaje de eje q Vq.

La sección de generación PWM 9 genera una señal PWM para accionar el circuito inversor 2 a partir del valor de orden de voltaje de eje d Vd, el valor de orden de voltaje de eje q Vq y un valor de detección de voltaje de entrada Vpn obtenido detectando el voltaje introducido en el circuito inversor 2, y envía la señal PWM.

La figura 2 es un diagrama de bloques que muestra la configuración y el funcionamiento de la sección de generación PWM 9. Tal como se muestra en la figura 2, la sección de generación PWM 9 tiene una sección de conversión dq inversa 10, una sección de modulación línea a línea 11 y una sección de corrección Vpn 12.

La sección de conversión dq inversa 10 calcula valores de orden de voltaje trifásico sinusoidal Vu, Vv y Vw a partir del valor de orden de voltaje de eje d Vd y el valor de orden de voltaje de eje q Vq según la siguiente ecuación (2). En el caso en el que el motor sin escobillas 3 tiene un sensor de posición, su señal de posición se usa como una fase de rotación θ para este cálculo. En el caso en el que el motor sin escobillas 3 no tiene sensor de posición, se usa una fase estimada obtenida como resultado de la estimación de la posición de rotor como la fase de rotación θ.

$$\begin{pmatrix} V_u \\ V_v \\ V_w \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) \\ \cos(\theta - \frac{2}{3}\pi) & \sin(\theta - \frac{2}{3}\pi) \\ \cos(\theta + \frac{2}{3}\pi) & \sin(\theta + \frac{2}{3}\pi) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_d \\ V_q \end{pmatrix} \qquad (2)$$

La sección de modulación línea a línea 11 detecta el valor mínimo de los valores de orden de voltaje trifásico sinusoidal introducidos Vu, Vv y Vw y envía los resultados obtenidos restando el valor detectado mínimo de los valores de orden de voltaje trifásico sinusoidal como Vu', Vv' y Vw'. Por lo tanto, al menos el valor de orden sinusoidal monofásico es cero, y los valores de orden sinusoidales bifásicos restantes son valores positivos.

La sección de corrección Vpn 12 recibe las salidas Vu', Vv' y Vw' de la sección de modulación línea a línea 11 y también recibe el valor de detección de voltaje de entrada Vpn, y genera valores de trabajo de salida PWM Du, Dv y Dw. Los valores de trabajo de salida PWM Du, Dv y Dw se obtienen según la ecuación (3) o (4) descrita a continuación.

La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra un método de cálculo realizado por la sección de corrección Vpn 12.

Se detecta el valor máximo de los valores de salida trifásicos Vu', Vv' y Vw' suministrados desde la sección de modulación línea a línea 11, y el valor se ajusta como el valor máximo de voltaje de aplicación Vmax (en la etapa 31). A continuación, el valor máximo de voltaje de aplicación Vmax se compara con el valor de detección de voltaje de entrada Vpn en magnitud (en la etapa 32). En el caso en el que el valor de detección de voltaje de entrada Vpn sea mayor que el valor máximo de voltaje de aplicación Vmax en la etapa 32, se lleva a cabo un cálculo ordinario y se aplican valores de orden de voltaje de aplicación deseados al motor sin escobillas 3. Por lo tanto, los valores de trabajo de salida PWM de las fases U, V y W se determinan según la siguiente ecuación (3) (en la etapa 33).

$$Du = \frac{Vu'}{Vpn} \quad , \quad Dv = \frac{Vv'}{Vpn} \quad , \quad Dw = \frac{Vw'}{Vpn} \qquad (3)$$

Por otro lado, en el caso en el que el valor de detección de voltaje de entrada Vpn sea menor que el valor máximo de voltaje de aplicación Vmax, los valores de orden de voltaje de aplicación deseados no pueden ser aplicados al motor sin escobillas 3. Se aplica el voltaje máximo que se puede generar en el momento, mientras que las fases de los voltajes aplicados no se cambian. Para este fin, los valores de trabajo de salida PWM de las fases U, V y W se determinan según la siguiente ecuación (4) (en la etapa 34).

$$Du = \frac{Vu'}{V\max} \quad , \quad Dv = \frac{Vv'}{V\max} \quad , \quad Dw = \frac{Vw'}{V\max} \qquad (4)$$

Por el cálculo según la ecuación (4) mencionada anteriormente, las relaciones de las fases U, V y W se vuelven las mismas que las relaciones obtenidas antes del cálculo según la ecuación (4), con lo que se aplican voltajes al motor sin escobillas 3 mientras se mantienen las fases de los voltajes aplicados.

La figura 4A es un gráfico que muestra un resultado de un experimento con respecto a la corriente del motor bajo el control de un aparato de control de motor convencional. La figura 4B es un gráfico que muestra un resultado de un experimento con respecto a la corriente del motor según la realización 1 en el caso en el que se usa la ecuación (4) para la sección de corrección Vpn 12. En las figuras 4A y 4B, el valor de detección de voltaje de entrada Vpn, la corriente del motor, el valor de orden de corriente del motor y la fase de voltaje de aplicación al motor se muestran en esta secuencia desde arriba. En el experimento del que se obtiene el resultado mostrado en la figura 4A, se usó un aparato de control de motor que tenía la configuración de la primera tecnología convencional mencionada anteriormente, como aparato de control de motor convencional.

En el aparato de control de motor convencional, cuando el valor de detección de voltaje de entrada Vpn que sirve como el voltaje de entrada al circuito inversor es pequeño, fluye una corriente significativamente desviada de una corriente deseada en el motor sin escobillas. Este tipo de corriente reduce la eficiencia del motor y aumenta el ruido. Además, si fluye una corriente grande, los imanes del motor se desimantan, con lo que pueden surgir problemas. Además, el valor máximo de la corriente se vuelve mayor cuando la carga aplicada al motor sin escobillas es mayor. Por lo tanto, hay que aumentar la corriente nominal del circuito inversor cuando el motor sin escobillas es accionado a una carga predeterminada. Por lo tanto, era necesario usar un circuito inversor incluyendo componentes caros. Además, en el aparato de control de motor convencional, cuando el valor de detección de voltaje de entrada Vpn obtenido detectando el voltaje introducido en el circuito inversor 2 es pequeño, se perturba la fase del voltaje aplicado al motor, y la corriente del motor fluctúa de forma significativa tal como se muestra en la figura 4A.

Por otro lado, en el caso de que se use el aparato de control de motor según la realización 1 de la presente invención, la fase del voltaje aplicado al motor se mantiene. Por lo tanto, se aplica la fase apropiada al motor sin escobillas 3 incluso cuando el valor de detección de voltaje de entrada Vpn es pequeño. Además, dado que la perturbación de la corriente del motor en el tiempo es pequeña, se eleva la eficiencia del motor y se reduce el ruido.

Según los resultados de los experimentos mencionados anteriormente, dado que la corriente del motor aumenta más de lo necesario en el aparato de control de motor convencional, esto da como resultado que el circuito inversor se haga de mayor tamaño y de coste más alto. En el caso del aparato de control de motor según la realización 1 de la presente invención, la perturbación de la corriente del motor es menor, con lo que el aparato de control de motor se puede configurar usando un circuito inversor que tiene una pequeño capacidad de corriente y similares.

Con el aparato de control de motor según la realización 1 de la presente invención, el circuito rectificador se puede hacer más pequeño, y el aparato puede estar configurado con y sin un sensor de posición. Además, aunque el voltaje de entrada del circuito inversor pulse de forma significativa, el aparato de control de motor según la realización 1 puede llevar a cabo el accionamiento sin sensores sin detener la aplicación de voltaje al motor sin escobillas.

<<Realización 2>>

A continuación, se describirá un aparato de control de motor según la realización 2 de la presente invención. La figura 5 es un diagrama de bloques que muestra el funcionamiento de la sección de generación PWM 90 del aparato de control de motor según la realización 2. La configuración del aparato de control de motor según la realización 2 es sustancialmente idéntica a la configuración según la realización 1, a excepción de la sección de generación PWM 9 del aparato de control de motor según la realización 1. Por lo tanto, la sección de generación PWM 90 se describirá a continuación.

Tal como se muestra en la figura 5, la sección de generación PWM 90 según la realización 2 tiene una sección de corrección de relación 13, una sección de conversión dq inversa 10, una sección de modulación línea a línea 11 y una sección de generación de relación 14. En la figura 5, los funcionamientos de la sección de conversión dq inversa 10 y la sección de modulación línea a línea 11 son similares a los de la realización 1 mencionada anteriormente.

Un método de cálculo llevado a cabo por la sección de corrección de relación 13 se muestra en el diagrama de flujo de la figura 6. V1 se calcula a partir del valor de orden de voltaje de eje d Vd y el valor de orden de voltaje de eje q Vq según la siguiente ecuación de cálculo (5) (en la etapa 35). V1 se compara en magnitud con el valor de detección de voltaje de entrada Vpn (en la etapa 36).

$$V1 = \sqrt{2(Vd^2 + Vq^2)} \qquad (5)$$

En el caso en el que el valor de detección de voltaje de entrada Vpn es menor en la etapa 36, el valor de orden de voltaje de eje d Vd y el valor de orden de voltaje de eje q Vq se cambian a Vd' y Vq', respectivamente, según la siguiente ecuación (6) y que comprende se envían (en la etapa 37). En el caso en el que el valor de detección de voltaje de entrada Vpn es mayor, el valor de orden de voltaje de eje d Vd y el valor de orden de voltaje de eje q Vq son enviados directamente.

La sección de generación de relación 14 lleva a cabo el cálculo según la ecuación (3) mencionada anteriormente y genera valores de trabajo de salida PWM Du, Dv y Dw.

$$Vd' = \frac{Vpn}{V1} Vd \quad , \quad Vq' = \frac{Vpn}{V1} Vq \qquad (6)$$

Cuando el valor de orden de voltaje de eje d Vd y el valor de orden de voltaje de eje q Vq son cambiados a Vd' y Vq', respectivamente, por la sección de corrección de relación 13 según la ecuación (6) tal como se ha descrito anteriormente, la fase del voltaje de aplicación se mantiene, aunque no se aplique un voltaje de aplicación deseado al motor sin escobillas 3.

La sección de generación PWM 9 del aparato de control de motor según la realización 1 mencionada anteriormente y la sección de generación PWM 90 del aparato de control de motor según la realización 2 son diferentes entre sí solamente en el método de cálculo llevado a cabo en el medio. Por lo tanto, los valores de trabajo de salida PWM Du, Dv y Dw calculados por la sección de generación PWM 9 son los mismos que los calculados por la sección de generación PWM 90, siempre de que las condiciones sean las mismas.

El aparato de control de motor según la realización 2 de la presente invención puede llevar a cabo de forma continua la aplicación de voltaje al motor sin escobillas 3 sin detener la aplicación de voltaje, incluso cuando el voltaje de lado CC del circuito inversor es bajo. Además, en la realización 2, incluso en el caso en el que el accionamiento sin sensores se lleva a cabo bajo una circunstancia en la que la información de fase del motor del motor sin escobillas 3 no se obtiene de un sensor de posición, la aplicación continua de voltaje se puede llevar a cabo sin detener la aplicación de voltaje al motor sin escobillas 3. Por lo tanto, con la configuración del aparato de control de motor según la realización 2, la fase del motor sin escobillas 3 puede ser estimada en todo momento, con lo que la presente invención puede proporcionar un aparato de control de motor capaz de accionar un motor sin usar un sensor de posición.

<<Realización 3>>

A continuación, se describirá un aparato de control de motor según la realización 3 de la presente invención. La figura 7 es un diagrama de bloques que muestra la configuración del aparato de control de motor según la realización 3. Las funciones y configuraciones del circuito rectificador 1, el circuito inversor 2, el motor sin escobillas 3 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 mostrados en la figura 7 son similares a aquellas según la realización 1 mencionada anteriormente. La sección de control 4a del aparato de control de motor según la realización 3 tiene una sección de estimación de fase 15. La sección de estimación de fase 15 envía una fase estimada θ en base al valor de detección de corriente de eje d Id y el valor de detección de corriente de eje q Iq calculados por la sección de conversión dq 6 y el valor de orden de voltaje de eje d Vd' y el valor de orden de voltaje de eje q Vq' enviados desde una sección de generación PWM 9a. El método de calcular la fase estimada θ se detalla en tesis mencionada anteriormente “Control of a sensorless salient-pole brushless DC motor on the basis of estimation of speed electromotive force” de Takeshita, Ichikawa, Lee y Matsui, Thesis Journal, Vol. 117-D, no 1, páginas 98 a 104, publicada por el Instituto de Ingenieros Eléctricos de Japón en 1997 (T.IEE Japón, Vol.117- D, no 1, '97). Por lo tanto, la explicación del método se omite en el presente documento. La fase estimada θ obtenida mediante el cálculo es enviada a la sección de conversión dq 6 y la sección de generación PWM 9a y usada a continuación.

El método de calcular la fase estimada θ descrito en el documento mencionado anteriormente “Control of a sensorless salient-pole brushless DC motor on the basis of estimation of speed electromotive force” se explicará brevemente en el presente documento en referencia a la figura 7. La sección de estimación de fase 15 establece un valor estimado de la fase de rotor del motor sin escobillas 3 y establece el error entre el valor estimado y la fase de rotor real del motor sin escobillas 3. A partir de una ecuación de voltaje general de un motor sin escobillas, se establece una ecuación de voltaje en base al valor estimado de la fase de rotor usando el error establecido, tal como se ha descrito anteriormente. La velocidad estimada de rotación del motor sin escobillas se calcula según la ecuación. El control de retroalimentación se lleva a cabo de modo que el resultado del cálculo sea igual a la velocidad de rotación real del motor sin escobillas. Llevando a cabo el control de retroalimentación de forma continua, dicho error puede converger a cero, por lo que la fase estimada θ se hace coincidente con la fase de rotor real. Se usan constantes del motor, como los valores de resistencia e inductancia de los devanados del motor sin escobillas 3, cuando se establece dicha ecuación de voltaje. Además, el voltaje aplicado al motor sin escobillas 3 y la corriente que fluye en el momento también se usan para la ecuación de voltaje mencionada anteriormente. La fase del motor sin escobillas 3 puede ser estimada usando el voltaje aplicado, la corriente y las constantes del motor sin escobillas 3 tal como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, es posible el accionamiento sin sensores. Una velocidad estimada de rotación ω del motor sin escobillas 3 también se puede calcular diferenciando la fase estimada θ.

En el aparato de control de motor según la realización 3, el valor de orden de voltaje de eje d Vd' y el valor de orden de voltaje de eje q Vq' a introducir en la sección de estimación de fase 15 se hacen iguales al valor de orden de voltaje de eje d Vd y el valor de orden de voltaje de eje q Vq a aplicar realmente al motor sin escobillas 3 por la sección de generación PWM 9a, respectivamente. Por lo tanto, incluso en el caso en el que el voltaje de lado CC del circuito inversor 2 pulsa, la estimación de fase se puede llevar a cabo apropiadamente, con lo que es posible el accionamiento sin sensores. Por ejemplo, en el caso de que la sección de generación PWM 9a según la realización 3 esté configurada en base a la realización 2 mencionada anteriormente, el valor de orden de voltaje de eje d Vd' y el valor de orden de voltaje de eje q Vq' salidos de la sección de corrección de relación 13 mostrada en la figura 5 deberán ser enviados solamente a la sección de estimación de fase 15. Por otro lado, en el caso en el que la sección de generación PWM 9a esté configurada en base a la realización 1 mencionada anteriormente, los voltajes trifásicos sinusoidales Vu, Vv y Vw solamente deberán ser calculados de nuevo a partir de los valores de trabajo de salida PWM Du, Dv y Dw y el valor de detección de voltaje de entrada Vpn suministrado desde la sección de corrección Vpn 12 mostrada en la figura 2. A continuación, el valor de orden de voltaje de eje d y el valor de orden de voltaje de eje q obtenidos como resultado de conversión dq solamente deberán ser enviados a la sección de estimación de fase 15.

Dado que el voltaje de entrada pulsa, el valor de detección de voltaje de entrada Vpn aplicado cuando se determinan los valores de trabajo, es diferente del voltaje de entrada aplicado cuando el circuito inversor 2 lleva a cabo realmente una operación de PWM. Por lo tanto, sin enviar los valores de orden de voltaje Vd' y Vq' a la sección de estimación de fase 15 en el momento de ordenar, los valores de orden de voltaje de eje d y de eje q pueden ser calculados de nuevo usando el valor de detección de voltaje de entrada Vpn obtenido cuando el circuito inversor 2 lleva a cabo realmente la operación de PWM y posteriormente enviados a la sección de estimación de fase 15. No es necesario afirmar que la precisión de estimación de fase se mejora mediante este nuevo cálculo.

La figura 8A es un gráfico que muestra el resultado de un experimento con respecto a la estimación de fase mediante el aparato de control de motor convencional. La figura 8B es un gráfico que muestra el resultado de un experimento con respecto a la estimación de fase mediante el aparato de control de motor según la realización 3 de la presente invención. En las figuras 8A y 8B, la forma de onda superior muestra el valor de detección de voltaje de entrada Vpn, y la forma de onda inferior muestra la forma de onda de la fase estimada. En el experimento mostrado en la figura 8A, un aparato de control de motor configurado mediante la simple combinación de dichas segunda y tercera tecnologías convencionales se usa como el aparato de control de motor convencional.

Tal como se muestra en la figura 8A, en el aparato de control de motor convencional, la fase estimada se distorsiona cuando el valor de detección de voltaje de entrada Vpn del circuito inversor 2 es pequeño, con lo que el resultado de la estimación se desvía de la fase real. Esto da como resultado una reducción de la eficiencia del motor y un aumento del ruido. Además, cuando la carga del motor es grande, la desviación de la fase se vuelve mayor. Esto causa un grave problema de pérdida de sincronización y detención del motor. Como aparato para resolver este tipo de problema, la presente invención puede proporcionar el aparato de control de motor según la realización 3. Tal como se muestra en la figura 8B, la fase estimada en el aparato de control de motor según la realización 3 se vuelve lineal e idéntica a la fase real. Por lo tanto, el aparato de control de motor según la realización 3 puede llevar a cabo un excelente control del motor sin reducir la eficiencia del motor ni aumentar el ruido, aunque el aparato tenga una

configuración sin sensores.

<<Realización 4>>

A continuación, se describirá un aparato de control de motor según la realización 4 de la presente invención. La figura 9 es un diagrama de bloques que muestra la configuración del aparato de control de motor según la realización 4. Las funciones y configuraciones del circuito rectificador 1, el circuito inversor 2, el motor sin escobillas 3 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 mostrados en la figura 9, son similares a las de la realización 1 mencionada anteriormente. La sección de control 4b según la realización 4 tiene un controlador PI de eje d 7a y un controlador PI de eje q 8a, una sección de generación PWM 9b, una sección de conversión dq 6, medios de sustracción, etc.

La sección de generación PWM 9b según la realización 4 está configurada para enviar una señal S al controlador PI de eje d 7a y el controlador PI de eje q 8a cuando la etapa 34 (el cálculo de la ecuación (4)) se lleva a cabo dependiendo del resultado del juicio en la etapa 32 (figura 3) en el proceso de cálculo de la sección de corrección Vpn (figura 2) según la realización 1.

Cuando la sección de generación PWM 9b lleva a cabo la etapa 34, es decir, cuando el valor de orden de voltaje de eje d Vd es generado a partir del error entre el valor de orden de corriente de eje d Id* y el valor de detección de corriente de eje d Id en la etapa 34, el controlador PI de eje d 7a, que ha recibido la señal S procedente de la sección de generación PWM 9b, lleva a cabo control P (proporcional), pero no lleva a cabo el control I (integral). El controlador PI de eje q 8a también lleva a cabo una operación similar a la del controlador PI de eje d 7a mencionado anteriormente.

La figura 10 es un gráfico que muestra un resultado de un experimento con respecto a la corriente del motor según la realización 4. En la figura 10, el valor de detección de voltaje de entrada Vpn, la corriente del motor, el valor de orden de corriente del motor y la fase de voltaje de aplicación al motor se muestran en esta secuencia desde arriba.

Cuando se compara el resultado del experimento mostrado en la figura 10 con el resultado del experimento mostrado en la figura 4B según la realización 1 mencionada anteriormente, se descubre que la frecuencia de aparición en la que la corriente del motor en particular se vuelve mayor que el valor de orden de corriente del motor ha disminuido de forma significativa. Se observa de este modo que el error ha disminuido. Además, se ha descubierto que la parte rodeada con un círculo de la forma de onda de la corriente del motor mostrada en la figura 10 está más próxima al valor de orden de corriente del motor que la parte rodeada con un círculo de la forma de onda de la corriente del motor mostrada en la figura 4B. Tal como se ha descrito anteriormente, los experimentos han confirmado que el aparato de control de motor según la realización 4 puede mejorar la controlabilidad de la corriente del motor, reducir la aparición de corrientes parásitas y elevar el valor máximo del par de salida del motor.

<<Realización 5>>

A continuación, se describirá un aparato de control de motor según la realización 5 de la presente invención. La figura 11 es un diagrama de bloques que muestra la configuración del aparato de control de motor según la realización 5. Las funciones y configuraciones del circuito rectificador 1, el circuito inversor 2, el motor sin escobillas 3 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 mostrados en la figura 11 son similares a aquellas según la realización 1 mencionada anteriormente. La sección de control 4c según la realización 5 tiene una sección de conversión dq 6, un controlador PI de eje d 7, un controlador PI de eje q 8, una sección de generación PWM 9, un multiplicador de eje d 18, un multiplicador de eje q 19 y un sumador de eje q 20. Las funciones de la sección de conversión dq 6, el controlador PI de eje d 7, el controlador PI de eje q 8 y la sección de generación PWM 9 son similares a aquellas según la realización 1. El multiplicador de eje d 18 envía el resultado de la multiplicación del valor de detección de corriente de eje q Iq, la velocidad de rotación ω del motor sin escobillas 3 y la inductancia de eje q Iq del motor sin escobillas 3. El resultado es enviado y añadido a continuación a la salida del controlador PI de eje d 7, y el resultado de la adición se establece como el valor de orden de voltaje de eje d Vd. El multiplicador de eje q 19 envía el resultado de la multiplicación del valor de detección de corriente de eje d Id, la velocidad de rotación ω y la inductancia de eje d Ld del motor sin escobillas 3. El sumador de eje q 20 envía el resultado de la multiplicación de la velocidad de rotación ω y el voltaje inducido Ke del motor sin escobillas de eje q 3. El resultado de la adición de las respectivas salidas del multiplicador de eje q 19, el sumador de eje q 20 y el controlador PI de eje q 8 se establecen como el valor de orden de voltaje de eje q Vq. Estas operaciones se representan mediante la siguiente ecuación de cálculo (7).

$$\begin{pmatrix} Vd \\ Vq \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} -\omega LqIq \\ \omega LdId + \omega Ke \end{pmatrix}}_{\text{Término sin interacción}} + PI\begin{pmatrix} Id^{*} - Id \\ Iq^{*} - Iq \end{pmatrix} \qquad (7)$$

En la realización 5, añadiendo un término sin interacción, es decir, el primer término en el lado derecho de la ecuación (7), se puede mejorar la independencia del eje d y el eje q. La figura 12 es un gráfico que muestra un resultado de un experimento con respecto a la corriente del motor según la realización 5.

Tal como se muestra en la figura 12, el rendimiento del seguimiento de la corriente del motor del aparato de control de motor según la realización 5 es más alto que el del aparato de control de motor según la realización 4 mostrado en la figura 10. Se ha descubierto que la parte rodeada con un círculo de la forma de onda de la corriente del motor mostrada en la figura 12 está más próxima al valor de orden de corriente del motor que la parte rodeada con un círculo mostrada en la figura 10. Los experimentos han confirmado que el aparato de control de motor según la realización 5 puede reducir más la aparición de corrientes parásitas y elevar el valor máximo del par de salida del motor en comparación con el aparato de control de motor según la realización 4.

La figura 13 es un gráfico que muestra los resultados de un experimento con respecto a la relación entre la velocidad de rotación y el par límite de un motor sin escobillas en el caso en el que el aparato de control de motor según la presente invención se compara con el aparato de control de motor convencional. El aparato de control de motor según la presente invención usado para el experimento mostrado en la figura 13 es un aparato configurado mediante la combinación de las configuraciones de las realizaciones 1, 3, 4 y 5 mencionadas anteriormente. Además, el aparato de control de motor convencional usado como ejemplo de comparación es un aparato de control de motor configurado mediante la simple combinación de las tecnologías convencionales segunda y tercera mencionadas anteriormente. En este experimento, incluso cuando se usó la configuración del aparato de control de motor según la realización 2 en lugar de la configuración del aparato de control de motor según la realización 1, se obtuvo un resultado similar del experimento.

Tal como se muestra claramente en la figura 13, el par límite en el caso del aparato de control de motor según la presente invención es significativamente mayor que en el caso del aparato de control de motor convencional. Por lo tanto, los requisitos de par para los compresores de climatizadores, frigoríficos, etc., se pueden cumplir suficientemente usando el aparato de control de motor según la presente invención. Además, las especificaciones del aparato de control de motor para accionar motores de lavadoras eléctricas, secadoras eléctricas, aspiradoras eléctricas, sopladores, etc., se pueden cumplir usando el aparato de control de motor según la presente invención.

<<Realización 6>>

A continuación, se describirá un aparato de control de motor según la realización 6 de la presente invención. El aparato de control de motor según la realización 6 está configurado de modo que el valor de detección de voltaje de entrada Vpn introducido en el circuito inversor se estima a partir de datos pasados.

Dado que el valor de detección de voltaje de entrada Vpn fluctúa de forma significativa, el valor es detectado cada ciclo de control en el aparato de control de motor según la realización 6. Se supuso en el presente documento que el valor de detección de voltaje de entrada detectado en el último ciclo de control es Vpn[n-1] y que el valor de detección de voltaje de entrada detectado en el penúltimo ciclo de control es Vpn[n-2]. Vpn[n-1] no se usa como el valor de detección de voltaje de entrada en el presente ciclo de control. En su lugar, se calcula la variación entre Vpn[n-1] y Vpn[n-2], y se estima el valor de detección de voltaje de entrada Vpn[n] en el presente ciclo de control. La ecuación para el cálculo se representa mediante la siguiente ecuación (8).

$$Vpn[n] = Vpn[n-1] + (Vpn[n-1] - Vpn[n-2]) \quad (8)$$

La ecuación (8) se establece cuando se supone que la variación entre el valor de detección de voltaje de entrada Vpn[n-1] en el último ciclo de control y el valor de detección de voltaje de entrada Vpn[n-2] en el penúltimo ciclo de control es igual a la variación entre el valor en el ciclo de control presente y el valor en el último ciclo de control. Usando el valor de detección de voltaje de entrada Vpn[n] estimado usando la ecuación (8), el aparato de control de motor según la presente invención puede enviar valores de trabajo precisos.

La configuración según la realización 6 para estimar el valor de detección de voltaje de entrada Vpn[n] puede estar incorporada en las configuraciones según las realizaciones 1 a 5 mencionadas anteriormente. Por lo tanto, se puede enviar valores de trabajo más precisos, y se puede llevar a cabo un control altamente eficiente del motor.

<<Realización 7>>

A continuación, se describirá un aparato de control de motor según la realización 7 de la presente invención. Cuando se detiene un motor o se detienen el funcionamiento de conmutación de un circuito inversor, la corriente que fluye en el motor se regenera al lado de entrada del circuito inversor. En el caso en el que la corriente regenerativa es grande, el voltaje del lado de entrada del circuito inversor aumenta y es un sobrevoltaje. Esto puede dañar el aparato de control de motor que incorpora el circuito inversor. El aparato de control de motor según la realización 7 tiene un mecanismo para evitar el daño debido a la corriente regenerativa.

La figura 14 es un diagrama de circuito que muestra un circuito rectificador 1, un circuito inversor 2, un motor sin escobillas 3, una fuente de alimentación CA monofásica 5, etc., distintos de una sección de control, en el aparato de control de motor según la realización 7 de la presente invención. La sección de control no se muestra. Tal como se muestra en la figura 14, un condensador 16 que tiene una capacitancia pequeña está dispuesto entre el circuito rectificador 1 y el circuito inversor 2. El daño del aparato de control de motor debido a una corriente regenerativa se puede evitar disponiendo el condensador 16 entre el circuito rectificador 1 y el circuito inversor 2 tal como se ha descrito anteriormente. Como resultado, es posible conseguir un aparato de control de motor que tiene mayor seguridad.

La capacitancia del condensador 16 se pone a un valor en el que el aparato de control de motor no resulta dañado por la corriente regenerativa. Por ejemplo, en el caso en el que el aparato de control de motor se usa para el compresor de un climatizador o un calentador de agua de bomba de calor para uso doméstico, la capacitancia deberá ser aproximadamente de 0,1 a 50 μF. En el caso de un frigorífico, una lavadora eléctrica, una secadora eléctrica y un aspiradora eléctrica, la capacitancia deberá ser aproximadamente de 0,1 a 20 μF dado que la corriente regenerativa es menor que la del climatizador.

Aunque la configuración en la que el condensador 16 está dispuesto entre el circuito rectificador 1 y el circuito inversor 2 se ha explicado en las descripciones de la realización 7, el condensador 16 solamente debe estar conectado al lado de entrada del circuito inversor 2.

La corriente regenerativa es una corriente que fluye desde el motor sin escobillas 3 al condensador 16 cuando la energía almacenada determinada por la inductancia L[H] de los devanados del motor sin escobillas y las corrientes que fluyen a través de los devanados es regenerada como un voltaje al condensador 16 inmediatamente antes de la parada del motor sin escobillas 3. La salida máxima P[W] del motor sin escobillas 3 depende del valor de corriente permisible y la inductancia L del motor sin escobillas 3. En la realización 7, la salida máxima P[W] del motor sin escobillas 3 tiene una relación representada mediante la siguiente ecuación (9). Esta relación se basa en la consideración exhaustiva de la relación entre dicha capacitancia C[F] y la salida del motor sin escobillas 3, un valor en el que el aparato de control de motor no resulta dañado, y otros factores.

$$C \leqq 2 \times 10^{-7} \times P \quad (9)$$

La configuración según la realización 7 en la que se evita el daño del aparato de control de motor debido a la

corriente regenerativa, se puede incorporar en las configuraciones según las realizaciones 1 a 6 mencionadas anteriormente. Por lo tanto, es posible proporcionar un aparato de control de motor que tenga mayor fiabilidad.

<<Realización 8>>

A continuación, se describirá un aparato de control de motor según la realización 8 de la presente invención. La figura 15 es un diagrama de circuito que muestra un circuito rectificador 1, un circuito inversor 2, un motor sin escobillas 3, una fuente de alimentación CA monofásica 5, etc., distintos de una sección de control, en el aparato de control de motor según la realización 8 de la presente invención. La sección de control no se muestra en la figura 15.

La corriente de entrada del circuito rectificador 1 está afectada por el funcionamiento de conmutación del circuito inversor 2. En particular, en el caso de que la frecuencia portadora del funcionamiento de conmutación sea baja, existe el problema de distorsionar la forma de onda de la corriente de entrada. En el aparato de control de motor según la realización 8, un inductor 17 que tiene una inductancia L, está dispuesto entre la fuente de alimentación CA monofásica 5 y el circuito rectificador 1 tal como se muestra en la figura 15. Proporcionando el inductor 17 entre la fuente de alimentación CA monofásica 5 y el circuito rectificador 1 del aparato de control de motor según la realización 8, se puede elevar el factor de potencia de la corriente de entrada y se puede mejorar la forma de onda de la corriente. La inductancia L del inductor 17 se pone a un valor en el que la distorsión de la corriente disminuye. Por ejemplo, en el caso en el que el aparato de control de motor se usa para el compresor de un climatizador o un calentador de agua de bomba de calor para uso doméstico, la inductancia L deberá ser aproximadamente de 0,1 a 2,0 mH. En el caso de un frigorífico, una lavadora eléctrica, una secadora eléctrica y un aspiradora eléctrica, la inductancia L deberá ser aproximadamente de 0,1 a 1,0 mH, dado que la corriente es menor que la del climatizador.

Aunque la configuración en la que el inductor 17 está provisto entre la fuente de alimentación CA monofásica 5 y el circuito rectificador 1 se ha explicado en las descripciones de la realización 8, el inductor 17 solamente debe estar conectado al lado de entrada del circuito inversor 2.

La inductancia L del inductor 17 se refiere a la magnitud de la corriente de entrada y la frecuencia de conmutación del circuito inversor 2. En el caso del climatizador, frigorífico, lavadora eléctrica, etc., mencionados anteriormente, no hay gran diferencia en la frecuencia de conmutación. La frecuencia de conmutación es sustancialmente de varios kHz a varias decenas de kHz. Por lo tanto, se considera que la inductancia apropiada L en la realización 8 casi viene determinada por la magnitud de la corriente de entrada. Dado que el voltaje de la fuente de alimentación CA monofásica 5 es de 200 a 230 V según la norma mundial universal, hay una correlación entre la salida máxima P[W] del motor sin escobillas 3 y la inductancia apropiada L. Esta correlación se representa sustancialmente mediante la siguiente ecuación (10).

$$L \leqq P \times 10^{-6} \qquad (10)$$

Además, en el caso de un aparato de control de motor provisto tanto del inductor 17 como del condensador 16, tiene lugar un fenómeno de resonancia. Para evitar que el fenómeno de resonancia afecte de forma adversa al sistema de la fuente de alimentación CA, se establece la relación representada mediante la siguiente ecuación (11) entre la inductancia L del inductor 17 y la capacitancia C del condensador 16.

$$L \leqq 9 \times 10^{-9} / C \qquad (11)$$

También se puede prever un condensador que tiene una capacitancia C para un aparato de control de motor provisto de un inductor con el fin de evitar el daño del aparato de control de motor debido a una corriente regenerativa tal como se ha explicado en las descripciones de la realización 7 mencionada anteriormente. En este caso, sin embargo, el inductor está conectado en serie con el condensador, con lo que se puede producir un fenómeno de resonancia. Tal como es conocido en general, la frecuencia de la resonancia es 1/2pv(LC), un valor determinado por los valores del inductor y condensador. Por lo tanto, estableciendo los valores del inductor y condensador de modo que la frecuencia de resonancia sea más alta que las frecuencias especuladas en las normas de armónicos de la fuente de alimentación, por ejemplo, es posible proporcionar un aparato de control de motor que

genere menos ruido.

<<Realización 9>>

A continuación, se describirá un aparato de control de motor según la realización 9 de la presente invención. La figura 16A es un diagrama de bloques que muestra la configuración del aparato de control de motor según la realización 9 de la presente invención. Las funciones y configuraciones del circuito inversor 2, el motor sin escobillas 3, la sección de control 4 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 mostrados en la figura 16A son similares a las de la realización 1 mencionada anteriormente. En el aparato de control de motor según la realización 9, un circuito elevador 21 está provisto en el lado de entrada del circuito inversor 2. El voltaje CA (100 V CA, por ejemplo) suministrado desde la fuente de alimentación CA monofásica 5 es elevado (a 200 V AC, por ejemplo) por el circuito elevador 21 e introducido en el circuito inversor 2.

El circuito elevador 21 incluye un inductor 200 al que se aplica el voltaje de entrada V de la fuente de alimentación CA monofásica 5, dos dispositivos de conmutación 201 y 202 conectados en serie, dos diodos 203 y 204 conectados en serie y un condensador 205. Un terminal de la fuente de alimentación CA monofásica 5 está conectado al punto de conexión de los dos dispositivos de conmutación 201 y 202 mediante el inductor 200. El otro terminal de la fuente de alimentación CA monofásica 5 está conectado al punto de conexión de los dos diodos 203 y 204. Además, la conexión en serie de los dos dispositivos de conmutación 201 y 202, la conexión en serie de los dos diodos 203 y 204 y el condensador 205 están conectados en paralelo uno con otro. La salida a través del condensador 205 es introducida en el circuito inversor 2.

Además, el aparato de control de motor según la realización 9 está provisto de una sección de control del circuito elevador 22 para controlar la operación de encendido/apagado de los dispositivos de conmutación 201 y 202 del circuito elevador 21. En las siguientes descripciones, el dispositivo de conmutación 201 dispuesto en el lado superior del aparato de control de motor mostrado en la figura 16A se denomina un dispositivo de conmutación de brazo superior 201, y el dispositivo de conmutación 202 dispuesto en el lado inferior se denomina un dispositivo de conmutación de brazo inferior 202.

A continuación, se describirá un ejemplo del funcionamiento de la sección de control del circuito elevador 22 del aparato de control de motor según la realización 9.

La sección de control del circuito elevador 22 envía órdenes PWM para controlar el dispositivo de conmutación de brazo superior 201 y el dispositivo de conmutación de brazo inferior 202 provistos en el circuito elevador 21. En la orden PWM para uno de los dispositivos de conmutación, un período de encendido/apagado en el que el dispositivo de conmutación repite la operación de encendido/apagado a intervalos de un tiempo predeterminado y un período de apagado en el que el dispositivo de conmutación mantiene su estado apagado están presentes alternativamente. Además, en el período de encendido/apagado en el que uno de los dispositivos de conmutación repite la operación de encendido/apagado a intervalos del tiempo predeterminado, el otro dispositivo de conmutación está en el período de apagado en el que se mantiene el estado apagado del dispositivo de conmutación.

En la figura 17, la señal (a) es una señal de control V1 enviada desde la sección de control del circuito elevador 22 al dispositivo de conmutación de brazo superior 201. La señal (b) es una señal de control V2 enviada desde la sección de control del circuito elevador 22 al dispositivo de conmutación de brazo inferior 202. La señal (c) es el voltaje de salida V de la fuente de alimentación CA monofásica 5. Las señales mostradas en la figura 17 son ejemplos de estas señales. Tal como se muestra en la figura 17, por ejemplo, se supone que, en el período A, el dispositivo de conmutación de brazo superior 201 lleva a cabo la operación de encendido/apagado, y el dispositivo de conmutación de brazo inferior 202 mantiene el estado apagado. También se supone que, en el período B, el dispositivo de conmutación de brazo inferior 202 lleva a cabo la operación de encendido/apagado, y el dispositivo de conmutación de brazo superior 201 mantiene el estado apagado.

El estado en el período A es un estado en el que el voltaje de salida V en el terminal de la fuente de alimentación CA monofásica 5, no conectado al inductor 200, es más alto. Además, el estado en el período B es un estado en el que el voltaje de salida V en el terminal de la fuente de alimentación CA monofásica 5, conectado al inductor 200, es más alto. En otras palabras, el período A y el período B son generados en sincronización con la frecuencia de la fuente de alimentación CA monofásica 5. La sección de control del circuito elevador 22 envía las órdenes PWM al circuito elevador 21 de modo que el dispositivo de conmutación de brazo superior 201 y el dispositivo de conmutación de brazo inferior 202 provistos en el circuito elevador 21 lleven a cabo la operación de encendido/apagado tal como se ha descrito anteriormente.

A continuación, se describirá un método de determinación de los valores de trabajo de salida PWM de la orden PWM según la realización 9.

La sección de control 4 determina si la etapa 34 mostrada en la figura 3 y explicada en las descripciones de la realización 3 mencionada anteriormente se ha llevado a cabo o no en cada punto de temporización en el que el voltaje de entrada del circuito inversor 2 se vuelve máximo. En otras palabras, la sección de control 4 determina si los valores de trabajo de salida PWM de las fases U, V y W han sido determinados según la ecuación (4) o no en el caso en el que el valor de detección de voltaje de entrada Vpn es menor que el valor máximo de voltaje de aplicación Vmax.

En el caso en el que se determina que la etapa 34 se ha llevado a cabo, la sección de control 4 envía a la sección de control del circuito elevador 22 una señal de control indicando que la etapa 34 se ha llevado a cabo. Cuando la señal de control es introducida desde la sección de control 4, la sección de control del circuito elevador 22 incrementa los valores de trabajo de salida PWM de la orden PWM que es enviada al circuito elevador 21. Por otro lado, cuando no se introduce la señal de control, la sección de control del circuito elevador 22 disminuye los valores de trabajo de salida PWM de la orden PWM. Como resultado, los valores de trabajo de salida PWM de la orden PWM de la sección de control del circuito elevador 22 se cambian en cada punto de temporización en el que el voltaje de entrada del circuito inversor 2 se vuelve el valor máximo. Este punto de temporización es un punto de temporización en el que el voltaje de salida de la fuente de alimentación CA monofásica 5 se vuelve el valor máximo.

A continuación, se describirá un método de determinación de si el estado de funcionamiento es el estado en el período A o el estado en el período B.

Cuando se pone en marcha el motor sin escobillas 3, el voltaje de entrada del circuito inversor 2 es similar al obtenido cuando no se dispone el condensador 205 dado que la capacitancia del condensador 205 provisto en el circuito elevador 21 es pequeña (justo como la señal de detección de voltaje de entrada designada por Vpn en las figuras 4A y 4B, por ejemplo). En este momento, el dispositivo de conmutación de brazo inferior 202 se somete a la operación de encendido/apagado según el valor de trabajo de salida PWM de la orden PWM predeterminada, independientemente de la señal de control de la sección de control 4. En este caso, cuando el voltaje de salida en el terminal de la fuente de alimentación CA monofásica 5, conectado al inductor 200, es más alto, el voltaje del condensador 205 es más alto que el voltaje obtenido cuando no se lleva a cabo la operación de encendido/apagado. Por lo tanto, se puede considerar que el estado en este momento es un estado en el que la fase de voltaje de la fuente de alimentación CA monofásica 5 es la fase en el período B. Por otro lado, cuando el voltaje de salida en el terminal de la fuente de alimentación CA monofásica 5, no conectado al inductor 200, es más alto, el voltaje del condensador 205 no se eleva. Por lo tanto, se puede juzgar que el estado en este tiempo es un estado donde la fase de voltaje de la fuente de alimentación CA monofásica 5 es la fase en el período A.

La fase de voltaje de la fuente de alimentación CA monofásica 5 se puede detectar detectando si el voltaje del condensador 205 se eleva o no, tal como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, en el aparato de control de motor según la realización 9, se puede llevar a cabo un juicio sobre si la fase de voltaje es la fase en el período A o la fase en el período B sin usar un circuito de detección de fase de voltaje.

La figura 18 muestra la forma de onda del voltaje de salida V de la fuente de alimentación CA monofásica 5 y la forma de onda de una señal de pulso cambiada en base a un valor de trabajo de salida PWM calculado en el aparato de control de motor según la realización 9.

En la realización 9 mencionada anteriormente, el dispositivo de conmutación de brazo inferior 202 se somete a una operación de encendido/apagado según el valor de trabajo de salida PWM de la orden PWM predeterminada. Sin embargo, el dispositivo de conmutación de brazo superior 201 puede ser sometido a operación de encendido/apagado en este tiempo. En este caso, es innecesario afirmar que el voltaje del condensador 205 se eleva en el período A y que el voltaje no se eleva en el período B.

La figura 16B es un diagrama de circuito que muestra la configuración de otro circuito elevador 21a del aparato de control de motor según la realización 9. Tal como se muestra en la figura 16B, el circuito elevador 21a según la realización 9 puede comprender un dispositivo de conmutación, una pluralidad de diodos y un condensador. En el caso de esta configuración, no es necesario distinguir entre el dispositivo de conmutación de brazo superior y el dispositivo de conmutación de brazo inferior. Solamente un dispositivo de conmutación debe someterse a una operación de conmutación en base a una orden PWM.

En el aparato de control de motor explicado en las descripciones de la realización 9, en el caso en el que el voltaje de salida de la fuente de alimentación CA monofásica 5 sea tan bajo que el voltaje aplicado al motor sin escobillas 3 sea insuficiente, se puede elevar el voltaje de entrada del circuito inversor 2. Por lo tanto, el aparato de control de motor según la realización 9 puede elevar la velocidad máxima de rotación del motor sin escobillas 3, por lo que el intervalo de funcionamiento del motor se puede ampliar de forma significativa. En particular, en el caso de un climatizador, dado que se puede elevar la velocidad máxima de rotación de su motor, el intervalo de variación de rendimiento para enfriar y calentar se puede ampliar, con lo que la comodidad mejora aún más. Además, en un aparato que incorpora el aparato de control de motor según la realización 9, el rendimiento máximo durante la operación de calentamiento se mejora especialmente. Así, es posible proporcionar un climatizador que tiene el efecto de calentamiento más alto.

<<Realización 10>>

A continuación, se describirá un aparato de control de motor según la realización 10 de la presente invención. La figura 19 es un diagrama de bloques que muestra la configuración del aparato de control de motor según la realización 10 de la presente invención. Las funciones y configuraciones del circuito inversor 2, el motor sin escobillas 3, la sección de control 4 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 del aparato de control de motor según la realización 10 mostrados en la figura 19 son similares a aquellas según la realización 9 mencionada anteriormente.

En el aparato de control de motor según la realización 10, una sección de control del circuito elevador 22a comprende una sección de generación de orden de corriente CA 23 y una sección de generación de orden PWM 24.

La sección de generación de orden de corriente CA 23 de la sección de control del circuito elevador 22a detecta la fase de voltaje de la fuente de alimentación CA monofásica 5 y genera un valor de orden de corriente CA que tiene la misma fase que la fase de voltaje detectada. Entonces, la sección de generación 23 envía el valor de orden a la sección de generación de orden PWM 24. El valor de amplitud del valor de orden de corriente CA es generado en base a la señal de control de la sección procedente de control 4.

La señal de entrada de control desde la sección de control 4 a la sección de generación de orden de corriente CA 23 es la misma señal de control que la explicada en las descripciones de la realización 9 mencionada anteriormente. Cuando la señal de control es introducida desde la sección de control 4, la sección de generación de orden de corriente CA 23 incrementa el valor de amplitud del valor de orden de corriente CA. Por otro lado, en el caso en el que la señal de control no es introducida desde la sección de control 4, la sección de generación de orden de corriente CA 23 disminuye el valor de amplitud del valor de orden de corriente CA.

El valor de orden de corriente CA procedente de la sección de generación de orden de corriente CA 23 y el valor detectado de la corriente CA de la fuente de alimentación CA monofásica 5 son introducidos en la sección de generación de orden PWM 24. La sección de generación de orden PWM 24 lleva a cabo amplificación de error de manera que la corriente salida del circuito elevador 21 sea el valor de orden de corriente CA. La sección de generación de orden PWM 24 genera entonces señales PWM para accionar los dispositivos de conmutación del circuito elevador 21 y envía las señales PWM al circuito elevador 21. La sección de generación de orden PWM 24 según la realización 10 usa control PI como control de retroalimentación para amplificación de error. La figura 20 es un diagrama de circuito que muestra una configuración específica de la sección de control del circuito elevador 22a. Sin embargo, la presente invención no está limitada a este tipo de configuración para control PI. Es posible usar otro control de retroalimentación que ha sido usado generalmente.

La figura 21 muestra la forma de onda del voltaje de salida V de la fuente de alimentación CA monofásica 5, un valor de trabajo de salida PWM calculado y la forma de onda de una señal de pulso cambiada en base al valor de trabajo de salida PWM en el aparato de control de motor según la realización 10.

Un juicio sobre si el dispositivo de conmutación de brazo superior o el dispositivo de conmutación de brazo inferior del circuito elevador 21 es accionado y controlado se realiza dependiendo de si el valor de orden de corriente CA es positivo o negativo. Por ejemplo, cuando el valor de orden de corriente CA es positivo, se envían órdenes PWM de modo que el dispositivo de conmutación de brazo inferior se someta a una operación PWM y de modo que el dispositivo de conmutación de brazo superior se mantenga en el estado apagado. Además, cuando el valor de orden de corriente CA es negativo, se envían órdenes PWM de modo que el dispositivo de conmutación de brazo superior se someta a una operación PWM y de modo que el dispositivo de conmutación de brazo inferior se mantenga en el

estado apagado. O, dado que la fase de voltaje es detectada por la sección de control del circuito elevador 22a, la fase de voltaje detectada puede ser introducida en la sección de generación de orden PWM 24 y entonces se puede emitir un juicio sobre si el dispositivo de conmutación de brazo superior o el dispositivo de conmutación de brazo inferior se somete a una operación PWM, en base a la fase de voltaje detectada. La figura 22 es un diagrama de circuito que muestra una configuración específica de una sección de control del circuito elevador 22b configurada tal como se ha descrito anteriormente.

El circuito elevador 21a que comprende un dispositivo de conmutación y mostrado en la figura 16B según la realización 9 mencionada anteriormente puede ser usado como circuito elevador 21.

La forma de onda de la corriente que fluye a la fuente de alimentación CA monofásica 5 se vuelve casi sinusoidal en virtud de a las operaciones del circuito elevador 21 y las secciones de control de circuito elevador 22a y 22b mencionadas anteriormente. Por lo tanto, el factor de potencia de la fuente de alimentación es casi uno, con lo que es posible proporcionar un aparato de control de motor que no afecte de forma adversa al sistema de la fuente de alimentación.

<<Realización 11>>

A continuación, se describirá un aparato de control de motor según la realización 11 de la presente invención. La figura 23A es un diagrama de bloques que muestra la configuración del aparato de control de motor según la realización 11 de la presente invención. Las funciones y configuraciones del circuito inversor 2, el motor sin escobillas 3, la sección de control 4 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 del aparato de control de motor según la realización 11 mostrados en la figura 23A son similares a las de las realizaciones 9 y 10 mencionadas anteriormente.

El aparato de control de motor según la realización 11 difiere del aparato de control de motor según la realización 10 en que se un circuito elevador rectificador de voltaje doble 25 está provisto en lugar del circuito elevador 21. Este circuito elevador rectificador de voltaje doble 25 incluye un inductor 300, un dispositivo de conmutación 301, diodos 302, 303, 304 y 305, un condensador 306 que tiene una capacitancia grande y un condensador 307 que tiene una capacitancia pequeña. Una sección de control de circuito elevador 22c incluye una sección de generación de orden de corriente CA 23 y una sección de generación de orden PWM 24b. El funcionamiento de la sección de generación de orden de corriente CA 23 es sustancialmente el mismo que el explicado en las descripciones de las realizaciones 9 y 10 mencionadas anteriormente.

El funcionamiento de la sección de generación de orden PWM 24b y el funcionamiento del circuito elevador rectificador de voltaje doble 25 se describirán en referencia a la figura 24.

En un período (denominado en lo sucesivo en el presente documento período C) en el que el voltaje de salida en el terminal de la fuente de alimentación CA monofásica 5, conectado al inductor 300, es más alto que el voltaje de salida en su terminal no conectado al inductor 300, fluye una corriente al condensador 306. Por otro lado, en un período (denominado en lo sucesivo en el presente documento período D) en el que el voltaje de salida en el terminal de la fuente de alimentación CA monofásica 5, no conectado al inductor 300, es más alto, fluye una corriente al condensador 307.

Por lo tanto, en el período C, una corriente similar a la corriente introducida en un circuito rectificador de voltaje doble convencional fluye desde la fuente de alimentación CA monofásica 5. Si el inductor 300 se hace más pequeño en este estado, el factor de potencia disminuye. En la realización 11, la sección de generación de orden PWM 24b envía una señal PWM para accionar PWM el dispositivo de conmutación del circuito elevador rectificador de voltaje doble 25 en el período C, de modo que el factor de potencia no baje.

En el período D, la configuración según la realización 11 es similar a la configuración del circuito explicada en las descripciones de la realización 7 mencionada anteriormente, por lo que el factor de potencia no baja.

La sección de generación de orden PWM 24b según la realización 11 difiere de la sección de generación de orden PWM 24 según la realización 10 mencionada anteriormente en que la señal PWM no es enviada al circuito elevador rectificador de voltaje doble 25 en el período D.

Los dos condensadores del circuito rectificador de voltaje doble convencional tienen casi la misma capacitancia y son condensadores electrolíticos de aluminio de gran capacitancia. Sin embargo, la capacitancia de uno de los dos

condensadores según la realización 11 de la presente invención se ajusta a un valor pequeño. Dado que la capacitancia de uno de los condensadores se puede hacer pequeña, el circuito elevador rectificador de voltaje doble 25 del aparato de control de motor según la realización 11 se puede hacer más pequeño que el circuito rectificador de voltaje doble convencional.

La figura 23B es un diagrama de circuito que muestra la configuración de un circuito elevador rectificador de voltaje doble 25a mostrado como otra configuración del circuito elevador rectificador de voltaje doble del aparato de control de motor según la presente invención. También se obtiene un efecto similar al de la realización 11 mencionada anteriormente aunque se use el circuito elevador rectificador de voltaje doble 25a mostrado en la figura 23B en lugar del circuito elevador rectificador de voltaje doble 25 mostrado en la figura 23A.

<<Realización 12>>

A continuación, se describirá un compresor que incorpora uno de los aparatos de control de motor según las realizaciones 1 a 11 en referencia a la figura 25. La figura 25 es un diagrama de bloques que muestra la configuración del compresor según la realización 12 de la presente invención.

En la figura 25, un compresor 41 conectado a una fuente de alimentación CA monofásica 5 tiene un aparato de control de motor 40 y un mecanismo de compresión 42 accionado por un motor sin escobillas 3. Las funciones y configuraciones del motor sin escobillas 3 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 según la realización 12 son similares a aquellas según la realización 1 mencionada anteriormente. Además, uno de los aparatos de control de motor según las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente se aplica al aparato de control de motor 40. La salida del aparato de control de motor 40 está conectada al motor sin escobillas 3 dispuesto dentro del mecanismo de compresión 42, con lo que el motor sin escobillas 3 es girado y accionado por el aparato de control de motor 40. Mediante la rotación del motor sin escobillas 3, el mecanismo de compresión 42 aspira y comprime gas refrigerante y descarga gas a alta presión.

Tal como se ha descrito anteriormente, el aparato de control de motor 40, uno de los aparatos de control de motor según las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente de la presente invención, se hace más pequeño y más ligero que los aparatos de control de motor convencionales. Por lo tanto, la presente invención puede proporcionar el compresor 41 que se hace compacto por la integración del mecanismo de compresión 42 con el aparato de control de motor 40 como se ha explicado en las descripciones de la realización 12.

<<Realización 13>>

La figura 26 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un climatizador según la realización 13 de la presente invención.

El climatizador 43 según la realización 13 tiene una unidad interior 44 y una unidad exterior 45 y se usa para enfriar o calentar una habitación. El mecanismo de compresión 42 del climatizador 43 hace circular un refrigerante entre la unidad interior 44 y la unidad exterior 45. El aparato de control de motor 40 conectado a la fuente de alimentación CA monofásica 5 acciona y controla un motor sin escobillas dispuesto dentro del mecanismo de compresión 42. Las funciones y configuraciones del motor sin escobillas y la fuente de alimentación CA monofásica 5 según la realización 13 son similares a aquellas según la realización 1 mencionada anteriormente. Además, uno de los aparatos de control de motor según las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente se aplica al aparato de control de motor 40.

En el climatizador 43 según la realización 13, la unidad interior 44 tiene un intercambiador de calor del lado interior 48, y la unidad exterior 45 tiene una válvula de cuatro vías 46, un dispositivo estrangulador 47 y un intercambiador de calor del lado exterior 49, formando de este modo un pasaje de circulación de refrigerante.

El intercambiador de calor del lado interior 48 tiene un soplador 48a para elevar el rendimiento de intercambio térmico y un sensor de temperatura 48b para medir la temperatura del intercambiador de calor del lado interior 48 o la temperatura a su alrededor. El intercambiador de calor del lado exterior 49 tiene un soplador 49a para elevar el rendimiento de intercambio térmico y un sensor de temperatura 49b para medir la temperatura del intercambiador de calor del lado exterior 49 o la temperatura a su alrededor.

En el climatizador 43 según la realización 13, el mecanismo de compresión 42 y la válvula de cuatro vías 46 están dispuestos en el pasaje de circulación de refrigerante entre el intercambiador de calor del lado interior 48 y el

intercambiador de calor del lado exterior 49. En el climatizador 43 según la realización 13, la dirección del refrigerante que fluye a través del pasaje de circulación de refrigerante se cambia por la operación de selección de la válvula de cuatro vías 46. Por ejemplo, en el pasaje de circulación de refrigerante del climatizador 43, el refrigerante fluye en la dirección indicada por la flecha A. El refrigerante que ha pasado a través del intercambiador de calor del lado exterior 49 es aspirado al mecanismo de compresión 42 mediante la válvula de cuatro vías 46. El refrigerante descargado del mecanismo de compresión 42 es suministrado al intercambiador de calor del lado interior 48. Por otro lado, cuando se realiza la operación de selección de la válvula de cuatro vías 46, el refrigerante fluye en la dirección indicada por la flecha B. El refrigerante que ha pasado a través del intercambiador de calor del lado interior 48 es aspirado al mecanismo de compresión 42 mediante la válvula de cuatro vías 46. El refrigerante descargado del mecanismo de compresión 42 es suministrado al intercambiador de calor del lado exterior 49. Tal como se ha descrito anteriormente, la dirección de flujo del refrigerante se cambia mediante la operación de selección de la válvula de cuatro vías 46.

El dispositivo estrangulador 47 dispuesto en el pasaje de circulación de refrigerante entre el intercambiador de calor del lado interior 48 y el intercambiador de calor del lado exterior 49 tiene una función de estrangular el caudal del refrigerante circulante y también tiene una función de ajustar automáticamente el caudal del refrigerante. Mientras el refrigerante circula a través del pasaje de circulación de refrigerante, el dispositivo estrangulador 47 estrangula el caudal del líquido refrigerante enviado desde un condensador a un evaporador para que el líquido refrigerante se pueda expandir inmediatamente después del estrangulamiento y suministrar la cantidad exacta del refrigerante que requiere el evaporador.

En el climatizador 43, el intercambiador de calor del lado interior 48 funciona como un condensador durante el calentamiento y funciona como un evaporador durante el enfriamiento. Además, el intercambiador de calor del lado exterior 49 funciona como un evaporador durante el calentamiento y funciona como un condensador durante el enfriamiento. En el condensador, el calor del gas refrigerante que fluye a su través y que tiene temperatura y presión altas, es retirado por el aire suministrado, con lo que el gas refrigerante se licua gradualmente. Cerca de la salida del condensador, el refrigerante está en un estado líquido o un estado de mezcla de líquido y gas a alta presión. Esto es equivalente a un fenómeno donde el refrigerante irradia calor a la atmósfera y se licua. Además, el refrigerante convertido en un estado líquido o un estado de mezcla de líquido y gas a baja temperatura y presión por el dispositivo estrangulador 47 fluye al evaporador. Cuando se suministra aire de la habitación al evaporador en este estado, el refrigerante retira una gran cantidad de calor del aire y se evapora, siendo por ello un refrigerante que tiene una mayor cantidad de gas. El aire del que se ha retirado una gran cantidad de calor por el evaporador, es descargado como un chorro frío desde la salida de aire del climatizador 43.

En el climatizador 43, la velocidad de rotación ordenada del motor sin escobillas se ajusta en base al estado de funcionamiento, es decir, una temperatura diana establecida para el climatizador 43, la temperatura ambiente real y la temperatura del aire exterior. De forma análoga al aparato de control de motor según la realización 1 mencionada anteriormente, el aparato de control de motor 40 controla la velocidad de rotación del motor sin escobillas del mecanismo de compresión 42 en base a la velocidad de rotación ordenada preestablecida.

A continuación se describirá un método de control de la velocidad de rotación del motor sin escobillas a la velocidad de rotación ordenada preestablecida.

Se supone que la velocidad de rotación ordenada es ω^* y que la velocidad de rotación real del motor sin escobillas es ω. En el caso de un motor sin escobillas que tiene un sensor de posición, ω se puede obtener diferenciando la señal del sensor de posición. En el caso de un motor sin escobillas que no tiene sensor de posición, ω debe ser la velocidad estimada de rotación ω obtenida diferenciando la fase estimada θ, tal como se ha explicado en las descripciones de la realización 3. Se calcula el error entre la velocidad de rotación ordenada ω^* y la velocidad de rotación real ω. Un valor obtenido sometiendo el error a control PI es enviado como un valor de orden de corriente general I*. Usando el valor de orden de fase de corriente B* almacenado dentro de la sección de control 4, el valor de orden de corriente de eje d Id* y el valor de orden de corriente de eje q Iq* se calculan según las siguientes ecuaciones (12) y (13).

$$Id^* = I^* \times \sin \beta^* \qquad (12)$$

$$Iq^* = I^* \times \cos \beta^* \qquad (13)$$

β* es un valor para determinar el estado de funcionamiento del motor sin escobillas 3. Este valor puede ser un valor predeterminado o se puede cambiar dependiendo del estado de funcionamiento del motor sin escobillas. Mediante la adición de dicha función a la sección de control 4, en el caso en el que la velocidad de rotación real es inferior a la velocidad de rotación ordenada, el valor de orden de corriente de eje d y el valor de orden de corriente de eje q se incrementan mediante el control PI. Por lo tanto, el par de salida del motor sin escobillas 3 incrementa y el motor sin escobillas se acelera. Mediante este funcionamiento de la sección de control 4, el aparato de control de motor funciona de modo que se obtenga la velocidad de rotación ordenada preestablecida, con lo que el motor sin escobillas gira a la velocidad de rotación ordenada.

A continuación, se describirá el funcionamiento del climatizador 43 según la realización 13.

En el climatizador 43 según la realización 13, cuando se aplica un voltaje de excitación desde el aparato de control de motor 40 al mecanismo de compresión 42, el refrigerante circula a través del pasaje de circulación de refrigerante. Durante esta circulación, se lleva a cabo intercambio de calor en el intercambiador de calor 48 de la unidad interior 44 y el intercambiador de calor 49 de la unidad exterior 45. En otras palabras, en el climatizador 43, el refrigerante sellado en el pasaje cerrado de circulación de refrigerante se hace circular por el mecanismo de compresión 42, por lo que se forma un ciclo conocido de bomba de calor en el pasaje cerrado de circulación de refrigerante. Esto calienta o enfría la habitación.

Por ejemplo, en el caso en el que el climatizador 43 lleva a cabo un funcionamiento de calentamiento, el usuario pone la válvula de cuatro vías 46 de modo que el refrigerante fluya en la dirección indicada por la flecha A. En este caso, el intercambiador de calor 48 funciona como un condensador y descarga calor en virtud de la circulación del refrigerante a través del pasaje de circulación de refrigerante. Esto calienta la habitación.

Por otro lado, en el caso en el que el climatizador 43 lleva a cabo un funcionamiento de enfriamiento, el usuario pone la válvula de cuatro vías 46 de modo que el refrigerante fluya en la dirección indicada por la flecha B. En este caso, el intercambiador de calor 48 funciona como un evaporador y absorbe calor del aire ambiente en virtud de la circulación del refrigerante a través del pasaje de circulación de refrigerante. Esto enfría la habitación.

En el climatizador 43 según la realización 13, la velocidad de rotación ordenada se determina en base a una temperatura diana establecida para el climatizador 43, la temperatura ambiente real y la temperatura del aire exterior. De forma análoga al aparato de control de motor según la realización 1 mencionada anteriormente, el aparato de control de motor 40 controla la velocidad de rotación del motor sin escobillas del mecanismo de compresión 42 en base a la velocidad de rotación ordenada determinada. Como resultado, el climatizador 43 según la realización 13 puede llevar a cabo un enfriamiento y calentamiento cómodos.

Dado que el aparato de control de motor 40 del climatizador 43 según la realización 13 es más pequeño y más ligero que el aparato de control de motor convencional, el aparato de control de motor 40 tiene un mayor grado de libertad de disposición dentro de la unidad exterior 45. De este modo, se facilita más el diseño de la producción. Además, haciendo más pequeño el aparato de control de motor, es posible proporcionar una unidad exterior 45 que sea más pequeña y más ligera, con lo que la unidad exterior puede ser instalada más fácilmente por los consumidores. Se pueden conseguir estos efectos excelentes.

En el caso en el que se usan motores sin escobillas para accionar el soplador 48a del intercambiador de calor del lado interior 48 y el soplador 49a del intercambiador de calor del lado exterior 49 del climatizador 43 según la realización 13, el aparato de control de motor para accionar y controlar cada uno de estos motores sin escobillas puede ser cualquiera de los aparatos de control de motor explicados en las descripciones de las realizaciones 1 a 11.

En las descripciones de la realización 13 se explica el climatizador capaz de realizar enfriamiento y calentamiento. En el caso de un climatizador solamente para enfriamiento, la válvula de cuatro vías 46 debe ser eliminada de modo que el refrigerante fluya en la dirección indicada por la flecha B.

<<Realización 14>>

La figura 27 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un frigorífico según la realización 14 de la presente invención.

El frigorífico 51 según la realización 14 tiene un aparato de control de motor 40, un mecanismo de compresión 42, un condensador 52, un evaporador de la cámara de refrigeración 53 y un dispositivo estrangulador 54.

En el frigorífico 51 según la realización 14, el mecanismo de compresión 42, el condensador 52, el dispositivo estrangulador 54 y el evaporador de la cámara de refrigeración 53 están dispuestos dentro del pasaje de circulación de refrigerante. El aparato de control de motor 40 está conectado a una fuente de alimentación CA monofásica 5 que sirve como una fuente de alimentación de entrada y acciona y controla un motor sin escobillas que sirve como fuente de accionamiento del mecanismo de compresión 42.

Las funciones y configuraciones del motor sin escobillas dispuesto dentro del mecanismo de compresión 42 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 que sirve como fuente de alimentación de entrada del aparato de control de motor 40 según la realización 14 son similares a aquellas según la realización 1 mencionada anteriormente. Además, uno de los aparatos de control de motor según las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente se aplica al aparato de control de motor 40.

De forma análoga al dispositivo estrangulador 47 del climatizador 43 según la realización 13 mencionada anteriormente, el dispositivo estrangulador 54 del frigorífico 51 según la realización 14 estrangula el caudal del refrigerante enviado desde el condensador 52 para que el refrigerante se pueda expandir y suministrar la cantidad exacta del refrigerante requerido para el evaporador 53 mientras el refrigerante circula a través del pasaje de circulación de refrigerante.

El condensador 52 condensa el gas refrigerante que fluye a su través y que tiene una temperatura y presión altas y descarga el calor del refrigerante al exterior. El calor del gas refrigerante enviado al condensador 52 es retirado por el aire exterior, y el gas refrigerante se licua gradualmente. En las proximidades de la salida del condensador 52, el refrigerante se convierte en un estado líquido o un estado de mezcla de líquido y gas a presión alta.

El evaporador de la cámara de refrigeración 53 evapora el refrigerante que tiene baja temperatura, enfriando de este modo el interior del frigorífico. El evaporador de la cámara de refrigeración 53 tiene un soplador 53a para elevar la eficiencia de intercambio de calor y un sensor de temperatura 53b para detectar la temperatura dentro del frigorífico.

A continuación, se describirá el funcionamiento del frigorífico 51 según la realización 14.

En el frigorífico 51 según la realización 14, cuando se aplica un voltaje de excitación desde el aparato de control de motor 40 al motor sin escobillas del mecanismo de compresión 42, el mecanismo de compresión 42 es accionado y el refrigerante circula a través del pasaje de circulación de refrigerante en la dirección indicada por las flechas C. Durante esta circulación, se lleva a cabo intercambio de calor en el condensador 52 y el evaporador de la cámara de refrigeración 53, enfriando de este modo el interior del frigorífico.

En otras palabras, el caudal del refrigerante condensado en el condensador 52 es estrangulado por el dispositivo estrangulador 54, con lo que el refrigerante se expande y se vuelve un refrigerante que tiene baja temperatura. Cuando el refrigerante a baja temperatura es enviado al evaporador de la cámara de refrigeración 53, el refrigerante que tiene baja temperatura en el evaporador de la cámara de refrigeración 53 se evapora, enfriando de este modo el interior del frigorífico. Durante este enfriamiento, el aire dentro del frigorífico es enviado a la fuerza al evaporador de la cámara de refrigeración 53 por el soplador 53a, con lo que el evaporador de la cámara de refrigeración 53 lleva a cabo de forma eficiente intercambio de calor.

Además, en el frigorífico 51 según la realización 14, la velocidad de rotación ordenada se ajusta dependiendo de una temperatura diana establecida para el frigorífico 51 y la temperatura dentro del frigorífico. De forma análoga al aparato de control de motor según la realización 13, el aparato de control de motor 40 controla la velocidad de rotación del motor sin escobillas del mecanismo de compresión 42 en base al valor de la velocidad de rotación

ordenada preestablecida. Como resultado, la temperatura dentro del frigorífico 51 se mantiene a la temperatura diana.

Dado que el aparato de control de motor 40 del frigorífico 51 según la realización 14 es más pequeño y más ligero que el aparato de control de motor convencional tal como se ha descrito anteriormente, el aparato de control de motor 40 tiene un mayor grado de libertad de disposición dentro del frigorífico que el aparato de control de motor convencional. Además, el mayor grado de libertad de disposición del aparato de control de motor tiene el efecto de incrementar la capacidad dentro del frigorífico 51. Además, dado que se puede proporcionar un aparato de control de motor que sea de peso ligero, el peso del frigorífico 51 se puede reducir.

En el caso en el que el motor sin escobillas 3 se usa para accionar el soplador 53a del frigorífico 51 según la realización 14, el aparato de control de motor 40 para accionar y controlar el motor sin escobillas puede ser cualquiera de los aparatos de control de motor explicados en las descripciones de las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente.

<<Realización 15>>

La figura 28 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de una lavadora eléctrica según la realización 15 de la presente invención.

La lavadora eléctrica 55 según la realización 15 tiene un bastidor exterior 56. Una cuba 57 está suspendida dentro del bastidor exterior 56 por vástagos de suspensión 58. Dentro de la cuba 57 se encuentra un tambor de lavado y escurrido 59 de manera que pueda girar. En la parte inferior del tambor de lavado y escurrido 59 se ha dispuesto un agitador 60 de manera que pueda girar.

Un motor sin escobillas 3 para hacer girar el tambor de lavado y escurrido 59 y el agitador 60 está dispuesto en el espacio debajo de la cuba 57 dentro del bastidor exterior 56. Además, un aparato de control de motor 40, conectado a la fuente de alimentación CA monofásica 5 para accionar y controlar el motor sin escobillas 3 está instalado en el bastidor exterior 56.

Las funciones y configuraciones del motor sin escobillas dispuesto dentro del bastidor exterior 56 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 que sirve como fuente de alimentación de entrada del aparato de control de motor 40 según la realización 15 son similares a aquellas según la realización 1 mencionada anteriormente. Además, uno de los aparatos de control de motor según las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente se aplica al aparato de control de motor 40.

En la lavadora eléctrica 55 según la realización 15, una señal de orden que indica la velocidad de rotación ordenada dependiendo de la operación del usuario es introducida desde un microordenador (no mostrado) para controlar el funcionamiento de la lavadora eléctrica 55 al aparato de control de motor 40.

A continuación, se describirá el funcionamiento de la lavadora eléctrica 55 según la realización 15.

En la lavadora eléctrica 55 según la realización 15, cuando un usuario lleva a cabo una operación predeterminada, la señal de orden es introducida desde el microordenador en el aparato de control de motor 40, con lo que se aplica un voltaje de excitación al motor sin escobillas 3. Por lo tanto, el motor sin escobillas 3 es accionado, y el agitador 60 o el tambor de lavado y escurrido 59 gira, con lo que la ropa y similares dentro del tambor de lavado y escurrido 59 se lavan o escurren. Durante esta operación, en la lavadora eléctrica 55 según la realización 15, la velocidad de rotación del motor sin escobillas 3 es controlada por el aparato de control de motor 40 en base a la velocidad de rotación ordenada indicada por la señal de orden enviada desde el microordenador, justo como en el caso de la realización 13 mencionada anteriormente. Como resultado, en la lavadora eléctrica 55, la operación apropiada se lleva a cabo dependiendo de la cantidad y suciedad de la ropa y similares a lavar.

Dado que el aparato de control de motor 40 que es de tamaño compacto se usa para la lavadora eléctrica 55 según la realización 15 tal como se ha descrito anteriormente, la presente invención tiene el efecto de incrementar la capacidad del tambor de lavado y escurrido incluso cuando las dimensiones exteriores de la lavadora eléctrica son las mismas que las de una lavadora eléctrica convencional. Además, dado que el aparato de control de motor 40 de peso ligero se usa para la lavadora eléctrica 55 según la presente invención, la presente invención tiene un efecto excelente de reducción del peso de toda la lavadora.

En la lavadora eléctrica 55 según la realización 15 de la presente invención, el aparato de control de motor 40 para accionar y controlar el motor sin escobillas 3 puede ser cualquiera de los aparatos de control de motor explicados en las descripciones de las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente.

<<Realización 16>>

La figura 29 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de una secadora eléctrica según la realización 16 de la presente invención.

La secadora eléctrica 61 según la realización 16 tiene un bastidor exterior 62. Dentro del bastidor exterior 62, un tambor 63 está dispuesto de manera que pueda girar. Un motor sin escobillas 3 está conectado al tambor 63 de modo que el motor sin escobillas 3 haga girar al tambor 63.

Las funciones y configuraciones del motor sin escobillas 3 y el aparato de control de motor 40 dispuesto dentro del bastidor exterior 62 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 según la realización 16 son similares a aquellas según la realización 1 mencionada anteriormente. Además, uno de los aparatos de control de motor según las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente se aplica al aparato de control de motor 40.

En la secadora eléctrica 61 según la realización 16, una señal de orden que indica la velocidad de rotación ordenada dependiendo de la operación del usuario es introducida desde un microordenador (no mostrado) para controlar el funcionamiento de la secadora eléctrica 61 al aparato de control de motor 40.

A continuación, se describirá el funcionamiento de la secadora eléctrica 61 según la realización 16.

En la secadora eléctrica 61 según la realización 16, cuando un usuario lleva a cabo una operación predeterminada, la señal de orden es introducida desde el microordenador en el aparato de control de motor 40. Por lo tanto, se aplica un voltaje de excitación al motor sin escobillas 3. Como resultado, el motor sin escobillas 3 es accionado, y el tambor 63 gira, con lo que la ropa y similares dentro del tambor 63 se secan.

Durante esta operación, en la secadora eléctrica 61 según la realización 16, la velocidad de rotación del motor sin escobillas 3 es controlada por el aparato de control de motor 40 en base a la velocidad de rotación ordenada indicada por la señal de orden enviada desde el microordenador, justo como en el caso de la realización 13 mencionada anteriormente. Como resultado, en la secadora eléctrica 61 según la realización 16, se lleva a cabo una operación apropiada dependiendo de la cantidad y suciedad de la ropa y similares a secar.

Dado que el aparato de control de motor 40 que es de tamaño compacto se usa para la secadora eléctrica 61 según la realización 16 tal como se ha descrito anteriormente, la presente invención tiene el efecto de incrementar la capacidad del tambor incluso cuando las dimensiones exteriores de la secadora eléctrica son las mismas que las de una secadora eléctrica convencional. Además, dado que el aparato de control de motor 40 que es de peso ligero se usa para la secadora eléctrica según la presente invención, la presente invención tiene el efecto de reducir el peso de toda la secadora.

En la secadora eléctrica 61 según la realización 16 de la presente invención, el aparato de control de motor 40 para mover y controlar el motor sin escobillas 3 puede ser cualquiera de los aparatos de control de motor explicados en las descripciones de las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente.

<<Realización 17>>

La figura 30 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un soplador según la realización 17 de la presente invención.

El soplador 64 según la realización 17 tiene un ventilador 65, un motor sin escobillas 3 para hacer girar y accionar el ventilador 65 y un aparato de control de motor 40 para accionar y controlar el motor sin escobillas 3. El aparato de control de motor 40 está conectado a una fuente de alimentación CA monofásica 5 de modo que se aplica un voltaje CA monofásico.

Las funciones y configuraciones del motor sin escobillas 3 y el aparato de control de motor 40 dispuesto dentro del soplador 64 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 según la realización 17 son similares a aquellas según la realización 1 mencionada anteriormente. Además, uno de los aparatos de control de motor según las realizaciones 1

a 11 mencionadas anteriormente se aplica al aparato de control de motor 40.

En el soplador 64 según la realización 17, una señal de orden que indica la velocidad de rotación ordenada dependiendo de la operación del usuario es introducida desde un microordenador (no mostrado) para controlar el funcionamiento del soplador 64 en el aparato de control de motor 40.

A continuación, se describirá el funcionamiento del soplador 64 según la realización 17.

En el soplador 64 según la realización 17, cuando un usuario lleva a cabo una operación predeterminada, la señal de orden es introducida desde el microordenador en el aparato de control de motor 40. Cuando la señal de orden es introducida en el aparato de control de motor 40, se aplica un voltaje de excitación desde el aparato de control de motor 40 al motor sin escobillas 3. Como resultado, el motor sin escobillas 3 es accionado, y el ventilador 65 gira, con lo que se lleva a cabo soplado de aire. Durante esta operación, en el soplador 64 según la realización 17, la salida del motor sin escobillas 3 es controlada por el aparato de control de motor 40 en base a la señal de orden del microordenador, justo como en el caso de la realización 13 mencionada anteriormente. Como resultado, en el soplador 64, se ajustan el caudal y la intensidad del soplado.

Dado que el aparato de control de motor 40 que es de tamaño compacto y peso ligero se usa para el soplador 64 según la realización 17 tal como se ha descrito anteriormente, el soplador propiamente dicho se puede hacer más pequeño y más ligero que un soplador convencional. Por lo tanto, la presente invención puede proporcionar un soplador que tiene excelente portabilidad.

En el soplador 64 según la realización 17 de la presente invención, el aparato de control de motor 40 para mover y controlar el motor sin escobillas 3 puede ser cualquiera de los aparatos de control de motor explicados en las descripciones de las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente.

<<Realización 18>>

La figura 31 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de una aspiradora eléctrica según la realización 18 de la presente invención.

La aspiradora eléctrica 66 según la realización 18 comprende un cuerpo limpiador 69, una herramienta de aspiración de suelos 67 que tiene un orificio de aspiración formado en la cara inferior, y una manguera de aspiración de polvo 68, de la que un extremo está conectado a la herramienta de aspiración de suelos 67 y cuyo otro extremo está conectado al cuerpo limpiador 69.

El cuerpo limpiador 69 según la realización 18 incluye una cámara de polvo 71 a la que está conectado el extremo de la manguera de aspiración de polvo 68 en el lado del cuerpo limpiador, y un soplador eléctrico 70 dispuesto en el lado de salida de la cámara de polvo 71. El soplador eléctrico 70 comprende un ventilador 72 dispuesto de manera que esté opuesto al lado de salida de la cámara de polvo 71, un motor sin escobillas 3 para hacer girar al ventilador 72, y un aparato de control de motor 40 para accionar y controlar el motor sin escobillas 3. El aparato de control de motor 40 está conectado a una fuente de alimentación CA monofásica 5 de modo que se aplique un voltaje CA monofásico. Mediante la rotación del ventilador 72 se aspira aire por el orificio de aspiración formado en la cara inferior de la herramienta de aspiración de suelos 67 mediante la manguera de aspiración de polvo 68 y la cámara de polvo 71.

Las funciones y configuraciones del motor sin escobillas 3, el aparato de control de motor 40 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 según la realización 18 son similares a aquellas según la realización 1 mencionada anteriormente. Además, uno de los aparatos de control de motor según las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente se aplica al aparato de control de motor 40.

En la aspiradora eléctrica 66 según la realización 18, una señal de orden que indica la velocidad de rotación ordenada dependiendo de la operación del usuario es introducida desde un microordenador (no mostrado) para controlar el funcionamiento del ventilador 72 en el aparato de control de motor 40.

A continuación, se describirá el funcionamiento de la aspiradora eléctrica 66 según la realización 18.

En la aspiradora eléctrica 66 según la realización 18, cuando un usuario lleva a cabo una operación predeterminada, la señal de orden es introducida desde el microordenador en el aparato de control de motor 40. Cuando la señal de

orden es introducida en el aparato de control de motor 40, se aplica un voltaje de excitación desde el aparato de control de motor 40 al motor sin escobillas 3, y el motor sin escobillas 3 es accionado. Como resultado, el ventilador 72 gira, con lo que se genera una fuerza de aspiración dentro del cuerpo limpiador 69. Por la fuerza de aspiración generada dentro del cuerpo limpiador 69 se aspira aire por el orificio de aspiración formado en la cara inferior de la herramienta de aspiración de suelos 67 que está conectada al cuerpo limpiador 69 mediante la manguera de aspiración de polvo 68. Por lo tanto, se aspira polvo del suelo a limpiar conjuntamente con aire a través del orificio de aspiración de la herramienta de aspiración de suelos 67 y se recoge en la cámara de polvo 71 del cuerpo limpiador 69. Durante esta operación, en la aspiradora eléctrica 66 según la realización 18, la velocidad de rotación del motor sin escobillas 3 es controlada por el aparato de control de motor 40 en base a la señal de orden del microordenador, justo como en el caso de la realización 13 mencionada anteriormente. Como resultado, en la aspiradora eléctrica 66 según la realización 18, la velocidad de rotación del motor sin escobillas 3 está controlada, con lo que se regula la intensidad de la fuerza de aspiración.

Dado que el aparato de control de motor 40 que es de tamaño compacto y peso ligero se usa para la aspiradora eléctrica 66 según la realización 18 tal como se ha descrito anteriormente, el cuerpo limpiador 69 se puede hacer más pequeño y más ligero que el de un aspiradora eléctrica convencional. Por lo tanto, la presente invención puede proporcionar una aspiradora eléctrica que tiene excelente portabilidad y facilidad de manejo por el usuario.

En la aspiradora eléctrica 66 según la realización 18 de la presente invención, el aparato de control de motor 40 para accionar y controlar el motor sin escobillas 3 puede ser cualquiera de los aparatos de control de motor explicados en las descripciones de las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente.

<<Realización 19>>

La figura 32 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un calentador de agua de bomba de calor según la realización 19 de la presente invención.

El calentador de agua de bomba de calor 72 según la realización 19 incluye una unidad de ciclo de refrigeración 73 para calentar agua suministrada y descargar agua caliente, una unidad de almacenamiento de agua caliente 74 para almacenar el agua caliente descargada de la unidad de ciclo de refrigeración 73, y tuberías de agua 74a, 74b, 75a y 75b para conectar estos componentes.

La unidad de ciclo de refrigeración 73 incluye un mecanismo de compresión 42, un intercambiador de calor de aire 76, un dispositivo estrangulador 77 y un intercambiador de calor del agua 78, formando de este modo un pasaje de circulación de refrigerante. Además, la unidad de ciclo de refrigeración 73 está provista de un aparato de control de motor 40 conectado a una fuente de alimentación CA monofásica 5 de modo que se suministre un voltaje CA monofásico.

Las funciones y configuraciones del motor sin escobillas 3, el aparato de control de motor 40 y la fuente de alimentación CA monofásica 5 según la realización 19 son similares a aquellas según la realización 1 mencionada anteriormente. Además, uno de los aparatos de control de motor según las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente se aplica al aparato de control de motor 40.

De forma análoga al dispositivo estrangulador 47 del climatizador 43 según la realización 13 mencionada anteriormente mostrada en la figura 26, el dispositivo estrangulador 77 estrangula el caudal del líquido refrigerante enviado desde el intercambiador de calor del agua 78 al intercambiador de calor de aire 76 para que el líquido refrigerante se pueda expandir inmediatamente después del estrangulamiento.

El intercambiador de calor del agua 78 es un condensador para calentar el agua suministrada a la unidad de ciclo de refrigeración 73 y tiene un sensor de temperatura 78a para detectar la temperatura del agua calentada. El intercambiador de calor de aire 76 es un evaporador para absorber calor de la atmósfera ambiente y tiene un soplador 76a para elevar el rendimiento de intercambio térmico y un sensor de temperatura 76b para detectar la atmósfera ambiente.

Se usa una tubería de refrigerante 79 para conectar el mecanismo de compresión 42, el intercambiador de calor del agua 78, el dispositivo estrangulador 77 y el intercambiador de calor de aire 76, formando de este modo un pasaje de circulación de refrigerante. Un refrigerante circula a lo largo del pasaje de circulación de refrigerante formado por el mecanismo de compresión 42, el intercambiador de calor del agua 78, el dispositivo estrangulador 77 e intercambiador de calor de aire 76. La tubería de refrigerante 79 está conectada además a una tubería de derivación

de descongelación 80 de modo que el refrigerante descargado del mecanismo de compresión 42 sea suministrado al intercambiador de calor de aire 76 sin pasar a través del intercambiador de calor del agua 78 y el dispositivo estrangulador 77. Una válvula de derivación de descongelación 81 está dispuesta en una parte de la tubería de derivación de descongelación 80.

La unidad de almacenamiento de agua caliente 74 tiene un depósito de almacenamiento de agua caliente 82 para almacenar agua o agua caliente. Una tubería de suministro de agua 83 para suministrar agua desde el exterior al interior del depósito de almacenamiento de agua caliente 82 está conectada al orificio de recepción de agua 82c del depósito de almacenamiento de agua caliente 82. Además, una tubería de suministro de agua caliente para uso en bañera 84 para suministrar agua caliente desde el depósito de almacenamiento de agua caliente 82 a una bañera está conectada al orificio de salida de agua caliente 82d del depósito de almacenamiento de agua caliente 82. Además, una tubería de suministro de agua caliente 85 para suministrar el agua caliente almacenada en el depósito 82 al exterior está conectada al orificio de entrada-salida de agua 82a del depósito de almacenamiento de agua caliente 82.

El intercambiador de calor del agua 78 de la unidad de ciclo de refrigeración 73 está conectado al depósito de almacenamiento de agua caliente 82 mediante las tuberías de agua 74a, 74b, 75a y 75b. Por lo tanto, se forma un pasaje de circulación de agua entre el depósito de almacenamiento de agua caliente 82 y el intercambiador de calor del agua 78.

La tubería de agua 74b es una tubería dispuesta en el lado del depósito de almacenamiento de agua caliente y se usa para suministrar agua desde el depósito de almacenamiento de agua caliente 82 al intercambiador de calor del agua 78. Un extremo de la tubería de agua 74b está conectado al orificio de salida de agua 82b del depósito de almacenamiento de agua caliente 82, y el otro extremo está conectado a la tubería de agua 75b en el lado de suministro de agua del intercambiador de calor del agua 78 mediante una junta 87b. Además, una válvula de descarga de agua 86 para descargar agua o agua caliente del depósito de almacenamiento de agua caliente 82 está instalada en un extremo de la tubería de agua 74b.

La tubería de agua 74a es una tubería dispuesta en el lado del depósito de almacenamiento de agua caliente y se usa para el retorno de agua del intercambiador de calor del agua 78 al depósito de almacenamiento de agua caliente 82. Un extremo de la tubería de agua 74a está conectado al orificio de entrada-salida de agua 82a del depósito de almacenamiento de agua caliente 82, y el otro extremo está conectado a al tubería de agua 75a en el lado de descarga de agua del intercambiador de calor del agua 78 mediante una junta 87a.

Una bomba 88 para hacer circular agua a través del pasaje de circulación de agua está dispuesta en el medio de la tubería de agua 75b en el lado de suministro de agua. La tubería de agua 75b se usa para conectar el intercambiador de calor del agua 78 a la junta 87b.

En el calentador de agua de bomba de calor 72 según la realización 19, la velocidad de rotación ordenada del motor sin escobillas 3 se determina en base al estado de funcionamiento del calentador de agua de bomba de calor 72, es decir, una temperatura diana del agua caliente fijada en el calentador de agua de bomba de calor 72, la temperatura del agua suministrada de la unidad de almacenamiento de agua caliente 74 al intercambiador de calor del agua 78 de la unidad de ciclo de refrigeración 73 y la temperatura del aire exterior. Entonces, el aparato de control de motor 40 determina la salida del motor necesaria para el motor sin escobillas 3 del mecanismo de compresión 42 en base a la velocidad de rotación ordenada.

A continuación, se describirá el funcionamiento del calentador de agua de bomba de calor 72 según la realización 19.

En el calentador de agua de bomba de calor 72 según la realización 19, cuando se aplica un voltaje de excitación Cd desde el aparato de control de motor 40 al motor sin escobillas del mecanismo de compresión 42, el mecanismo de compresión 42 es accionado. Un refrigerante a alta temperatura obtenido por compresión en el mecanismo de compresión 42 circula en la dirección indicada por las flechas D. Por lo tanto, el refrigerante a alta temperatura es suministrado desde el mecanismo de comparación 42 al intercambiador de calor del agua 78 mediante la tubería de refrigerante 79. Además, cuando la bomba 88 es accionada en el pasaje de circulación de agua, se suministra agua desde el depósito de almacenamiento de agua caliente 82 al intercambiador de calor del agua 78.

En este momento, se lleva a cabo intercambio de calor entre el refrigerante a alta temperatura y el agua suministrada del depósito de almacenamiento de agua caliente 82, con lo que se transfiere calor desde el

refrigerante al agua. Por lo tanto, el agua suministrada al intercambiador de calor del agua 78 se calienta, y el agua calentada es suministrada al depósito de almacenamiento de agua caliente 82. En este momento, la temperatura del agua calentada es monitorizada por el sensor de temperatura de condensación 78a.

Además, el refrigerante en el intercambiador de calor del agua 78 se condensa por intercambio de calor y se licua. El caudal del líquido refrigerante obtenido por la condensación es estrangulado por el dispositivo estrangulador 77, por lo que el refrigerante se expande y es suministrado al intercambiador de calor de aire 76.

En el calentador de agua de bomba de calor 72 según la realización 19, el intercambiador de calor de aire 76 funciona como un evaporador. El intercambiador de calor de aire 76 absorbe calor del aire exterior enviado por el soplador 76a y evapora el refrigerante a baja temperatura. En este momento, la temperatura de la atmósfera ambiente del intercambiador de calor de aire 76 es monitorizada por el sensor de temperatura 76b.

Además, en la unidad de ciclo de refrigeración 73, cuando el intercambiador de calor de aire 76 se congela, la válvula de derivación de descongelación 81 se abre, el refrigerante a alta temperatura es suministrado al intercambiador de calor de aire 76 mediante la tubería de derivación de descongelación 80. Por lo tanto, el intercambiador de calor de aire 76 se descongela.

Por otro lado, se suministra agua caliente desde el intercambiador de calor del agua 78 de la unidad de ciclo de refrigeración 73 a la unidad de almacenamiento de agua caliente 74 mediante las tuberías de agua 74a y 75a. El agua caliente suministrada a la unidad de almacenamiento de agua caliente 74 es almacenada en el depósito de almacenamiento de agua caliente 82. El agua caliente almacenada en el depósito de almacenamiento de agua caliente 82 es suministrada al exterior a través de la tubería de suministro de agua caliente 85 según sea necesario. En particular, en el caso en el que el agua caliente es suministrada a la bañera, el agua caliente almacenada en el depósito de almacenamiento de agua caliente 82 es suministrada a la bañera a través de la tubería de suministro de agua caliente para uso en bañera 84.

Además, en el caso en el que la cantidad del agua o agua caliente almacenada en el depósito de almacenamiento de agua caliente 82 es un valor constante o inferior, se rellena agua desde fuera a través de la tubería de suministro de agua 83.

En el calentador de agua de bomba de calor 72 según la realización 19, la velocidad de rotación ordenada del motor sin escobillas 3 se determina mediante el aparato de control de motor 40 en base a una temperatura diana del agua caliente fijada en el calentador de agua de bomba de calor 72, la temperatura del agua suministrada al intercambiador de calor del agua 78 y la temperatura del aire exterior. En el calentador de agua de bomba de calor 72 según la realización 19, la velocidad de rotación del motor sin escobillas 3 del mecanismo de compresión 42 es controlada mediante el aparato de control de motor 40 en base a la velocidad de rotación ordenada, justo como en el caso de la realización 13 mencionada anteriormente. Como resultado, en el calentador de agua de bomba de calor 72 según la realización 19, se puede suministrar con seguridad agua caliente que tiene la temperatura diana.

Dado que el aparato de control de motor 40 que es de tamaño compacto y peso ligero se usa para el calentador de agua de bomba de calor 72 según la realización 19 tal como se ha descrito anteriormente, el calentador de agua de bomba de calor 72 se puede hacer más pequeño y más ligero que un calentador de agua de bomba de calor convencional. Por lo tanto, en el calentador de agua de bomba de calor según la presente invención, se mejora la facilidad de instalación debido a la reducción del tamaño y también se mejora debido a la reducción de peso. Además, el coste del calentador de agua de bomba de calor según la presente invención se puede reducir de forma significativa en relación con el del calentador de agua de bomba de calor convencional, con lo que el calentador de agua de bomba de calor presenta más beneficios para el usuario.

En el calentador de agua de bomba de calor 72 según la realización 19 de la presente invención, el aparato de control de motor 40 para accionar y controlar el motor sin escobillas 3 puede ser cualquiera de los aparatos de control de motor explicados en las descripciones de las realizaciones 1 a 11 mencionadas anteriormente.

La presente invención explicada en las descripciones de las realizaciones 1 a 19 es aplicable no solamente al aparato de control de motor a instalar en los aparatos mencionados en las descripciones de las realizaciones mencionadas anteriormente, sino también en otros aparatos de control de motor para accionar motores sin escobillas usando circuitos inversores. Haciendo el aparato de control de motor más pequeño y más ligero, los grados de libertad de diseño de cualesquiera aparatos correspondientes se pueden mejorar, y los aparatos se pueden suministrar a un coste más bajo, con lo que el efecto de la presente invención es muy significativo.

La importancia del efecto se describirá con respecto a un climatizador y un compresor incorporado en el climatizador.

La mayor parte de los climatizadores para uso doméstico vendidos en Japón están controlados por inversor y ahorran mucha energía en comparación con los climatizadores que no están controlados por inversor. Por lo tanto, el consumo de energía de un climatizador vendido en Japón es aproximadamente la mitad del consumo de energía de un climatizador producido diez años antes. Los climatizadores controlados por inversor se han difundido ampliamente en Japón. Sin embargo, desde el punto de vista mundial, una gran mayoría de climatizadores no están controlados por inversor. Por lo tanto, se desea que los climatizadores disponibles en el mundo estén controlados por inversor, desde el punto de vista de promover el ahorro de energía y la conservación del medioambiente global.

En Japón predominan los productos comerciales en forma de climatizadores que incorporan compresores. Sin embargo, en países distintos de Japón, los productos comerciales se suministran frecuentemente como compresores discretos. En los mercados de tales compresores discretos se demandan compresores de tamaño igual o más pequeño que el de los compresores convencionales. Por lo tanto, si un compresor es de mayor tamaño que el compresor convencional por la adición de un circuito inversor, el compresor no puede obtener la aceptación del mercado. De este modo, es difícil hacer compresores en el mundo controlados por inversor y promover el ahorro de energía. Por lo tanto, es necesario proporcionar un compresor que incorpore un inversor, que sea igual a un compresor convencional en rendimiento y que sea de tamaño igual o menor que el compresor convencional.

Tal como se ha descrito anteriormente, la presente invención puede proporcionar un aparato de control de motor configurado sin usar un inductor para mejorar el factor de potencia y un condensador de filtro que tiene una capacitancia grande, es decir, componentes grandes incorporados en un aparato de control de motor convencional. Por lo tanto, la presente invención puede proporcionar un compresor que incorpora un aparato compacto de control de motor, que es de tamaño igual o menor que el compresor convencional. La presente invención puede promover de este modo en todo el mundo el ahorro de energía y puede ser significativamente beneficiosa para la conservación del medioambiente global.

En las descripciones de cada una de las realizaciones mencionadas anteriormente se ha tomado como un ejemplo una configuración en la que un voltaje CA suministrado es rectificado e introducido en un circuito inversor. Sin embargo, la presente invención no se limita a este tipo de configuración. En la presente invención, aunque se introduzca un voltaje fluctuante en el circuito inversor, el voltaje es convertido en un voltaje deseado por el circuito inversor y enviado a un motor sin escobillas. Por ejemplo, en el caso en el que una pluralidad de cargas están conectadas a una fuente de alimentación CC, justo como en el caso de motores sin escobillas montados en vehículos, el voltaje de salida de la fuente de alimentación CC fluctúa dependiendo de las condiciones de funcionamiento de las cargas. Aunque esta fuente de alimentación CC fluctuante esté conectada al aparato de control de motor según la presente invención, el voltaje es convertido en un voltaje deseado por el circuito inversor. Por lo tanto, el aparato de control de motor puede accionar de forma precisa el motor sin escobillas correspondiente.

El aparato de control de motor según la presente invención también se puede aplicar a un climatizador montado en vehículo accionado por un motor sin escobillas. El aparato de control de motor según la presente invención es beneficioso para un vehículo cuyo motor se pare durante la parada del vehículo y arranque al arrancar el vehículo, por ejemplo, un vehículo parado en marcha en vacío o similares en el que la marcha en vacío del motor se para durante la parada del vehículo. Cuando se arranca el motor, el voltaje de la fuente de alimentación cae de forma instantánea. Sin embargo, en el caso en el que el aparato de control de motor según la presente invención está montado en el compresor de un climatizador montado en un vehículo, el voltaje aplicado a su motor sin escobillas puede ser ajustado incluso cuando el voltaje de la fuente de alimentación cae de forma instantánea al arrancar el motor. Por lo tanto, el motor sin escobillas no se para temporalmente, con lo que el climatizador montado en un vehículo puede funcionar de forma continua. Tal como se ha descrito anteriormente, el aparato de control de motor según la presente invención es especialmente beneficioso para un vehículo o análogos cuyo motor se para durante la parada del vehículo y arranca al arrancar el vehículo, por ejemplo, un vehículo de parada de marcha en vacío o similares en particular.

Además, el método de detección de la fase usando la corriente suministrada a un motor sin escobillas sin usar un sensor de posición en cada una de las realizaciones mencionadas anteriormente se ha explicado usando dicho método descrito en la tesis “Control of a sensorless salient-pole brushless DC motor on the basis of estimation of speed electromotive force” de Takeshita, Ichikawa, Lee y Matsui, Thesis Journal, Vol. 117-D, no 1, páginas 98 a 104, publicada por el Instituto de Ingenieros Eléctricos de Japón en 1997. Sin embargo, la presente invención no se limita

a este método. Cualquier método en el que la fase sea detectada usando la corriente suministrada a un motor sin escobillas puede ser aplicado a la presente invención.

Tal como han esclarecido las descripciones detalladas de las realizaciones mencionadas anteriormente, la presente invención tiene los siguientes efectos.

La presente invención puede proporcionar un aparato compacto de control de motor cuyo circuito rectificador se puede hacer más pequeño y que puede tener una configuración con un sensor de posición y una configuración sin sensor de posición.

Además, la presente invención puede proporcionar un aparato de control de motor capaz de llevar a cabo el accionamiento sin sensores de un motor sin escobillas sin detener la aplicación de voltaje al motor sin escobillas aunque el voltaje de entrada al circuito inversor pulse de forma significativa.

Además, la presente invención puede proporcionar un aparato de control de motor capaz de llevar a cabo de forma continua la aplicación de voltaje sin detener la aplicación de voltaje al motor incluso cuando el voltaje del lado CC del circuito inversor es bajo.

Además, según la presente invención, incluso en el caso en el que se lleva a cabo accionamiento sin sensores donde la información de fase del motor de un motor sin escobillas no se obtiene de un sensor de posición, la aplicación de voltaje se puede llevar a cabo de forma continua sin detener la aplicación de voltaje al motor. Por lo tanto, se puede estimar la fase del motor, con lo que la presente invención puede proporcionar un aparato de control de motor capaz de accionar un motor sin escobillas sin usar un sensor de posición.

Además, según la presente invención, los errores innecesarios para un aparato de control de corriente no se superponen, con lo que no fluye corriente innecesaria del motor y se puede mejorar la precisión de la estimación sin sensor. De este modo, es posible proporcionar un aparato de control de motor que tiene alta precisión y estabilidad.

Además, la presente invención puede proporcionar un aparato de control de motor capaz de mejorar de forma significativa el par de salida de un motor sin usar un condensador de filtro que tiene una capacitancia grande en el circuito rectificador del aparato de control de motor. En el aparato de control de motor según la presente invención, incluso cuando el voltaje de entrada del circuito inversor pulsa y no se puede aplicar un voltaje deseado al motor, se puede mantener la fase del voltaje aplicado al motor. Por lo tanto, es posible reducir el desperdicio de corriente del motor y disminuir la parada del motor debida a sobrecorriente.

Además, el aparato de control de motor según la presente invención puede llevar a cabo una estimación de fase precisa. Por lo tanto, el aparato de control de motor puede llevar a cabo el accionamiento del motor sin sensores y se puede aplicar a compresores para climatizadores, frigoríficos, etc.

Además, según la presente invención, se puede mejorar la operación de seguimiento de la corriente del motor. Por lo tanto, la presente invención puede proporcionar un aparato de control de motor que tiene alta eficiencia, genera reducido ruido y mejora el par de salida de un motor.

Además, la presente invención puede proporcionar un aparato de control de motor capaz de ser configurado sin usar un inductor para mejorar el factor de potencia y un condensador de filtro que tiene una capacitancia grande, es decir, componentes grandes incorporados en un aparato de control de motor convencional. Por lo tanto, la presente invención puede proporcionar un compresor que incorpora un aparato de control de motor, de tamaño igual o más pequeño que un compresor convencional. La presente invención puede promover, de este modo, en todo el mundo el ahorro de energía y puede ser significativamente beneficiosa para la conservación del medioambiente global.

Además, en el aparato de control de motor según la presente invención, en el caso en el que el voltaje de salida de la fuente de alimentación CA monofásica sea bajo hasta el punto de que el voltaje aplicado a un motor sin escobillas sea insuficiente, se puede elevar el voltaje de entrada del circuito inversor. Por lo tanto, la presente invención puede proporcionar un aparato de control de motor capaz de elevar la velocidad máxima de rotación del motor sin escobillas y de ampliar de forma significativa el intervalo de funcionamiento del motor.

Además, según la presente invención, la forma de onda de la corriente que fluye a la fuente de alimentación CA monofásica es casi sinusoidal accionando el circuito elevador y la sección de control del circuito elevador. Por lo tanto, el factor de potencia de la fuente de alimentación se vuelve de casi uno. La presente invención puede

proporcionar de modo que un aparato de control de motor que no afecta de forma adversa al sistema de la fuente de alimentación.

Además, en el aparato de control de motor según la presente invención, la capacitancia de uno de los dos condensadores del circuito elevador rectificador de voltaje doble del mismo se puede hacer menor, con lo que el circuito elevador rectificador de voltaje doble se puede hacer más pequeño que un circuito rectificador de voltaje doble convencional.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de control de motor que comprende:

un circuito inversor (2) que recibe un voltaje fluctuante, convierte dicho voltaje en un voltaje deseado y envía dicho voltaje deseado a un motor sin escobillas (3), estando dicho aparato de control de motor configurado para aplicar el voltaje a dicho motor sin escobillas en un estado de fase mantenida, y

una sección de control (4) que recibe un voltaje de entrada (Vpn) a dicho circuito inversor, una corriente del motor (Iu, Iv, Iw) que fluye a dicho motor sin escobillas y un valor de orden de corriente del motor (Id*, Iq*) que indica el valor de una corriente requerido para fluir a dicho circuito inversor, y genera un valor de orden de voltaje de aplicación al motor (Vd, Vq) para dicho circuito inversor, en el que,

dicha sección de control (4) incluye:

- una sección de conversión dq (6) que genera un valor de detección de corriente del motor de eje d y de eje q (Id, Iq) a partir de dicha corriente del motor (Iu, Iv, Iw),

- un controlador de integración de proporción (PI) (7, 8) de eje d y eje q que recibe un error entre dicho valor de detección de corriente del motor (Id, Iq) y dicho valor de orden de corriente del motor (Id*, Iq*), y genera un valor de orden de voltaje de aplicación al motor de eje d y eje q (Vd, Vq) en base a dicho error, y

- una sección de generación PWM (9) que recibe dicho valor de orden de voltaje de aplicación al motor (Vd, Vq) y dicho voltaje de entrada (Vpn), y envía una señal PWM correspondiente a dicho valor de orden de voltaje de aplicación al motor (Vd, Vq) a dicho circuito inversor (2), y en el que

dicho aparato de control de motor está configurado para aplicar el voltaje a dicho motor sin escobillas en un estado de fase mantenida, y caracterizado porque dicha sección de generación PWM (9) comprende:

- una sección de conversión dq inversa (10) que genera valores de orden de voltaje sinusoidal trifásico (Vu, Vv, Vw) en base a dicho valor de orden de voltaje de aplicación al motor (Vd, Vq),

- una sección de modulación línea a línea (11) que detecta un valor mínimo a partir de dichos valores de orden de voltaje sinusoidal trifásico (Vu, Vv y Vw) y envía los resultados obtenidos restando dicho valor mínimo de dichos valores de orden de voltaje sinusoidal trifásico, y

- una sección de corrección Vpn (12) que genera una señal PWM a partir de las salidas (Vu',Vv',Vw') de dicha sección de modulación línea a línea (11) y dicho voltaje de entrada (Vpn), y que detecta el valor máximo de dichas salidas (Vu',Vv',Vw') de dicha sección de modulación línea a línea (11), compara entre dicho valor máximo (Vmax) y dicho voltaje de entrada (Vpn) a dicho circuito inversor, y como resultado de la comparación, cuando dicho voltaje de entrada es mayor que dicho valor máximo, genera una señal PWM usando una tasa de cada salida de dicha sección de modulación línea a línea (11) y dicho voltaje de entrada (Vpn), o cuando dicho voltaje de entrada es menor que o igual a dicho valor máximo, genera una señal PWM usando una tasa de cada salida de dicha sección de modulación línea a línea(11) y dicho valor máximo (Vmax).

2. El aparato de control de motor según la reivindicación 1, en el que dicha sección de control estima la fase de rotación de dicho motor sin escobillas en base a dicho valor de detección de corriente del motor (Id, Iq) y dicho valor de orden de voltaje de aplicación al motor (Vd, Vq).

3. El aparato de control de motor según la reivindicación 1, en el que dicho controlador de integración de proporción (7, 8) genera dicho valor de orden de voltaje de aplicación al motor (Vd, Vq) realizando una operación de integración de proporción usando el error entre dicho valor de orden de corriente del motor (Id*, Iq*) y dicho valor de detección de corriente del motor (Id, Iq), y envía dicho valor de orden de voltaje de aplicación al motor (Vd, Vq) a dicha sección de generación PWM (9b), y dicha sección de generación PWM (9b) está configurada de modo que dicho controlador de integración de proporción detiene el funcionamiento integral cuando el voltaje de entrada a aplicar a dicho circuito inversor es menor que o igual a dicho valor máximo.

4. El aparato de control de motor según la reivindicación 1, en el que -

la sección de conversión dq (6) calcula un valor de detección de corriente de eje d y un valor de detección de corriente de eje q usando la corriente del motor (Iu, Iv, Iw) que fluye hasta dicho motor sin escobillas y la fase de rotación () de un rotor de dicho motor sin escobillas, y en el que

el controlador de integración de proporción de eje d (7) recibe el error entre un valor de orden de corriente de eje d (Id*) y dicho valor de detección de corriente de eje d (Id) y envía el valor estándar de una orden de tensión de aplicación a un motor de eje d, y en el que

el controlador de integración de proporción de eje q (8) que recibe el error entre un valor de orden de corriente de eje q (Iq*) y dicho valor de detección de corriente de eje q (Iq) y envía el valor estándar de una orden de tensión de aplicación a un motor de eje q, y en el que la sección de control (4) comprende además:

- un multiplicador de eje d (18) que envía el resultado de la multiplicación de dicho valor de detección de corriente de eje q (Iq), dichos componentes de eje q (Lq) de una inductancia de dicho motor sin escobillas, y la velocidad de rotación (ω) de dicho motor sin escobillas,

- un primer multiplicador de eje q (19) que envía el resultado de la multiplicación de dicho valor de detección de corriente de eje d (Id), componentes de eje d (Ld) de una inductancia de dicho motor sin escobillas, y la velocidad de rotación (ω) de dicho motor sin escobillas,

- un segundo multiplicador de eje q (20) que envía el resultado de la multiplicación de la constante de voltaje inducido (Ke) de dicho motor sin escobillas y dicha velocidad de rotación (ω),

- un sumador de eje d que añade la salida de dicho multiplicador de eje d (18) a dicho valor estándar de dicha orden de tensión de aplicación a un motor de eje d y envía un valor de orden de voltaje de aplicación al motor de eje d (Vd),

- un sumador de eje q que añade las salidas de dicho primer multiplicador de eje q (19) y dicho segundo multiplicador de eje q (20) a dicho valor estándar de la orden de tensión de aplicación a un motor de eje q y envía un valor de orden de voltaje de aplicación al motor de eje q (Vq),

- una sección de generación PWM (9) que recibe dicho valor de orden de voltaje de aplicación al motor de eje d (Vd) y dicho valor de orden de voltaje de aplicación al motor de eje q (Vq) y envía una señal de accionamiento de dicho circuito inversor.

5. El aparato de control de motor según la reivindicación 1, en el que dicha sección de control detecta el voltaje de entrada a aplicar a dicho circuito inversor, estima un voltaje a introducir en dicho circuito inversor en el siguiente ciclo de control en base al valor de detección y controla dicho circuito inversor.

6. El aparato de control de motor según la reivindicación 1, que incorpora un condensador en el lado de entrada de dicho circuito inversor, en el que se establece que

$C \leq 2 \times 10^{-7} \times P$

suponiendo que la capacitancia de dicho condensador es C [F] y que la salida máxima de dicho motor es P [W].

7. El aparato de control de motor según la reivindicación 1, que incorpora un inductor en el lado de entrada de dicho circuito inversor, en el que se establece que

$L \leq 9 \times 10^{-9} / C$

suponiendo que la inductancia de dicho inductor es L [H] y que la capacitancia de dicho condensador es C [F].

8. El aparato de control de motor según la reivindicación 1, que comprende además:

un circuito elevador que tiene un inductor, diodos, dispositivos de conmutación y un condensador, y

una sección de control del circuito elevador para controlar dicho circuito elevador, en el que

dicha sección de control del circuito elevador determina el valor de orden para dicho dispositivo de conmutación en base a una señal procedente de dicha sección de control.

9. El aparato de control de motor según la reivindicación 8, en el que dicha sección de control del circuito elevador, que está configurada para recibir la fase de voltaje detectada y corriente CA de una fuente de alimentación CA, comprende:

- una sección de orden de corriente CA que envía un valor de orden de corriente CA en base a dicha fase detectada y una señal de control procedente de dicha sección de control, y

- una sección de generación de orden PWM que genera valores de orden PWM para accionar dichos dispositivos de conmutación en base a dicho valor de orden de corriente CA y dicha corriente CA detectada de dicha fuente de alimentación CA y envía dichos valores de orden PWM.

10. El aparato de control de motor según la reivindicación 1, que comprende además:

- un circuito elevador que tiene un inductor en el que se introduce un voltaje fluctuante, - a partir de diodos que forman un circuito rectificador, dispositivos de conmutación conectados a dicho circuito rectificador y que realizan una operación de encendido/apagado, y un condensador que envía un voltaje elevado, y

- una sección de control del circuito elevador para controlar dicho circuito elevador.

11. El aparato de control de motor según la reivindicación 7, en el que un inductor está conectado al lado de entrada del circuito inversor, y se establece

$L \leq P \times 10^{-6}$

suponiendo que la inductancia de dicho inductor es L [H] y que la potencia de salida máxima de dicho es P [W].

12. Un compresor que incorpora dicho aparato de control de motor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

13. Un climatizador que incorpora dicho aparato de control de motor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

14. Un frigorífico que incorpora dicho aparato de control de motor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

15. Una lavadora eléctrica que incorpora dicho aparato de control de motor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

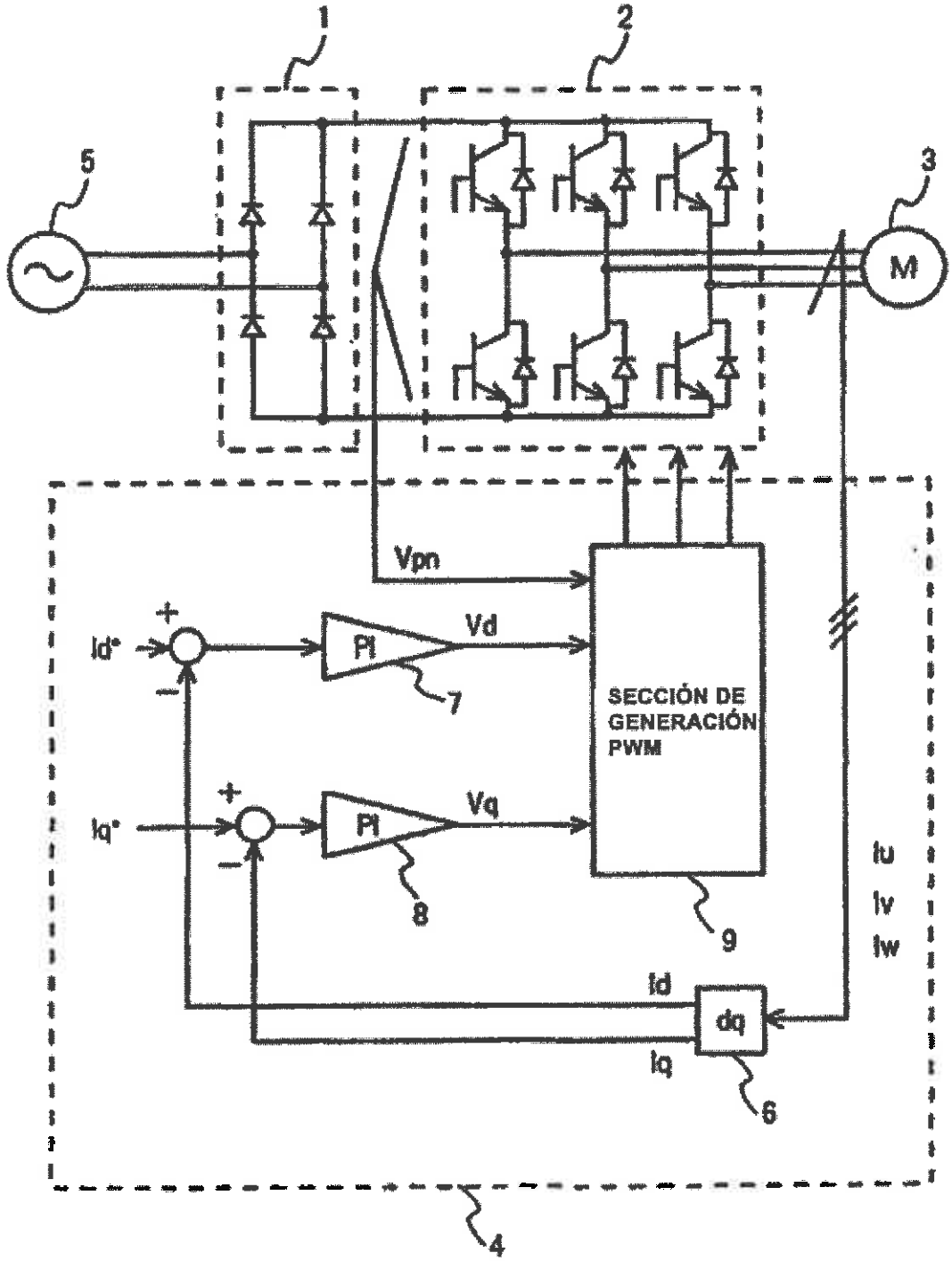
16. Una secadora eléctrica que incorpora dicho aparato de control de motor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

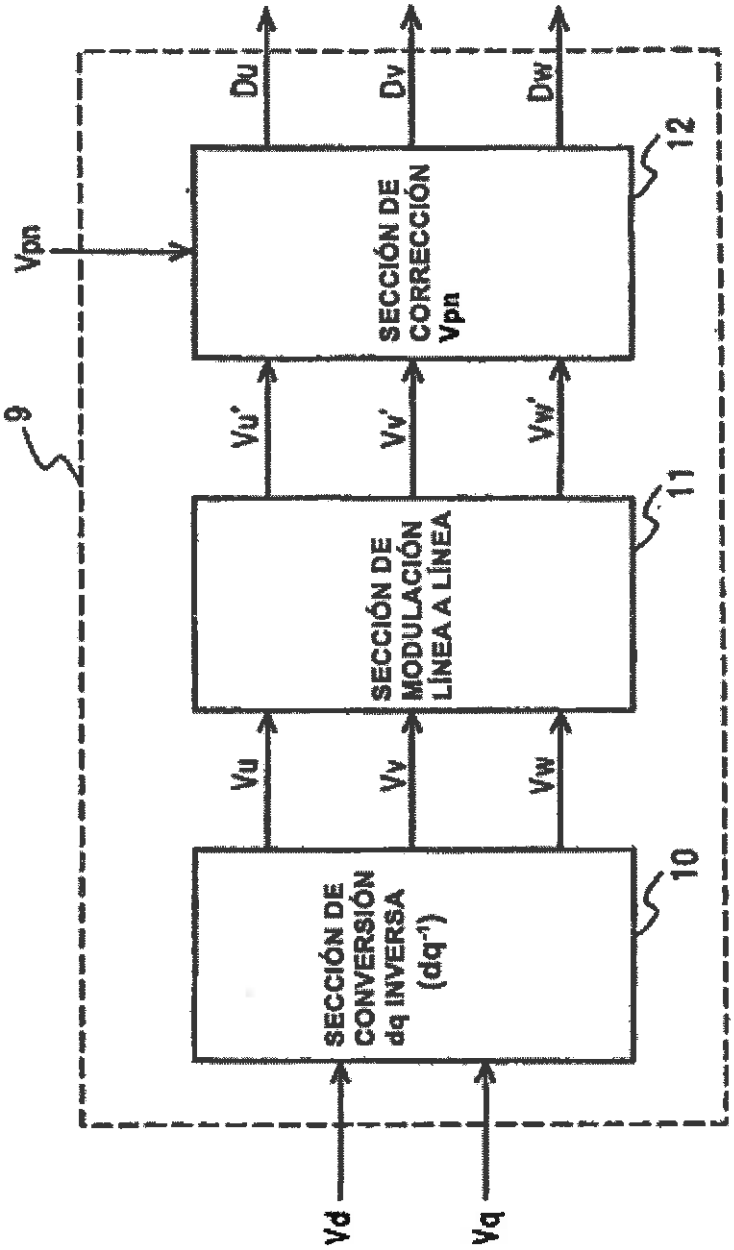
17. Un soplador que incorpora dicho aparato de control de motor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

18. Una aspiradora eléctrica que incorpora dicho aparato de control de motor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

19. Un calentador de agua de bomba de calor que incorpora dicho aparato de control de motor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

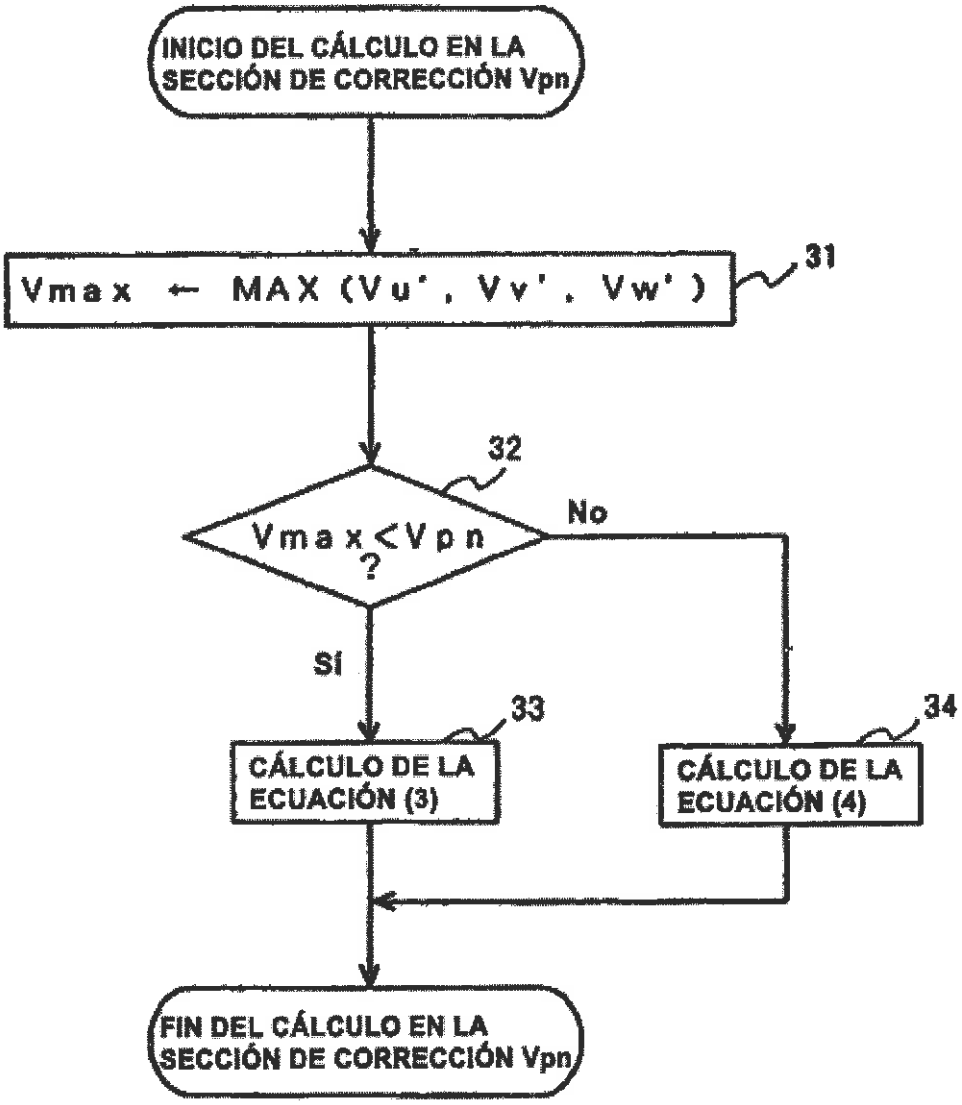
F I G. 1


1
2
5
3
M
Vpn
Id*
+
−
PI
Vd
7
SECCIÓN DE GENERACIÓN PWM
Iq*
+
−
PI
Vq
8
9
Iu
Iv
Iw
Id
dq
Iq
6
4

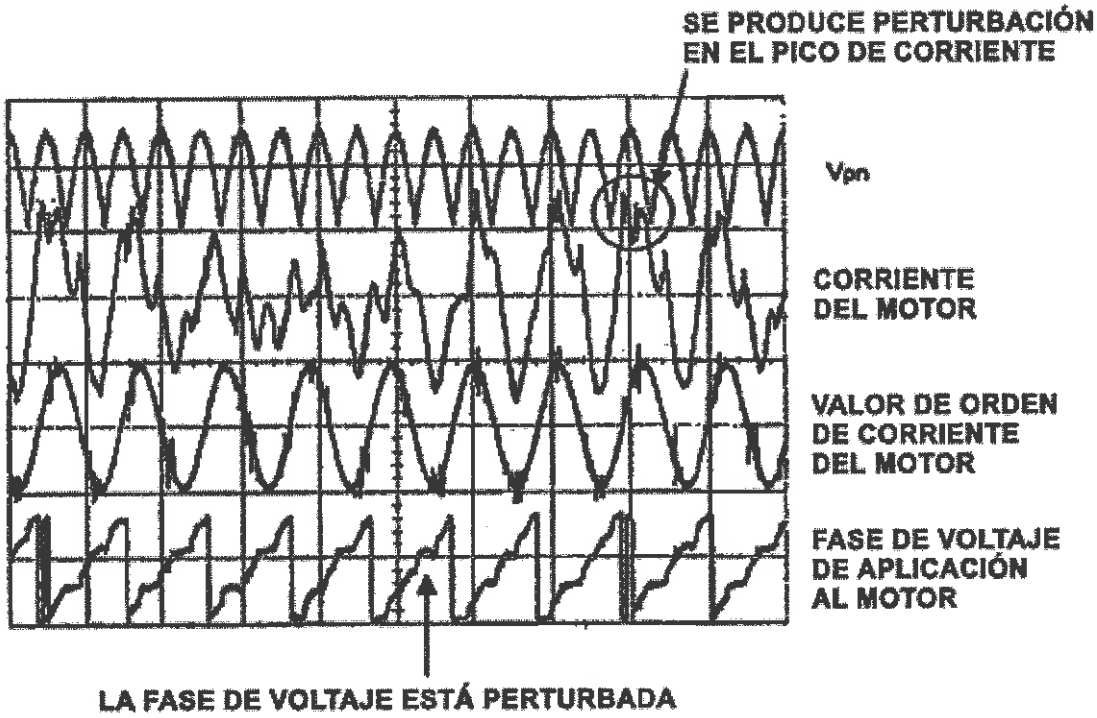

Vd
Vq
9
SECCIÓN DE CONVERSIÓN dq INVERSA (dq⁻¹)
10
Vu
Vv
Vw
SECCIÓN DE MODULACIÓN LÍNEA A LÍNEA
11
Vu'
Vv'
Vw'
Vpn
SECCIÓN DE CORRECCIÓN Vpn
12
Du
Dv
Dw

F I G. 2

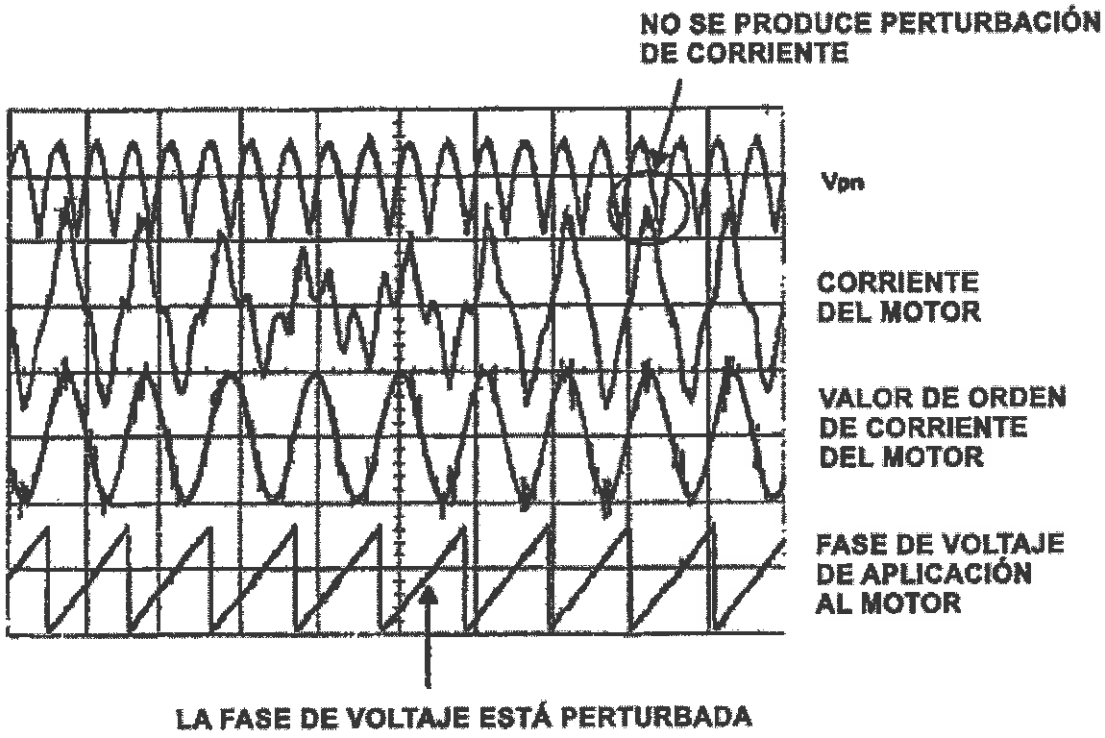
FIG. 3


INICIO DEL CÁLCULO EN LA SECCIÓN DE CORRECCIÓN Vpn
Vmax ← MAX (Vu', Vv', Vw')
31
32
Vmax<Vpn ?
No
Sí
33
CÁLCULO DE LA ECUACIÓN (3)
34
CÁLCULO DE LA ECUACIÓN (4)
FIN DEL CÁLCULO EN LA SECCIÓN DE CORRECCIÓN Vpn

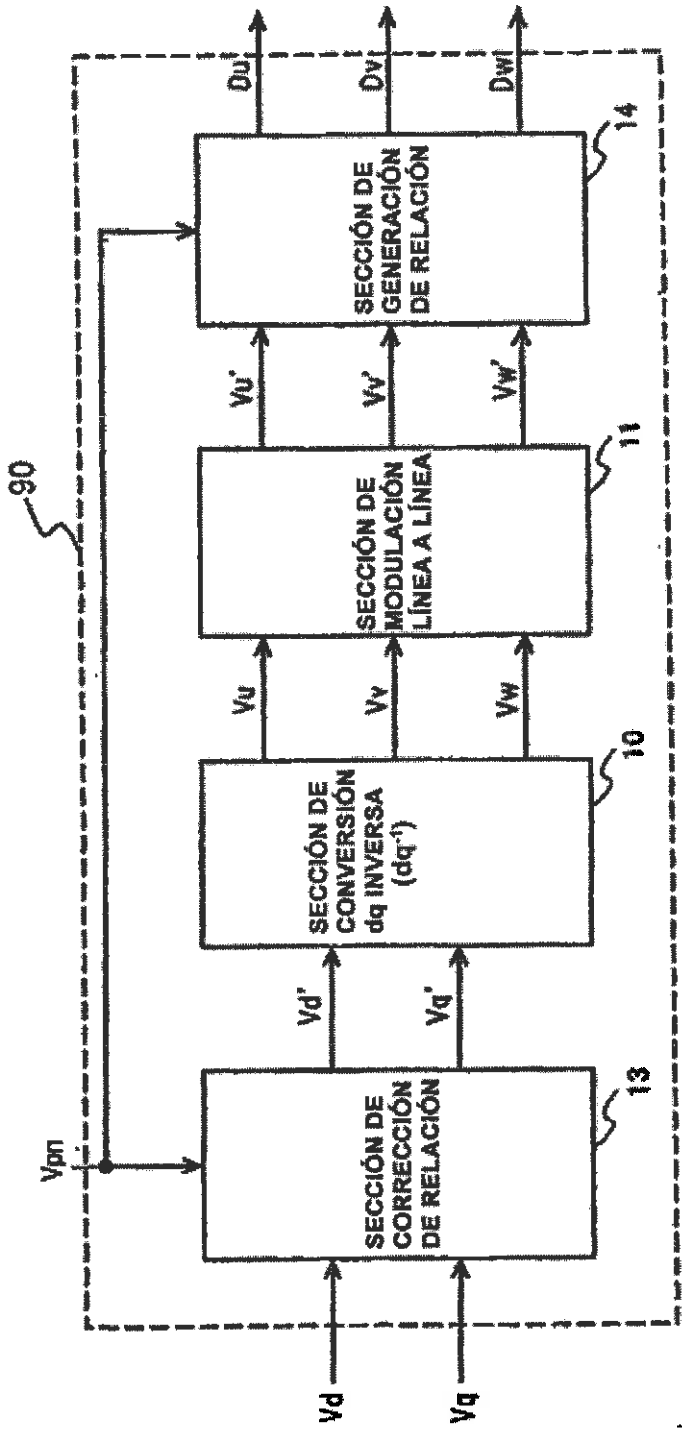
F I G. 4 A


SE PRODUCE PERTURBACIÓN
EN EL PICO DE CORRIENTE
Vpn
CORRIENTE
DEL MOTOR
VALOR DE ORDEN
DE CORRIENTE
DEL MOTOR
FASE DE VOLTAJE
DE APLICACIÓN
AL MOTOR
LA FASE DE VOLTAJE ESTÁ PERTURBADA

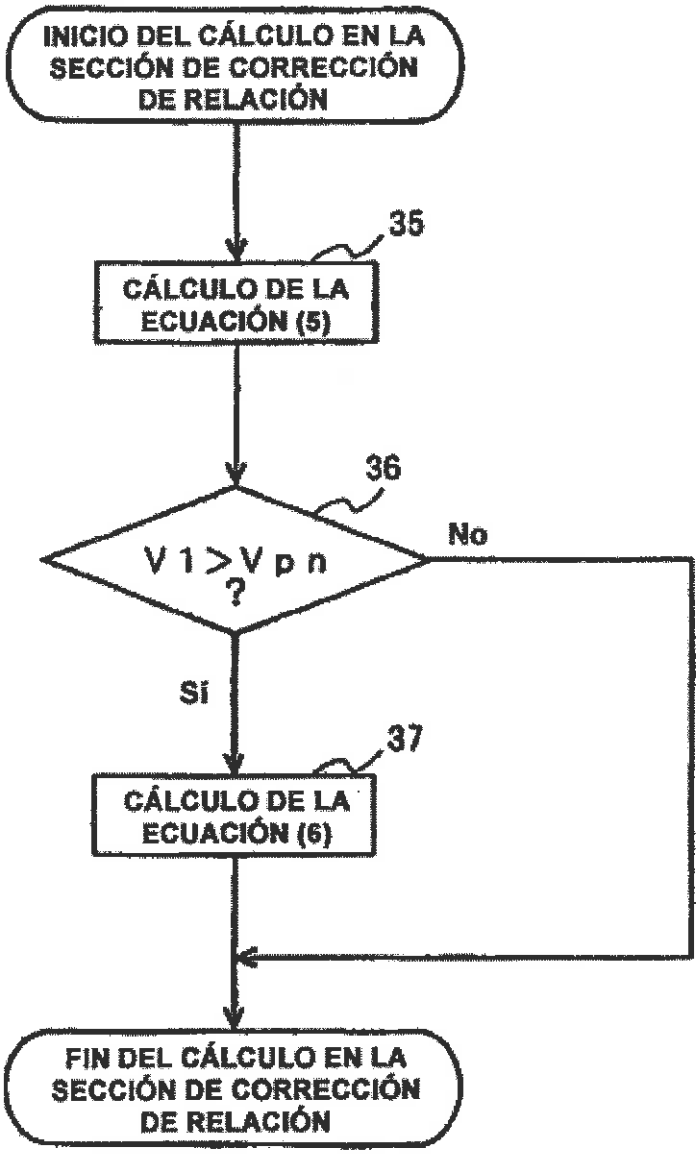
F I G. 4B


NO SE PRODUCE PERTURBACIÓN DE CORRIENTE
Vpn
CORRIENTE DEL MOTOR
VALOR DE ORDEN DE CORRIENTE DEL MOTOR
FASE DE VOLTAJE DE APLICACIÓN AL MOTOR
LA FASE DE VOLTAJE ESTÁ PERTURBADA

F I G. 5


90
Vpn
Vd
Vq
SECCIÓN DE CORRECCIÓN DE RELACIÓN
13
Vd'
Vq'
SECCIÓN DE CONVERSIÓN dq INVERSA (dq⁻¹)
10
Vu
Vv
Vw
SECCIÓN DE MODULACIÓN LÍNEA A LÍNEA
11
Vu'
Vv'
Vw'
SECCIÓN DE GENERACIÓN DE RELACIÓN
14
Du
Dv
Dw

F I G. 6


INICIO DEL CÁLCULO EN LA SECCIÓN DE CORRECCIÓN DE RELACIÓN
35
CÁLCULO DE LA ECUACIÓN (5)
36
V 1 > V p n ?
No
Sí
37
CÁLCULO DE LA ECUACIÓN (6)
FIN DEL CÁLCULO EN LA SECCIÓN DE CORRECCIÓN DE RELACIÓN

F I G. 7

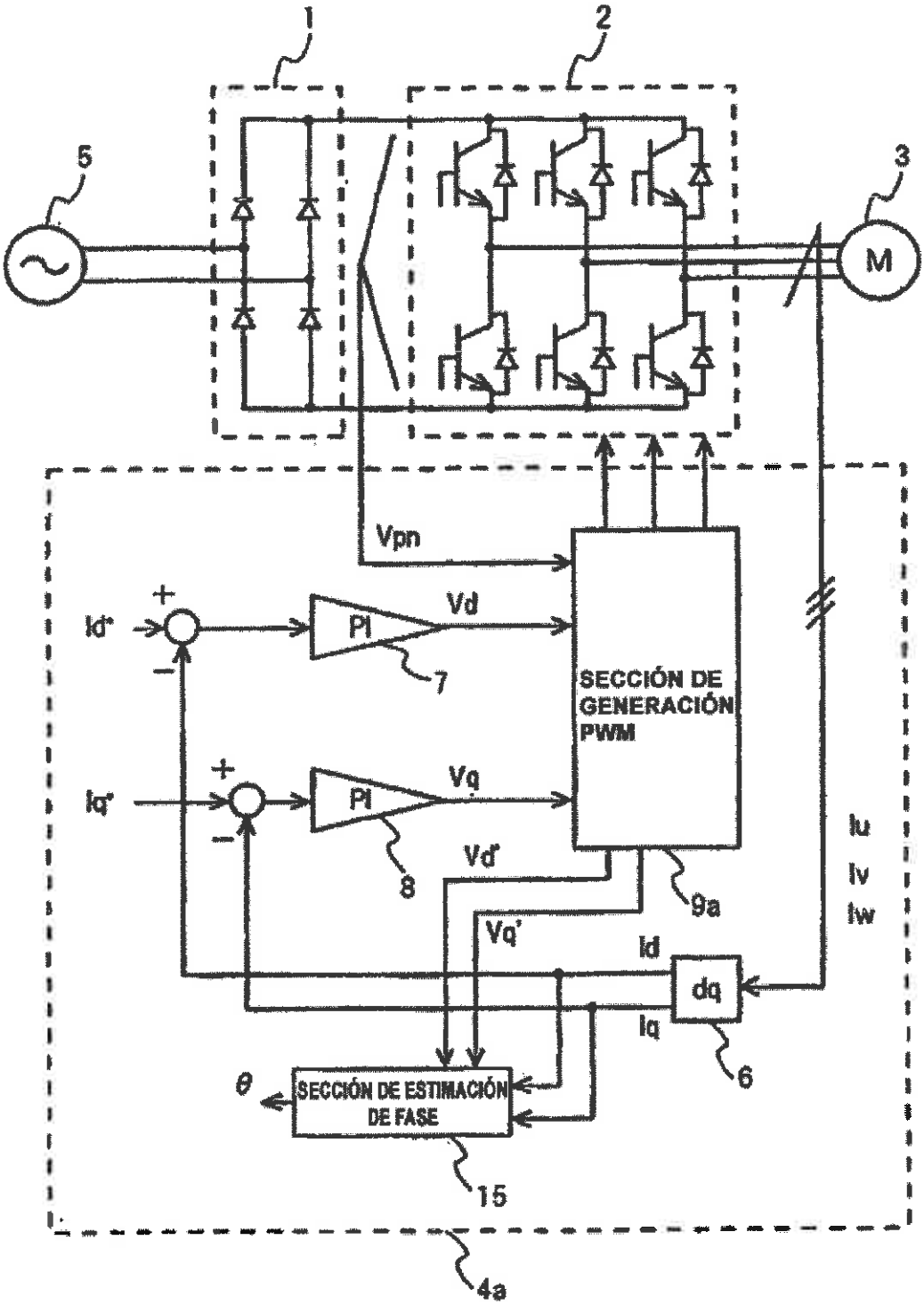
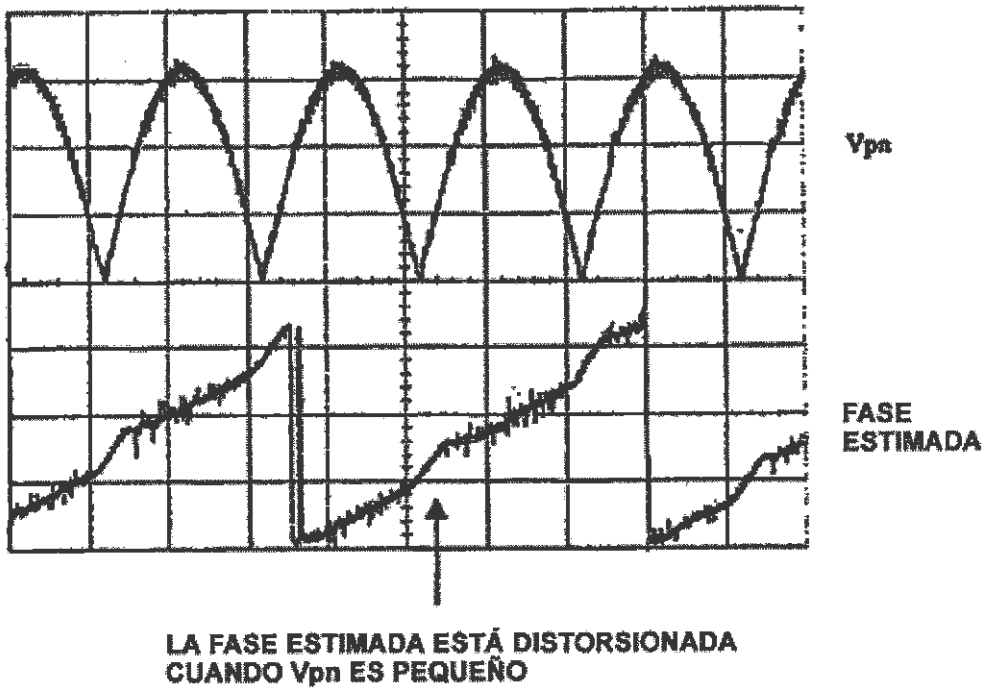
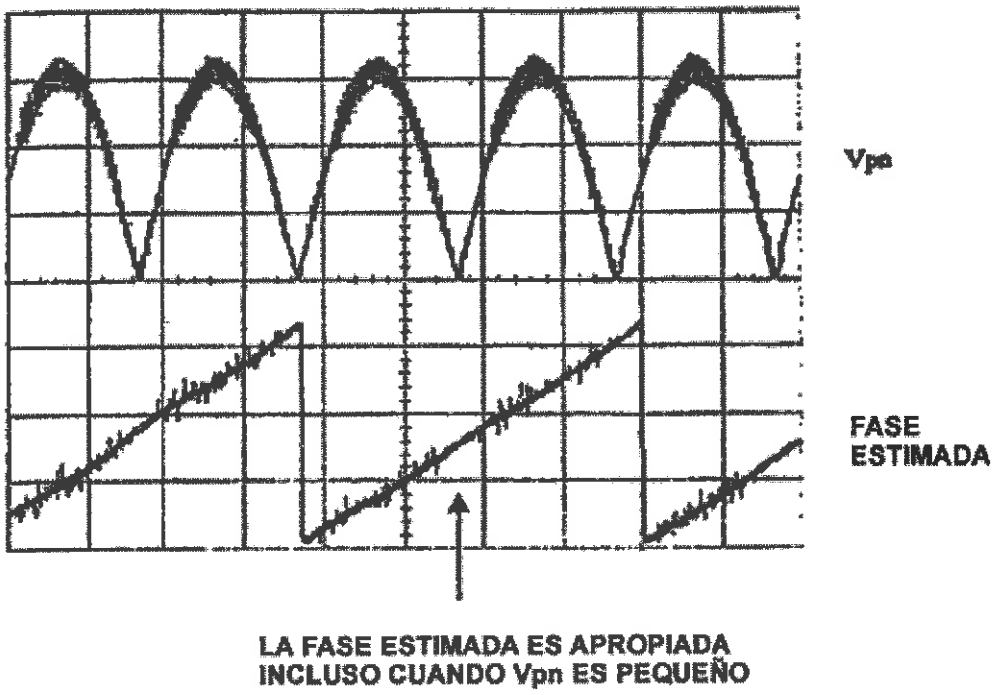

1
2
5
3
M
Vpn
Id*
+
−
PI
Vd
7
SECCIÓN DE GENERACIÓN PWM
Iq*
+
−
PI
Vq
8
Vd'
9a
Vq'
Iu
Iv
Iw
Id
dq
Iq
6
θ
SECCIÓN DE ESTIMACIÓN DE FASE
15
4a

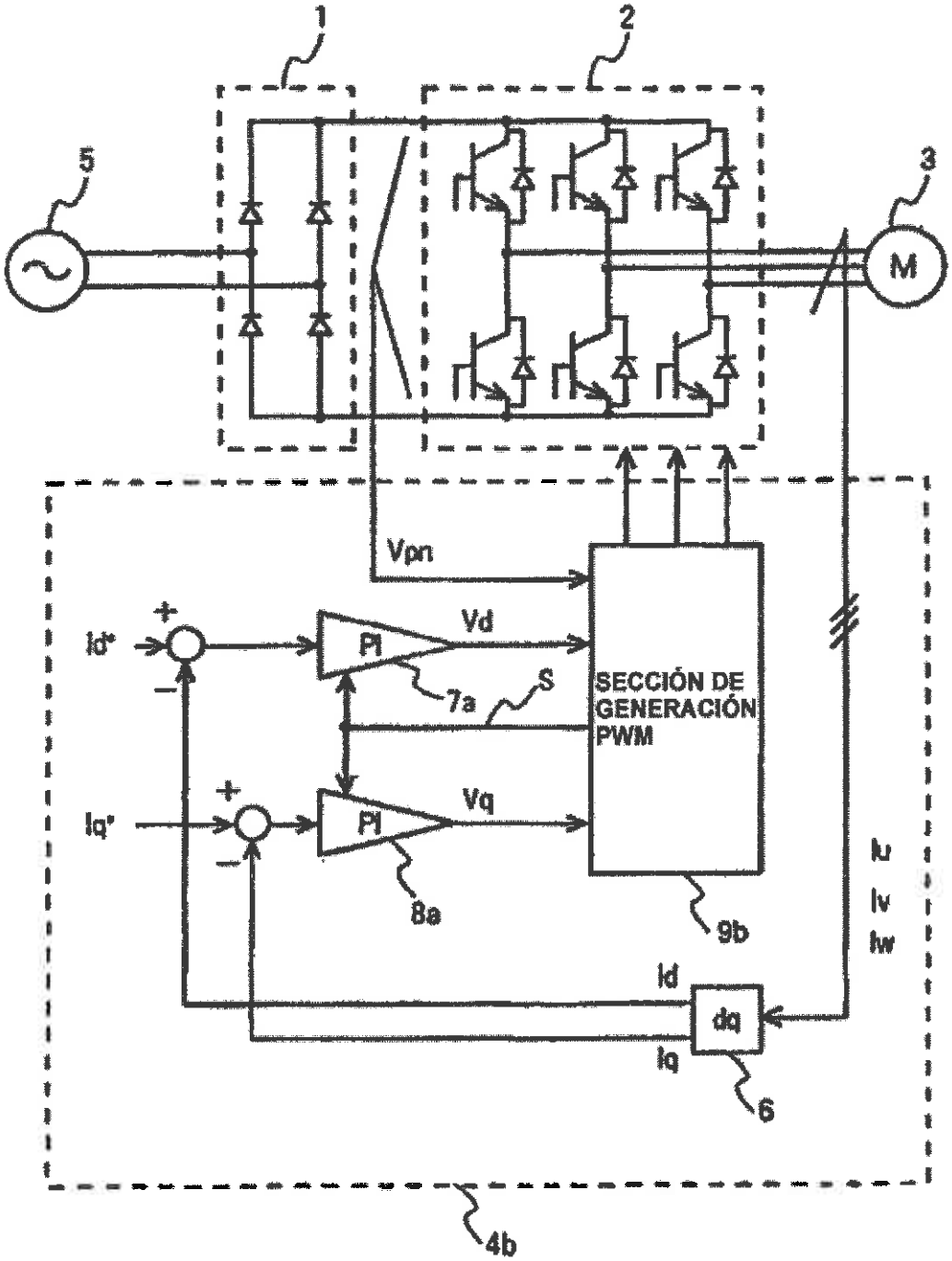
FIG. 8A


Vpn
FASE
ESTIMADA
LA FASE ESTIMADA ESTÁ DISTORSIONADA
CUANDO Vpn ES PEQUEÑO

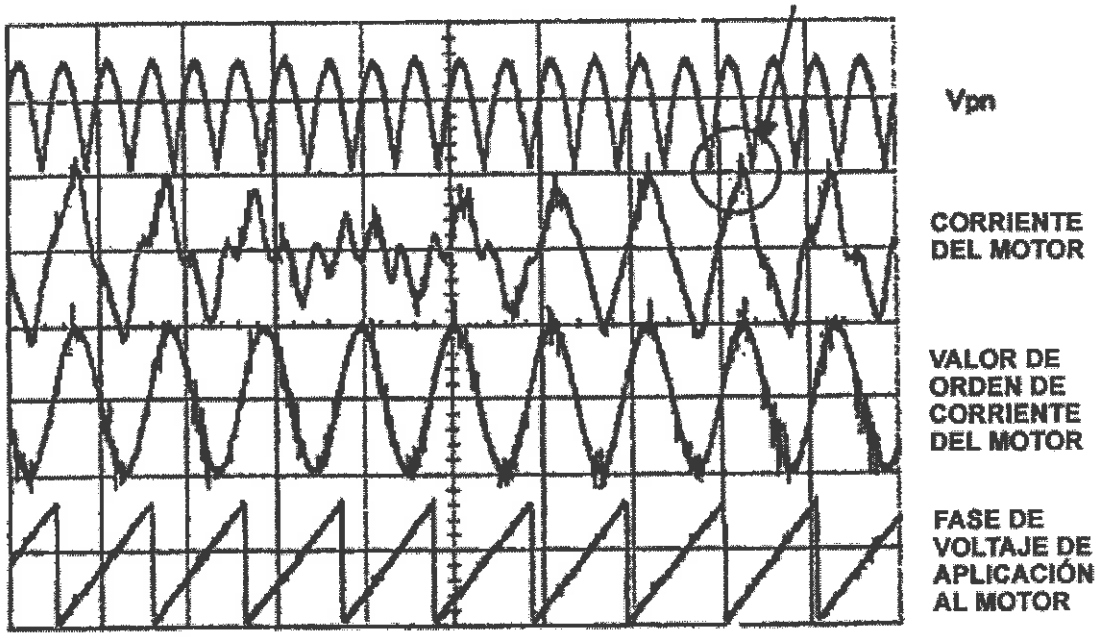
F I G. 8B


Vpn
FASE
ESTIMADA
LA FASE ESTIMADA ES APROPIADA
INCLUSO CUANDO Vpn ES PEQUEÑO

F I G. 9


1
2
5
3
M
Vpn
Id*
+
−
PI
Vd
7a
S
SECCIÓN DE GENERACIÓN PWM
Iq*
+
−
PI
Vq
8a
9b
Iu
Iv
Iw
Id
dq
Iq
6
4b

F I G. 10


Vpn
CORRIENTE DEL MOTOR
VALOR DE ORDEN DE CORRIENTE DEL MOTOR
FASE DE VOLTAJE DE APLICACIÓN AL MOTOR

F I G. 1 1

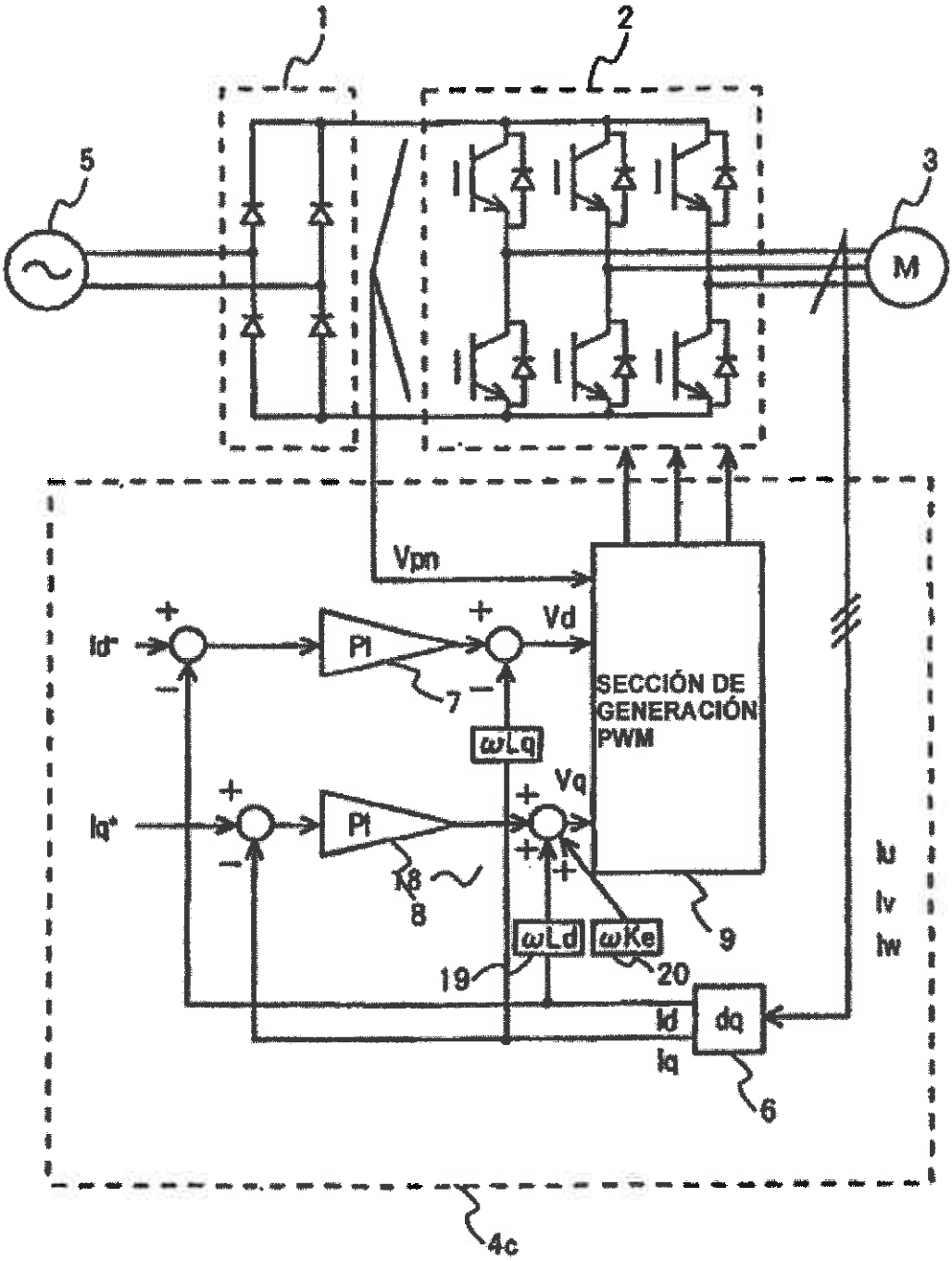
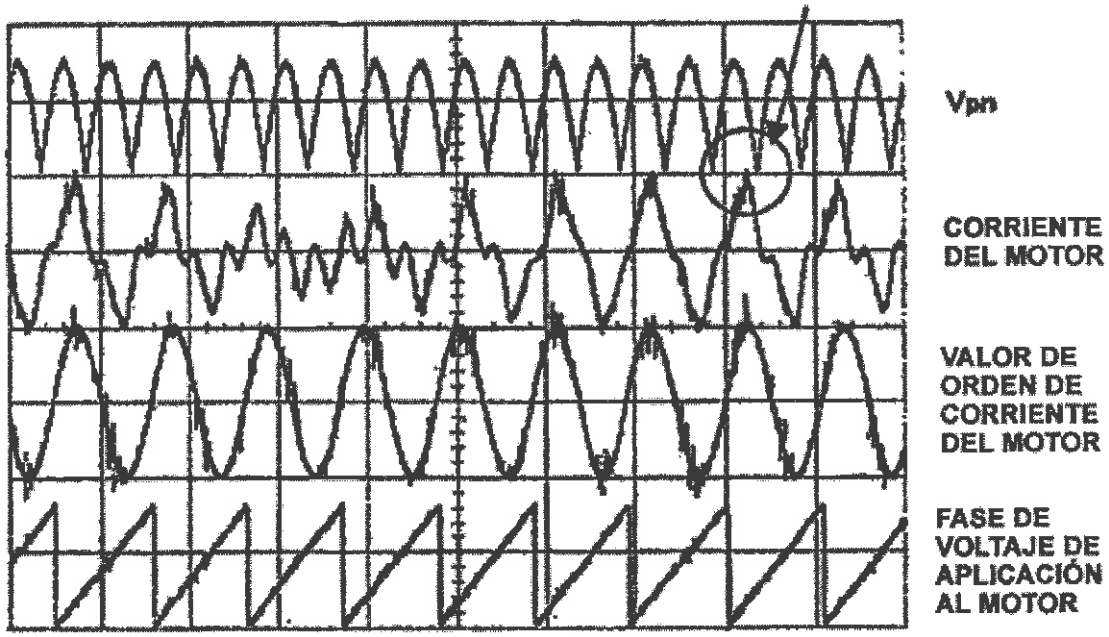
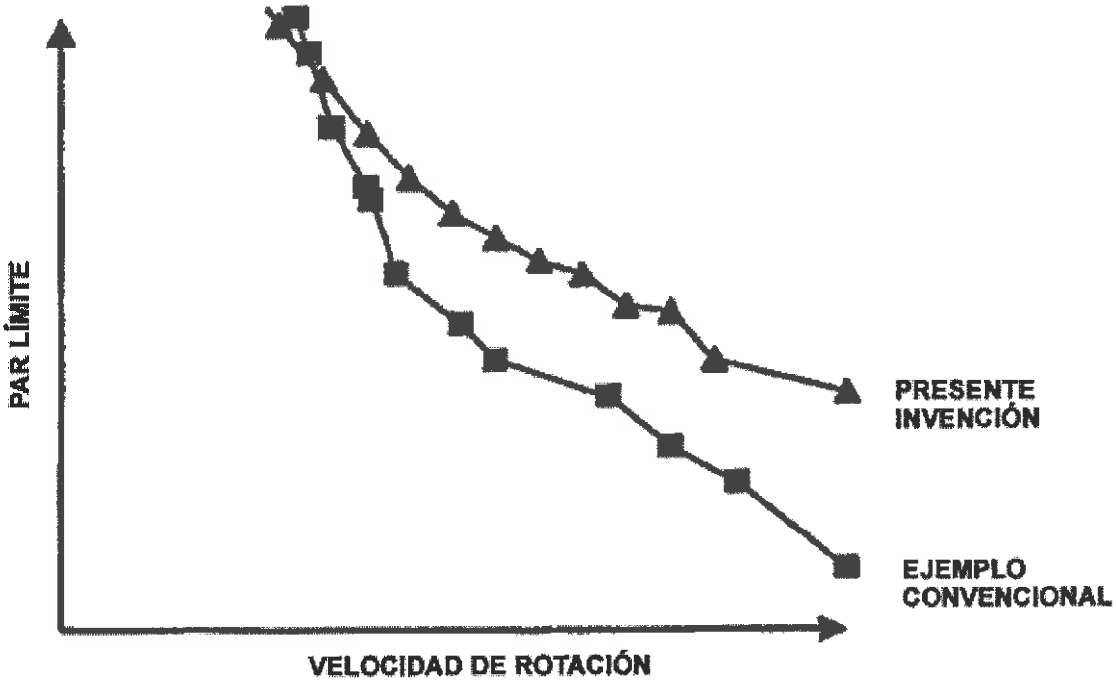
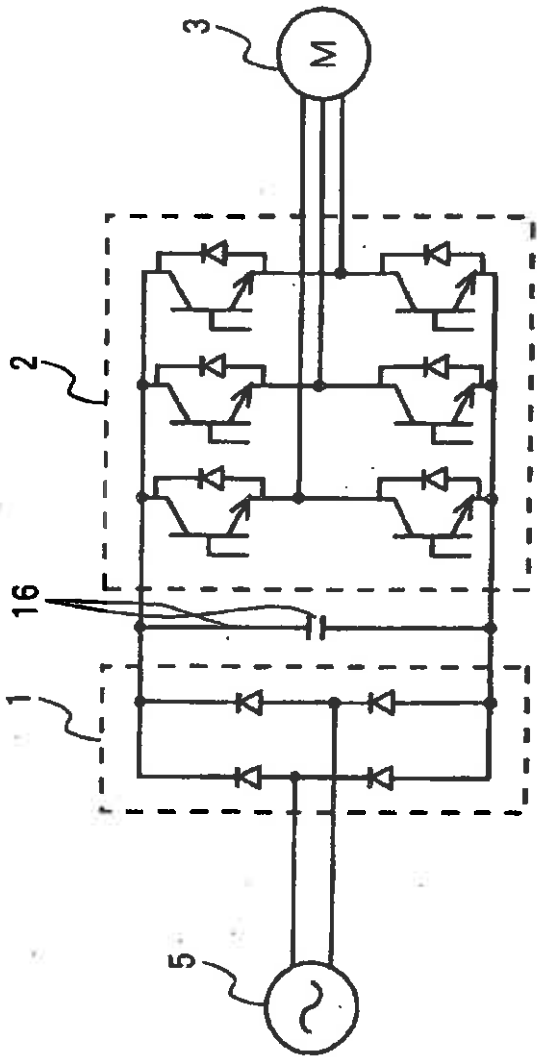

1
2
5
3
M
Vpn
Id*
PI
Vd
7
SECCIÓN DE GENERACIÓN PWM
ωLq
Iq*
PI
Vq
18
8
ωLd
ωKe
19
20
9
Iu
Iv
Iw
Id
Iq
dq
6
4c

FIG. 12

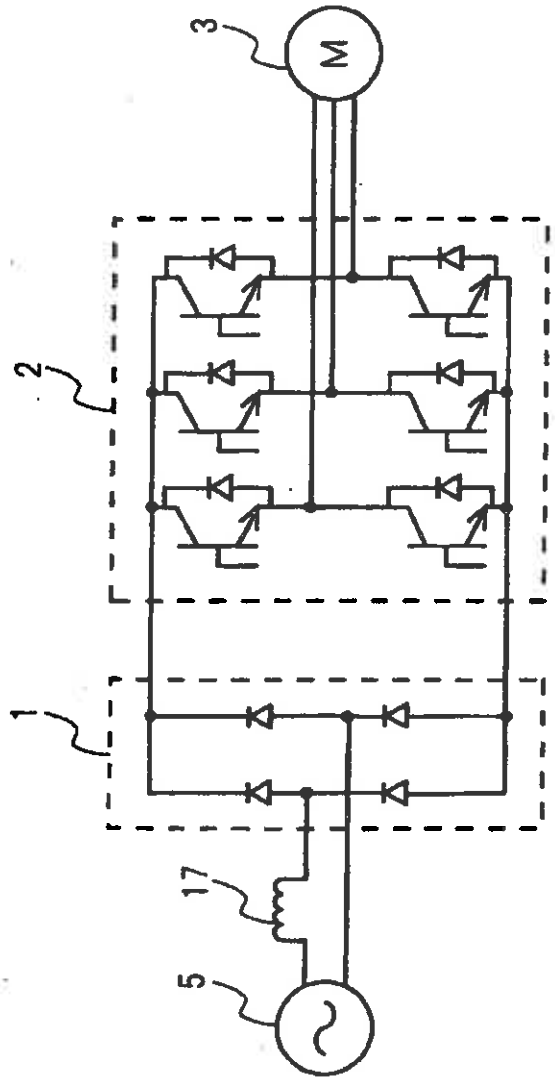

Vpn
CORRIENTE DEL MOTOR
VALOR DE ORDEN DE CORRIENTE DEL MOTOR
FASE DE VOLTAJE DE APLICACIÓN AL MOTOR

F I G. 1 3


PAR LÍMITE
PRESENTE INVENCIÓN
EJEMPLO CONVENCIONAL
VELOCIDAD DE ROTACIÓN



F I G. 1 4



F I G. 15

FIG. 16A

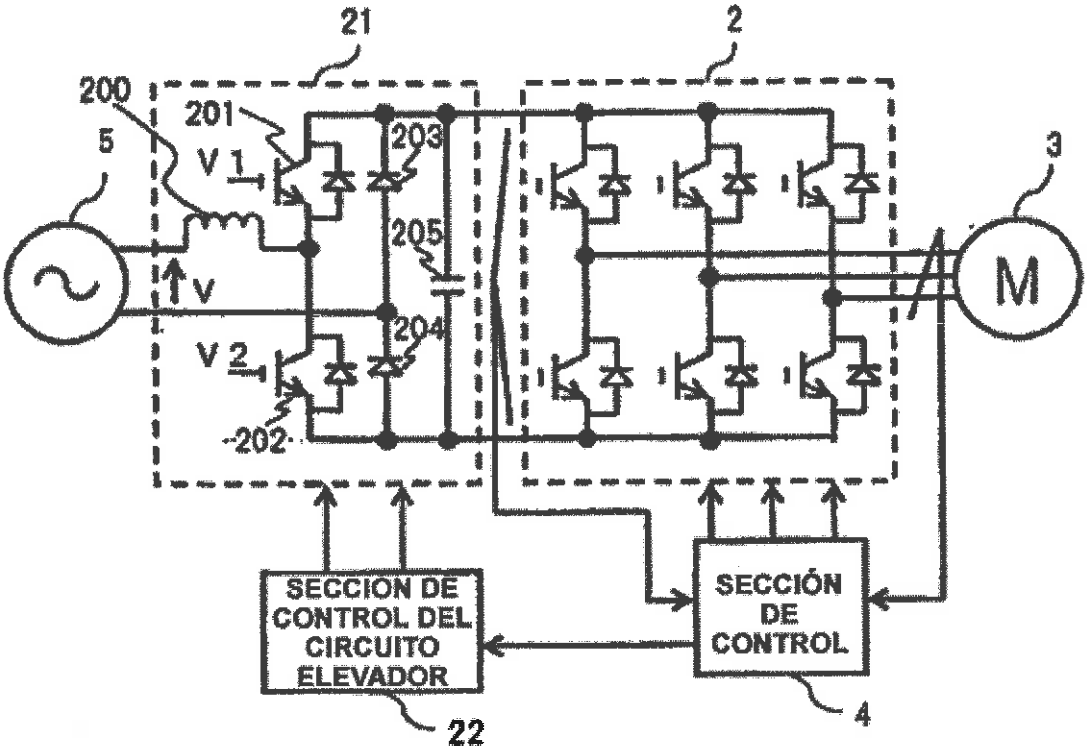
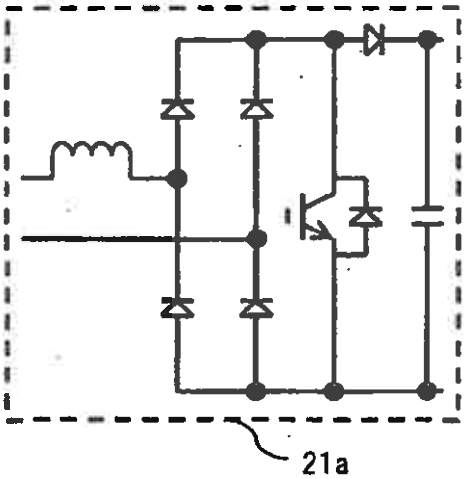
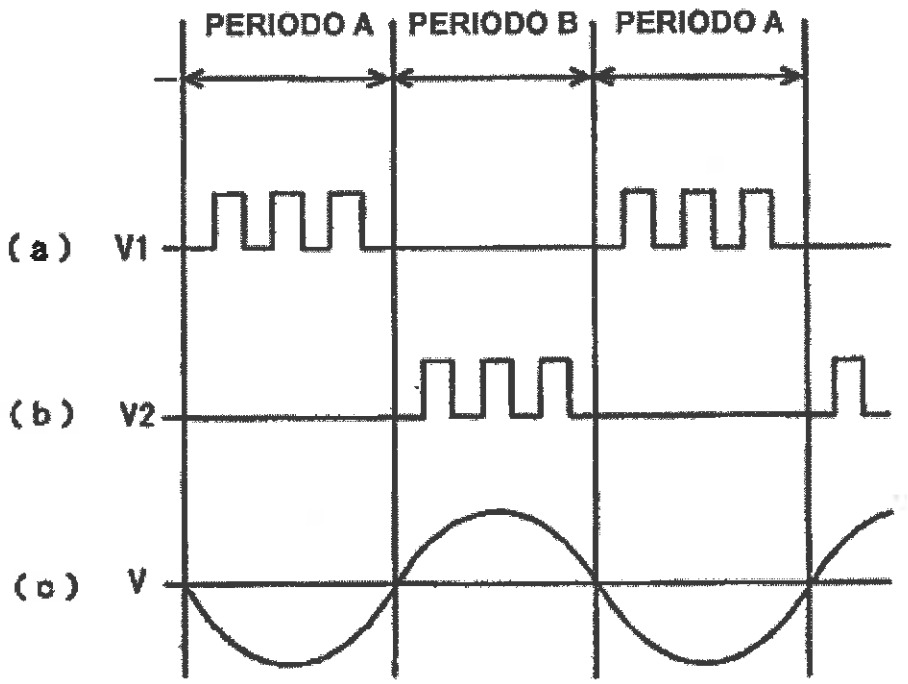

21
2
200
201
203
5
V1
205
3
M
V
204
V2
202
SECCION DE CONTROL DEL CIRCUITO ELEVADOR
SECCIÓN DE CONTROL
22
4

FIG. 16B



F I G. 1 7



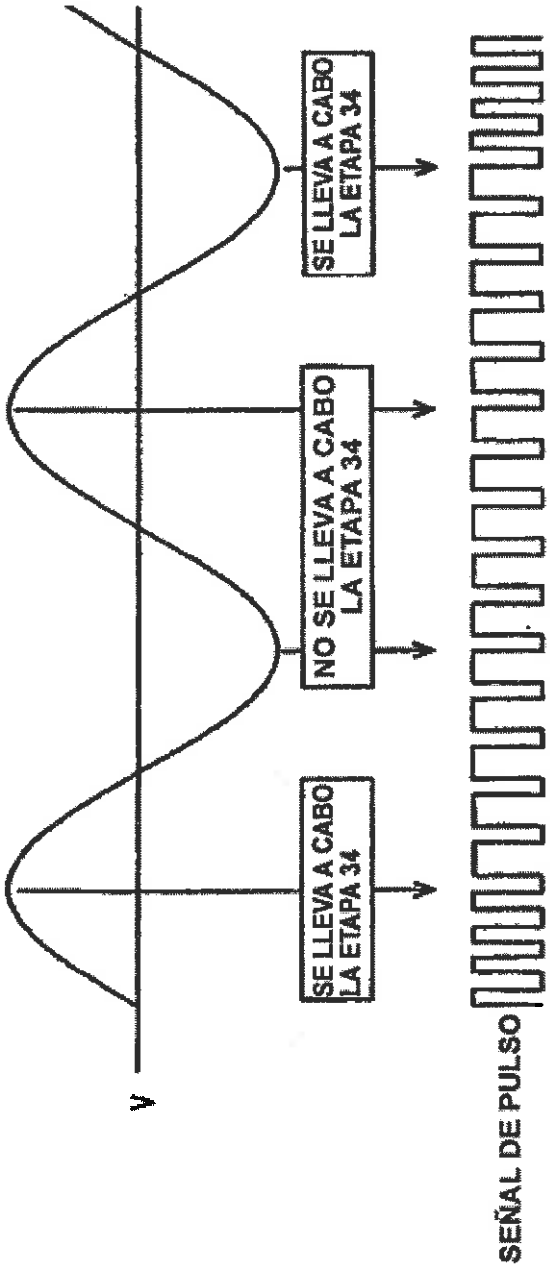
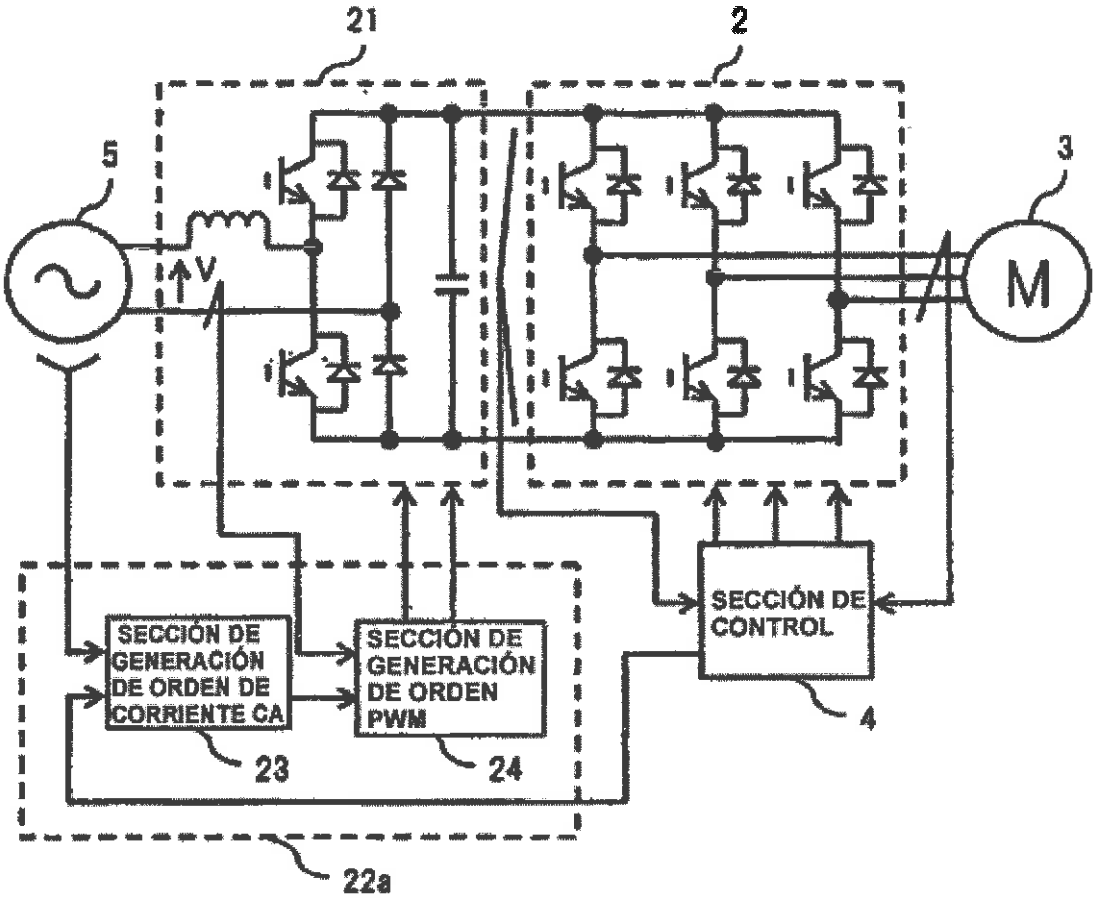

V
SE LLEVA A CABO LA ETAPA 34
NO SE LLEVA A CABO LA ETAPA 34
SE LLEVA A CABO LA ETAPA 34
SEÑAL DE PULSO

FIG. 18

F I G. 1 9


21
2
5
3
V
M
SECCIÓN DE GENERACIÓN DE ORDEN DE CORRIENTE CA
SECCIÓN DE GENERACIÓN DE ORDEN PWM
SECCIÓN DE CONTROL
23
24
4
22a

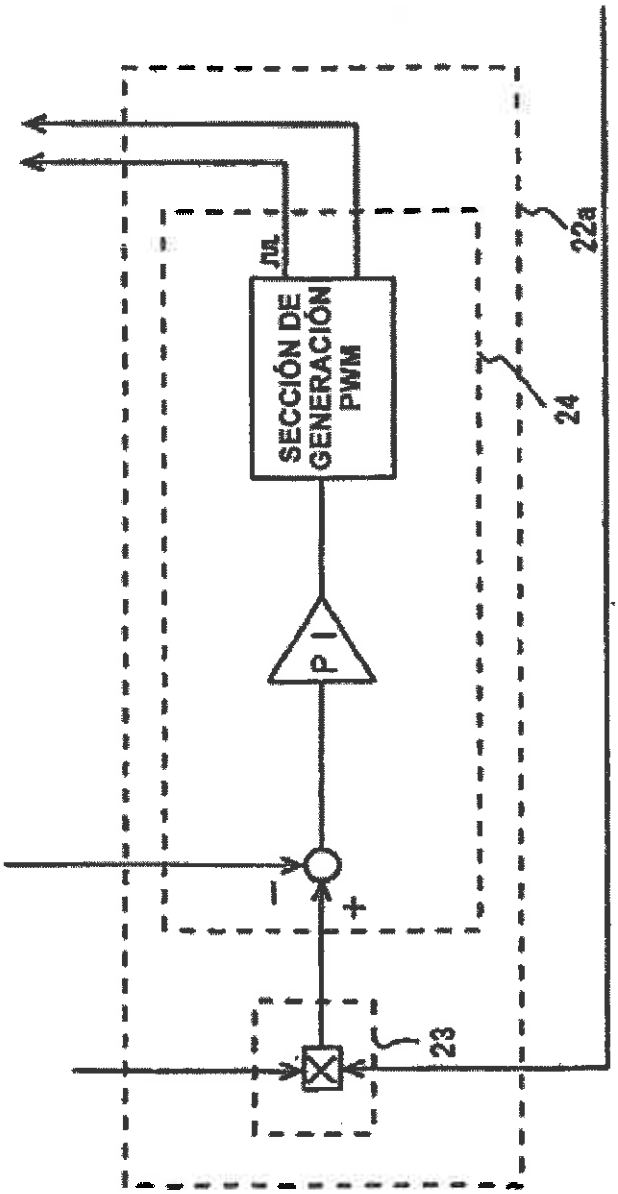


FIG. 20

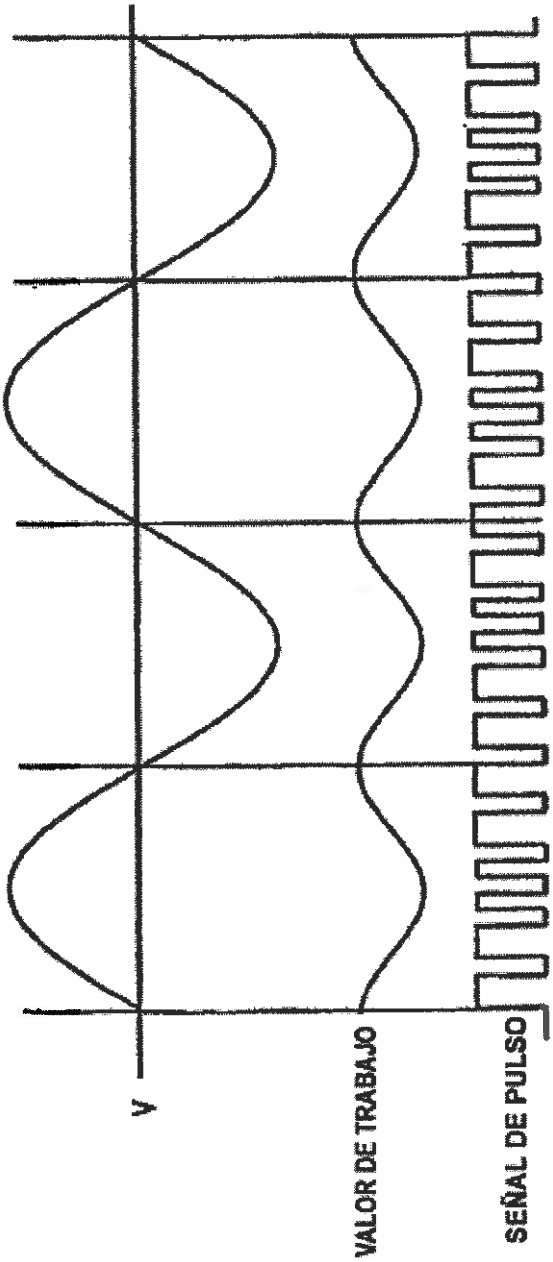


FIG. 21

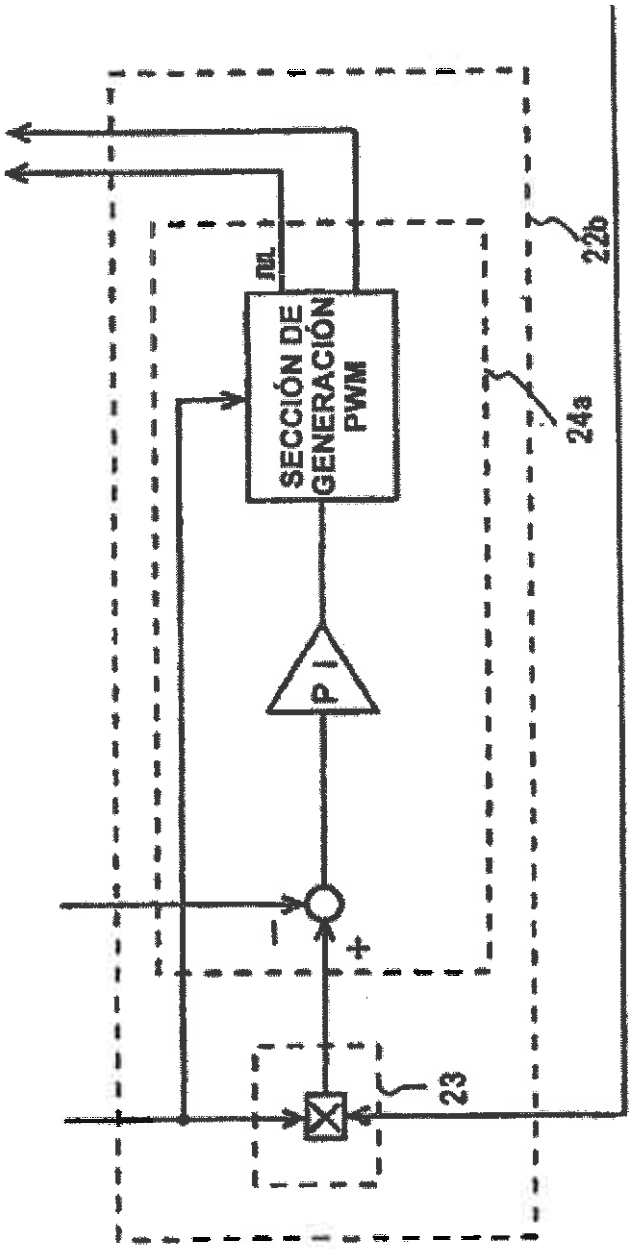
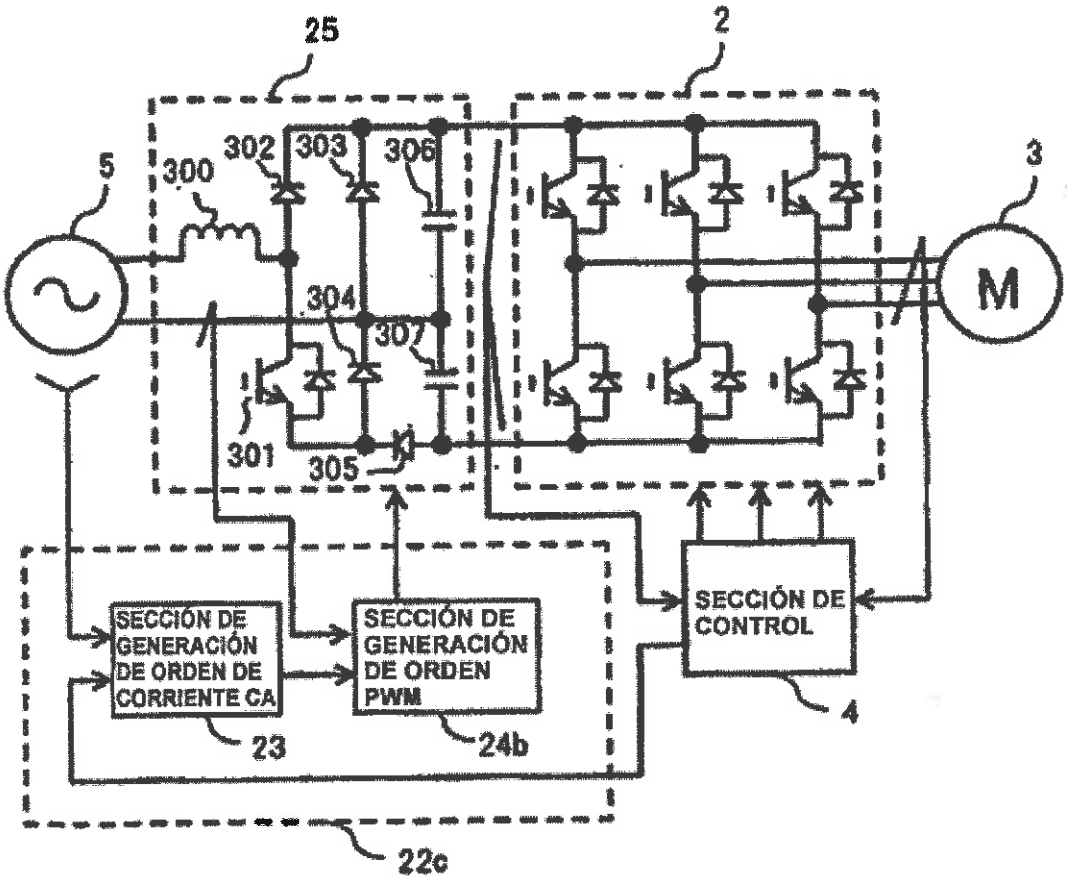
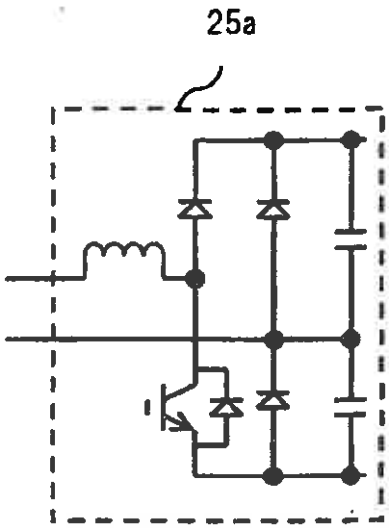


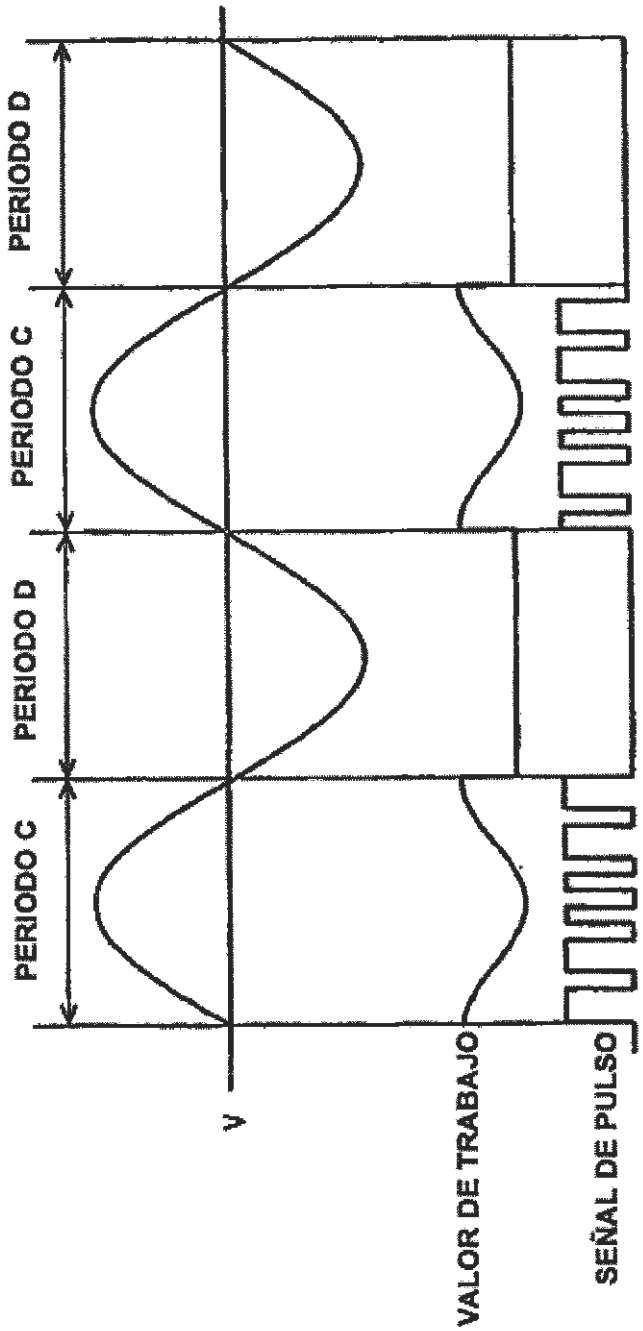
FIG. 22

F I G. 23A


25
2
5
300
302
303
306
3
M
304
307
301
305
SECCIÓN DE GENERACIÓN DE ORDEN DE CORRIENTE CA
SECCIÓN DE GENERACIÓN DE ORDEN PWM
SECCIÓN DE CONTROL
23
24b
4
22c

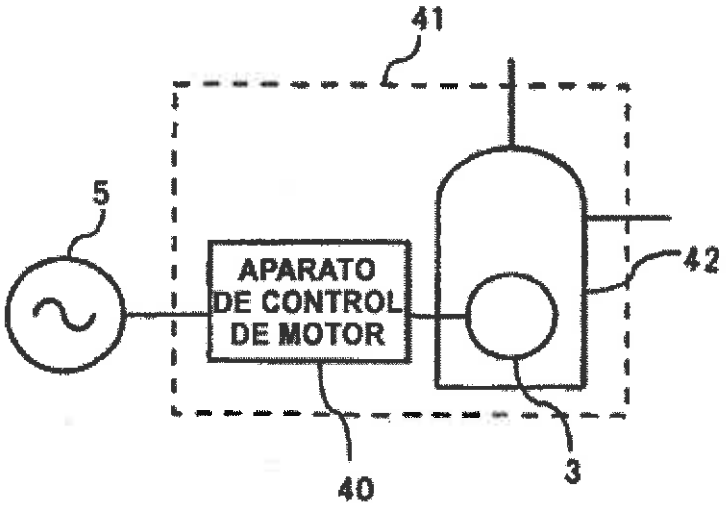
F I G. 23B



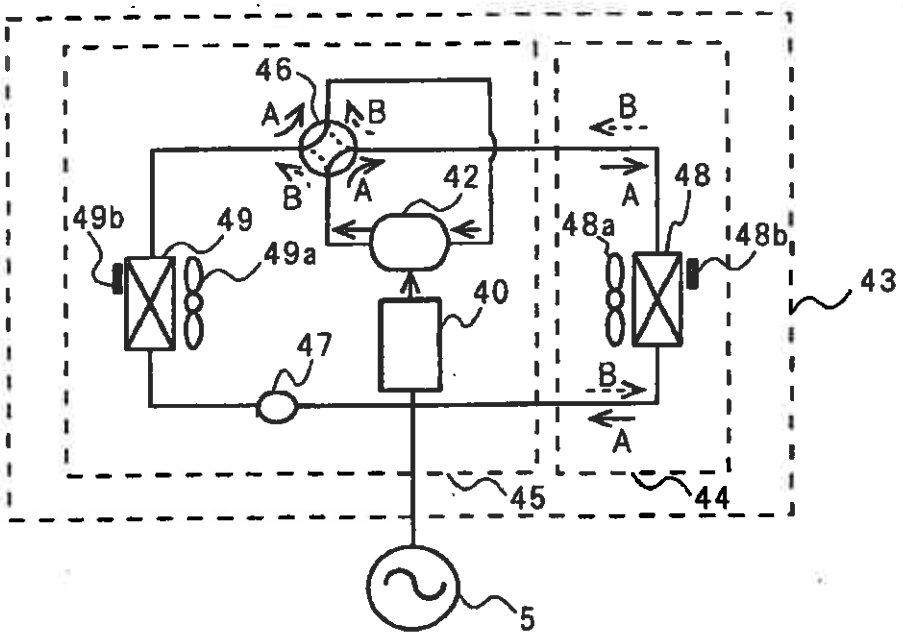

PERIODO C
PERIODO D
PERIODO C
PERIODO D
V
VALOR DE TRABAJO
SEÑAL DE PULSO

F I G. 2 4

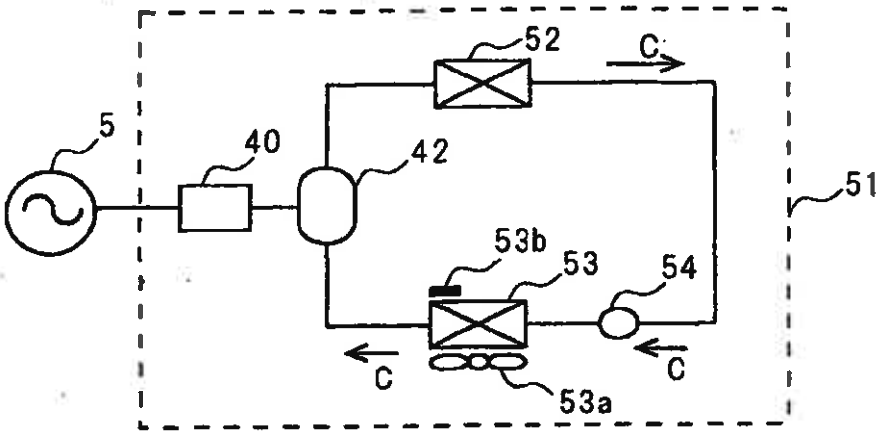
F I G. 25



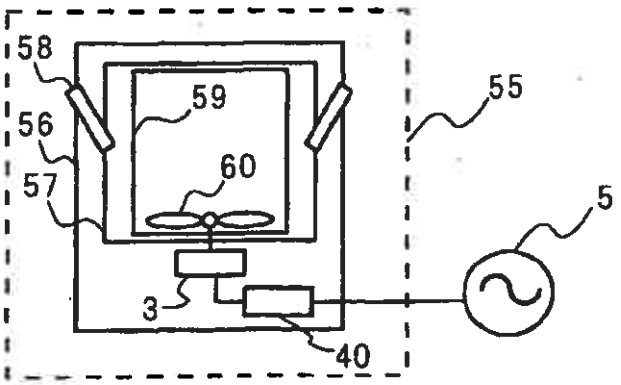
F I G. 2 6



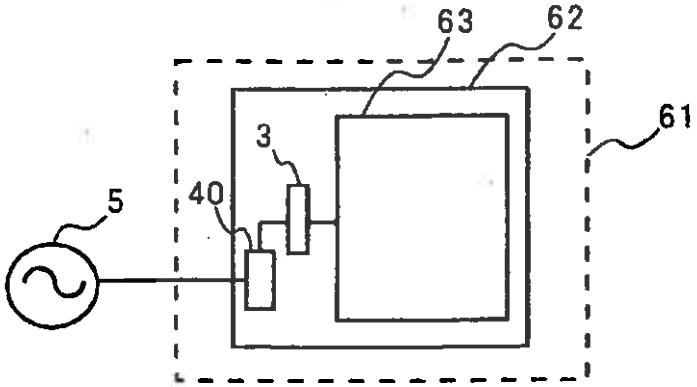
F I G. 27



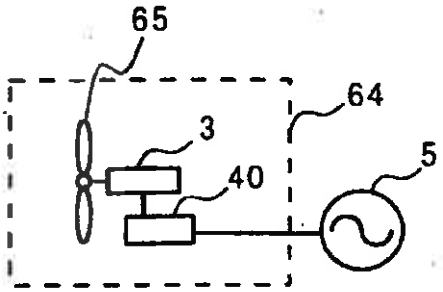
F I G. 28



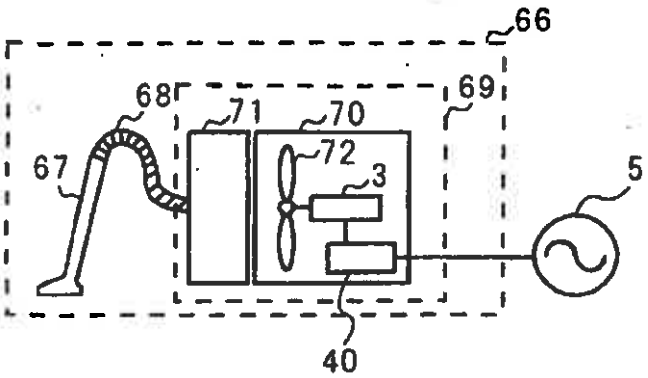
F I G. 29

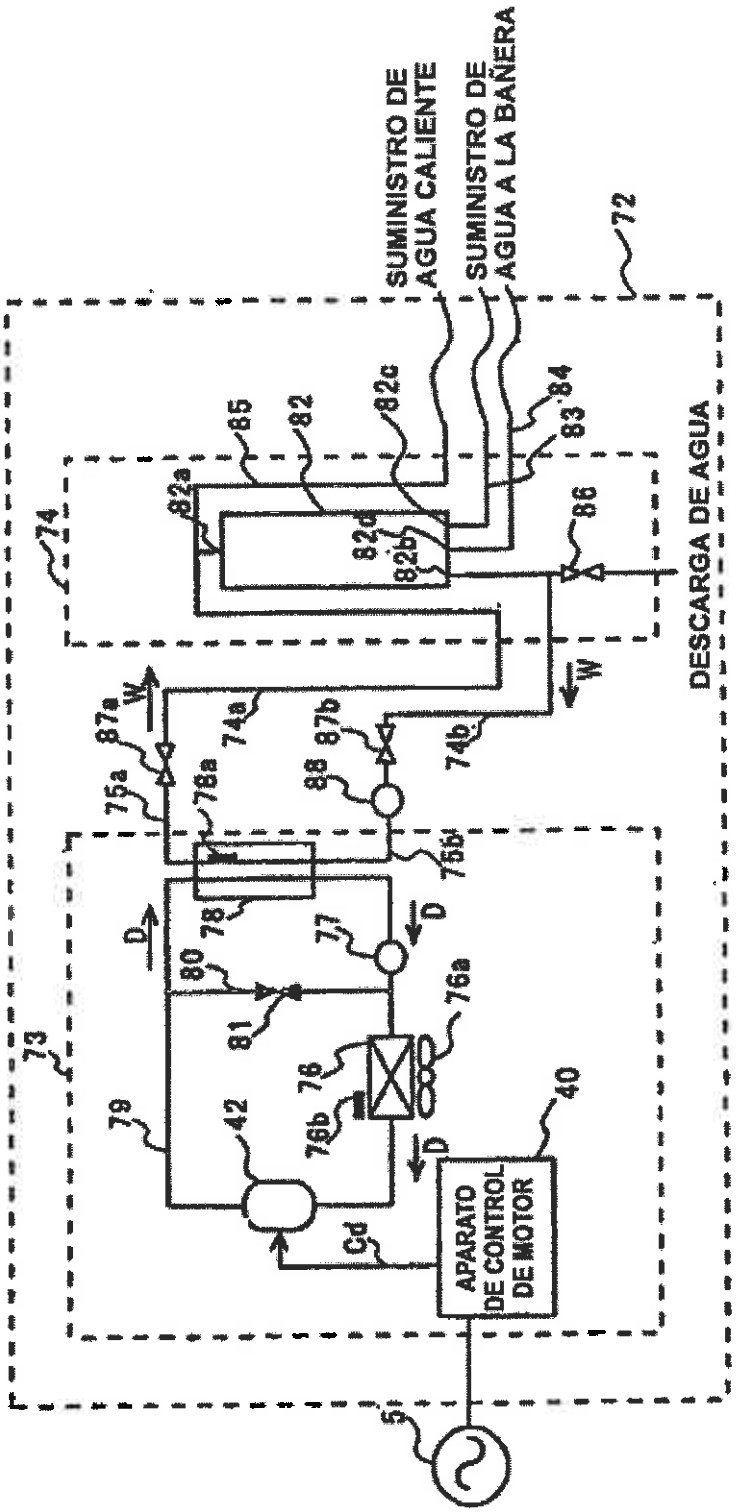


F I G. 30

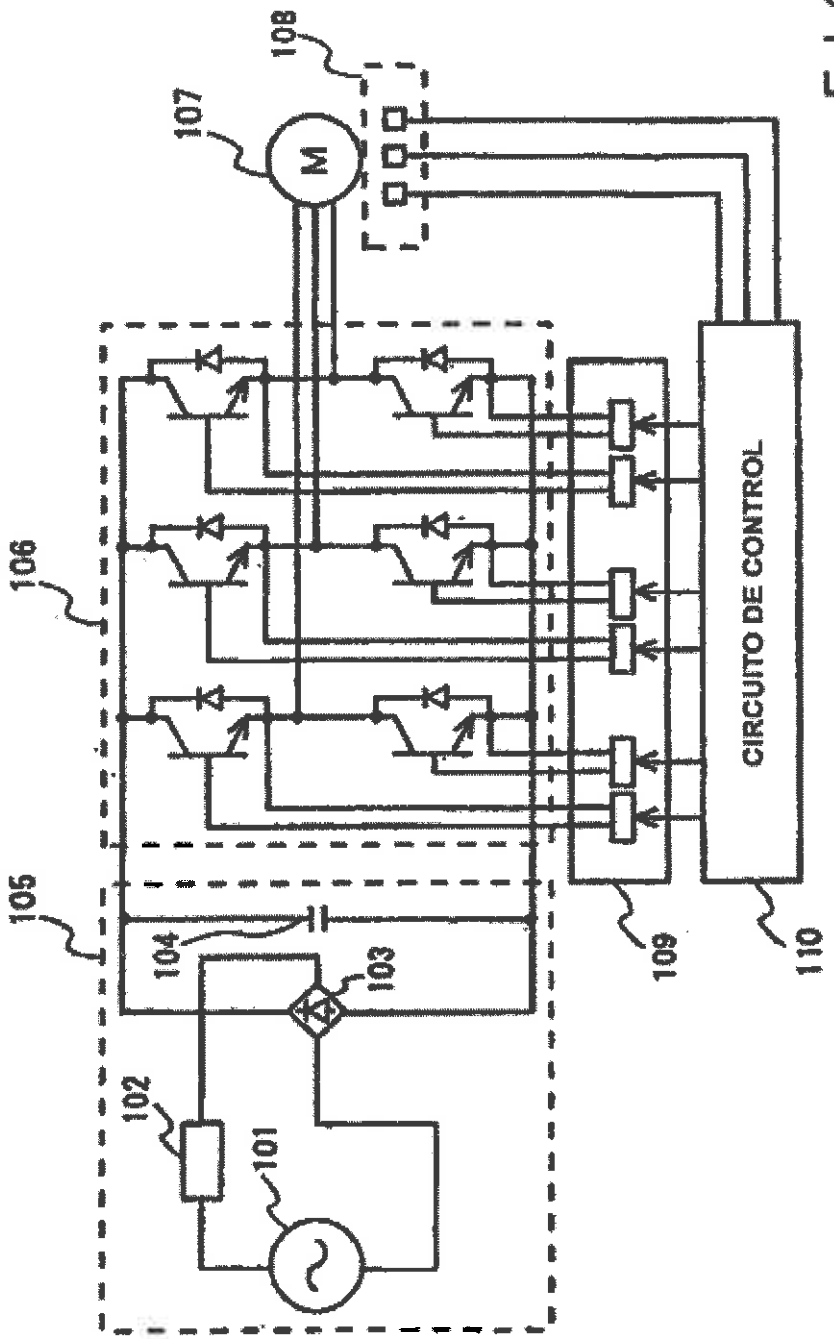


F I G. 31




SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE
SUMINISTRO DE AGUA A LA BAÑERA
DESCARGA DE AGUA
APARATO DE CONTROL DE MOTOR
72
73
74
75a
75b
76
76a
76b
77
78
78a
79
80
81
82
82a
82b
82c
82d
83
84
85
86
87a
87b
88
40
42
5
Cd
D
W

F I G. 3 2



F I G. 33

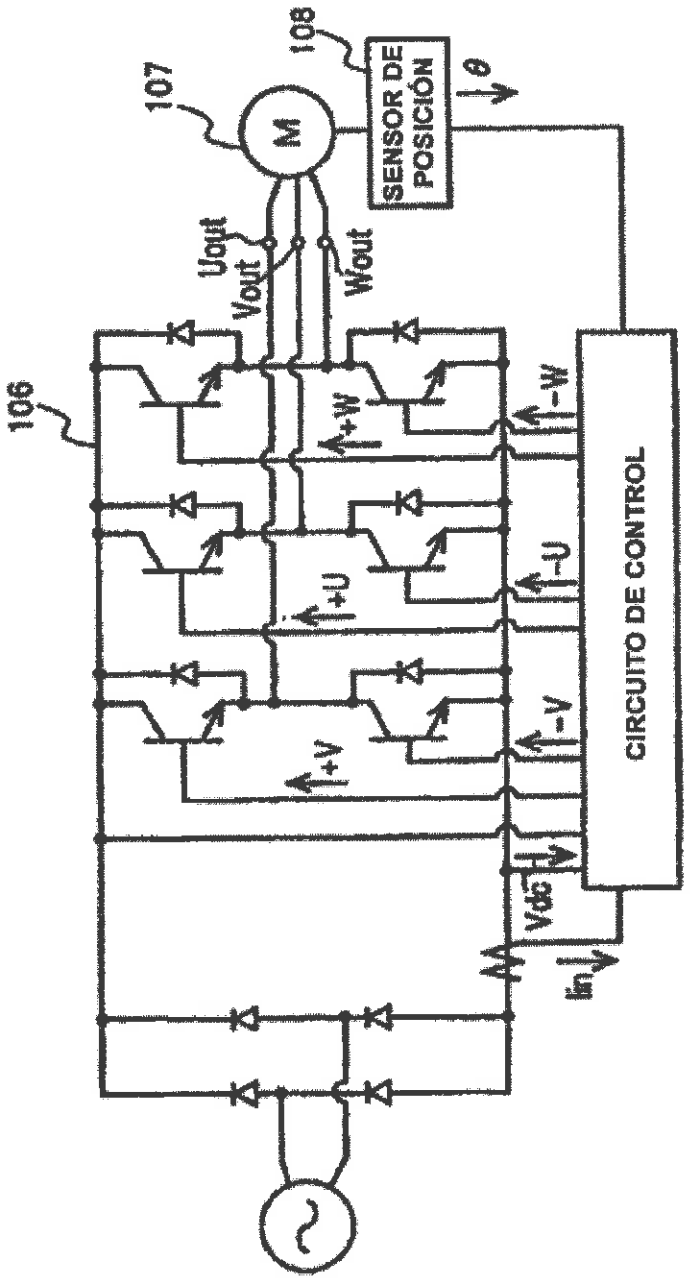

106
107
108
M
SENSOR DE POSICIÓN
θ
Uout
Vout
Wout
+W
+U
+V
-W
-U
-V
CIRCUITO DE CONTROL
Vdc
Iin

FIG. 34