

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 864**

51 Int. Cl.:

**H02M 7/12** (2006.01)  
**H02M 7/06** (2006.01)  
**H02M 1/32** (2007.01)  
**H02J 1/10** (2006.01)  
**H02M 1/00** (2006.01)  
**H02J 7/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.01.2011 PCT/JP2011/000507**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.08.2012 WO12104889**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2011 E 11857644 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 2672619**

54 Título: **Medios para evitar la circulación en sentido inverso, aparato de conversión de potencia, y aparato de aire acondicionado de congelación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.05.2020**

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

72 Inventor/es:  
**SHIMOMUGI, TAKUYA;**  
**ARISAWA, KOICHI;**  
**SHINOMOTO, YOSUKE y**  
**YAMAKAWA, TAKASHI**

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

ES 2 759 864 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

Medios para evitar la circulación en sentido inverso, aparato de conversión de potencia, y aparato de aire acondicionado de congelación

### Campo técnico

5 La presente invención se refiere, por ejemplo, a los medios para evitar la circulación en sentido inverso incluidos en, por ejemplo, los dispositivos para convertir potencia.

### Antecedentes de la técnica

Se han estudiado los campos de aplicación de diversas clases de dispositivos para convertir potencia de acuerdo con la aplicación práctica de, por ejemplo, los inversores de frecuencia variable y tensión variable.

10 Por ejemplo, en lo que respecta a los dispositivos para convertir potencia, la tecnología aplicada a los convertidores buck-boost se ha desarrollado activamente en los últimos años. Por otra parte, por ejemplo, también se han desarrollado activamente los semiconductores de banda de energías prohibidas ancha compuestos, por ejemplo, de carburo de silicio. Con respecto a dichos nuevos elementos, los elementos que tienen características de resistencia a la alta tensión pero que tienen una pequeña capacidad de transporte de corriente (es decir, un valor de corriente eléctrica eficaz admisible bajo) se utilizan en la práctica principalmente como rectificadores (véase, por ejemplo, la literatura de patentes 1).

15 El documento US 2002/0097029A describe un circuito de alimentación que incluye el circuito de supresión de la corriente de recuperación de diodos que puede incluir una bobina principal y un diodo principal acoplado al extremo de la bobina principal.

20 El documento JP H08 266057A describe un circuito resonante de bucle cerrado que consta de un condensador resonante Cr, una bobina resonante Lr, un dispositivo interruptor SW, un rectificador de onda completa DB y un filtro de paso bajo LPF que se fabrica en el lado primario de un transformador T y que hace uso de la corriente resonante que circula en este circuito resonante.

25 El documento JP 2007 252055A describe que un convertidor de potencia que comprende una fuente de alimentación de CC 1, varios elementos interruptores del circuito principal 4 conectados en puente para convertir potencia de CC en potencia de CA y conectados en paralelo en sentido inverso con un diodo de circulación 5, y unos medios 7 para aplicar una tensión inversa inferior a la tensión de la fuente de alimentación de CC 1 al diodo de circulación 5 cuando se interrumpe la corriente de circulación del diodo de circulación 5.

### Lista de citas

Literatura de patentes

Literatura de patentes 1: Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada N.º 2005-160284 (Fig. 1)

### Resumen de la invención

La presente invención proporciona un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la reivindicación 1.

30 Las formas de realización preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

### Problema técnico

35 Por otro lado, con respecto a la aplicación práctica de nuevos elementos altamente eficientes, existen muchos problemas para poner en práctica, por ejemplo, elementos con gran capacidad de corriente eléctrica en términos de, por ejemplo, altos costes y defectos cristalinos. Por lo tanto, se puede concebir que lleve tiempo que dichos elementos se hagan populares. Por lo tanto, en la actualidad, es difícil lograr una mayor eficiencia utilizando los nuevos elementos, por ejemplo, en aparatos que funcionen con potencia eléctrica que sea superior o igual a la potencia eléctrica a suministrar, por ejemplo, a los motores de los compresores de los aparatos de aire acondicionado. Por esta razón, por ejemplo, en un elemento para evitar la circulación en sentido inverso para detener la circulación de la corriente eléctrica que circula en sentido inverso desde una carga hacia una fuente de alimentación, es difícil reducir una pérdida causada por una recuperación de corriente eléctrica que se produce cuando la corriente eléctrica circula en sentido inverso.

40 En vista de los problemas descritos anteriormente, un objetivo de la presente invención es proporcionar, por ejemplo, medios para evitar la circulación en sentido inverso y un dispositivo de conversión de potencia que reduzca la corriente eléctrica de recuperación que se produce durante el evento de circulación en sentido inverso de la corriente eléctrica con el fin de asegurar una alta eficiencia, una alta fiabilidad, etc.

### Solución al problema

45 La presente invención es según se define en la reivindicación independiente 1.

Implementaciones adicionales se describen en las reivindicaciones dependientes, la descripción y las figuras. De acuerdo con la presente invención, evitar la circulación en sentido inverso quiere decir que se incluye un elemento que evita que se establezca circulación en sentido inverso entre una fuente de alimentación y una carga y que evita que la corriente eléctrica circule en sentido inverso desde la carga hacia la fuente de alimentación, y que se incluyen medios de conmutación para realizar una operación de conmutación para hacer que la corriente eléctrica circule hacia una trayectoria diferente que se conecta en paralelo con el elemento para evitar la circulación en sentido inverso.

**Efectos ventajosos de la invención**

De acuerdo con la presente invención, se proporcionan los medios de conmutación que pueden realizar la operación de conmutación de forma que la corriente eléctrica se pueda conmutar a la trayectoria diferente que circula a través del elemento para evitar la circulación en sentido inverso. Por lo tanto, por ejemplo, si la corriente eléctrica circula en sentido inverso desde el lado de la carga durante el funcionamiento del dispositivo de conversión de potencia, una corriente eléctrica de recuperación generada en el elemento para evitar la circulación en sentido inverso se puede reducir, de modo que se pueda reducir una pérdida de conducción y una pérdida provocada por dicha corriente eléctrica, por ejemplo, independientemente de la capacidad de transporte de corriente del elemento para evitar la circulación en sentido inverso. Puesto que una pérdida se puede reducir mediante la operación de conmutación de los medios de conmutación, se puede lograr una mayor eficiencia en todo el sistema.

Al reducir la corriente eléctrica de recuperación que circula desde el lado de la carga hacia la fuente de alimentación, se puede reducir el nivel de la tensión de ruido en los terminales provocado por la generación de corriente eléctrica. Esto es efectivo para hacer frente a la CEM (compatibilidad electromagnética). En particular, se puede reducir de tamaño un filtro de ruido, y se puede lograr una reducción de costes.

Adicionalmente, se elimina la posibilidad de que se produzca, por ejemplo, un cortocircuito en el brazo en un elemento interruptor utilizado en el sistema, permitiendo de este modo un diseño altamente fiable.

Además, puesto que la conmutación se puede realizar mediante la simple operación de conmutación de los medios de conmutación, se puede generar una señal para activar los medios de conmutación mediante un método relativamente sencillo. Por lo tanto, por ejemplo, se puede utilizar un controlador relativamente barato, tal como un microordenador, suprimiendo de este modo un aumento en el coste.

**Breve descripción de los dibujos**

La Fig. 1 ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 1 de la presente invención.

La Fig. 2 ilustra un ejemplo de configuración de los medios de cortocircuito 4 de acuerdo con la Forma de realización 1.

La Fig. 3 ilustra un ejemplo de configuración de los medios de conmutación 7 de acuerdo con la Forma de realización 1.

La Fig. 4 ilustra un ejemplo de configuración de los medios de control 102 de acuerdo con la Forma de realización 1.

La Fig. 5 ilustra ejemplos de trayectorias de la corriente eléctrica de acuerdo con la Forma de realización 1.

La Fig. 6 ilustra ejemplos de formas de onda de funcionamiento de acuerdo con la Forma de realización 1.

La Fig. 7 ilustra un ejemplo de formas de onda de funcionamiento realizadas el control de conmutación no se realiza de acuerdo con la Forma de realización 1.

La Fig. 8 ilustra un ejemplo de formas de onda de funcionamiento cuando el control de conmutación se realiza de acuerdo con la Forma de realización 1.

La Fig. 9 ilustra ejemplos de formas de onda de funcionamiento realizadas por una unidad de generación de señales de activación de acuerdo con la Forma de realización 1.

La Fig. 10 muestra una señal de activación para los medios de conmutación 7 en función de la fase de una fuente de alimentación de acuerdo con la Forma de realización 1.

La Fig. 11 ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 2 de la presente invención.

La Fig. 12 ilustra un ejemplo de configuración de medios de conmutación de acuerdo con la Forma de realización 2.

La Fig. 13 ilustra ejemplos de trayectorias de la corriente eléctrica de acuerdo con la Forma de realización 2.

La Fig. 14 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 2.

La Fig. 15 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 2.

La Fig. 16 ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 3 de la presente invención.

5 La Fig. 17 ilustra ejemplos de trayectorias de la corriente eléctrica de acuerdo con la Forma de realización 3.

La Fig. 18 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 3.

La Fig. 19 ilustra otros ejemplos de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 3.

10 La Fig. 20 ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 4 de la presente invención.

La Fig. 21 ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 5 de la presente invención.

15 La Fig. 22 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 5.

La Fig. 23 ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 6 de la presente invención.

La Fig. 24 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 6.

20 La Fig. 25 ilustra otros ejemplos de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 6.

La Fig. 26 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 6.

25 La Fig. 27 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 6.

La Fig. 28 ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 7 de la presente invención.

La Fig. 29 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 7.

30 La Fig. 30 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 7.

La Fig. 31 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 7.

35 La Fig. 32 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 7.

La Fig. 33 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 7.

La Fig. 34 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 7.

40 La Fig. 35 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 7.

La Fig. 36 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 7.

45 La Fig. 37 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 7.

La Fig. 38 es un diagrama de configuración de un aparato de aire acondicionado y refrigeración de acuerdo con la Forma de realización 8 de la presente invención.

### Descripción de las Formas de realización

Por ejemplo, a continuación, se describirán los dispositivos de conversión de potencia que tienen medios para evitar la circulación en sentido inverso de acuerdo con las Formas de realización de la presente invención con referencia a los dibujos, etc.

#### Forma de realización 1

5 La Fig. 1 ilustra un ejemplo de una configuración centrada en un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 1 de la presente invención. En primer lugar, se describirá una configuración del sistema que tiene el dispositivo de conversión de potencia de la Fig. 1 que puede realizar la conversión de potencia con alta eficiencia.

10 En el sistema de la Fig. 1, el dispositivo de conversión de potencia se proporciona entre una fuente de alimentación de corriente alterna 1 y una carga 6. El dispositivo de conversión de potencia convierte la potencia de corriente alterna de la fuente de alimentación de corriente alterna 1 en potencia de corriente continua y suministra la potencia de corriente continua a la carga 6. El dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 1 tiene, por ejemplo, una bobina 2, un circuito rectificador 3, medios de cortocircuito (es decir, medios de cambio) 4, medios de alisado 5, y medios de conmutación 7.

15 La bobina 2 se facilita para la supresión de armónicos. El circuito rectificador (es decir, los medios de rectificación) 3 está compuesto de elementos rectificadores conectados en puente 3a a 3d, tales como diodos, y rectifica la potencia eléctrica de la fuente de alimentación de corriente alterna 1. El elemento rectificador 3a que se conecta en paralelo al menos con los medios de conmutación 7 también funciona como medios para evitar la circulación en sentido inverso que evitan la circulación en sentido inverso de la corriente eléctrica (es decir, una corriente eléctrica que circule en la dirección inversa desde los medios de alisado 5). Los medios de alisado 5 están constituidos, por ejemplo, de un condensador. Los medios de alisado 5 se configuran para alisar la tensión involucrada en la rectificación de los elementos rectificadores 3a a 3d y para aplicar tensión de corriente continua (es decir, tensión de salida) a la carga 6 con el fin de suministrar potencia eléctrica a la misma.

25 La Fig. 2 ilustra un ejemplo de configuración de los medios de cortocircuito 4. Por ejemplo, en la Fig. 2(a), un circuito rectificador de cortocircuito 41 que tiene elementos rectificadores conectados en puente 41a a 41d y un interruptor de cortocircuito 42 constituye los medios de cortocircuito 4. Los medios de cortocircuito 4 cortocircuitan la fuente de alimentación de corriente alterna 1 (es decir, entre dos terminales conectados a la fuente de alimentación de corriente alterna 1) por medio de la bobina 2. En el caso de que se deba cortocircuitar la fuente de alimentación de corriente alterna 1 como en la Forma de realización 1, la dirección en la que una corriente eléctrica circula a través de los medios de cortocircuito 4 en el momento del cortocircuito varía dependiendo de la fase. La Fig. 2 muestra una configuración general en la que se utiliza como interruptor de cortocircuito 42 un elemento individual que no permite que la corriente eléctrica circule de forma bidireccional a través del mismo, tal como un IGBT. Alternativamente, según se muestra en la Fig. 2(b), los medios de cortocircuito 4 pueden estar constituidos, por ejemplo, por un interruptor bidireccional formado utilizando varios IGBT (transistores bipolares de puerta aislada), MOS-FET (transistores de efecto de campo), etc. En ese caso, se puede lograr un efecto similar.

35 La Fig. 3 ilustra un ejemplo de configuración de los medios de conmutación 7. Los medios de conmutación 7 se configuran para conmutar una corriente eléctrica que circula hacia el elemento rectificador 3a (es decir, una corriente eléctrica que circula en sentido directo) a una trayectoria diferente (es decir, una trayectoria que no esté intervenida por el elemento rectificador 3a) en un momento requerido. En la Fig. 3, por ejemplo, un transformador 71, un elemento rectificador de conmutación 72, tal como un diodo que se conecta en serie con un devanado secundario del transformador 71, y un circuito de activación del transformador 73 que activa el transformador 71, constituyen los medios de conmutación 7. El circuito de activación del transformador 73 incluye, por ejemplo, una fuente de alimentación de conmutación 75 para suministrar potencia eléctrica al transformador 71, y un interruptor de conmutación 74 que se abre y se cierra en función de una señal de activación de una unidad de generación de señales de activación 103 con el fin de controlar el suministro de potencia eléctrica y la interrupción del suministro de potencia eléctrica al transformador 71 (es decir, a un devanado primario).

40 Aunque las características del elemento rectificador de conmutación 72 se describirán más adelante, el elemento rectificador de conmutación 72 es, por ejemplo, un elemento semiconductor que tiene excelentes características eléctricas (es decir, características de recuperación en particular), pequeña capacidad de transporte de corriente y un tiempo de recuperación inversa rápido. Dado que el elemento rectificador de conmutación 72 se dispone en una trayectoria a través del cual se suministra la potencia eléctrica procedente de la fuente de corriente alterna 1 hacia la carga 6, el elemento rectificador de conmutación 72 es deseablemente un elemento resistente a la alta tensión.

45 Aunque la Fig. 3 muestra un ejemplo en el que el devanado secundario del transformador 71 y un lado del ánodo del elemento rectificador de conmutación 72 se conectan entre sí, la conexión no se limita a lo anterior siempre que la dirección en la que la corriente eléctrica circule a través del elemento rectificador de conmutación 72 sea la misma. Por ejemplo, se pueden conectar entre sí un lado del cátodo del elemento rectificador de conmutación 72 y el devanado secundario del transformador 71. Adicionalmente, aunque el circuito de activación del transformador 73 está constituido por el interruptor de conmutación 74 y la fuente de alimentación de conmutación 75, el circuito de activación del transformador 73 se puede formar alternativamente insertando, por ejemplo, una resistencia de limitación, un

condensador de alta frecuencia, un circuito de amortiguamiento o un circuito de protección en un circuito eléctrico constituido por la fuente de alimentación de conmutación 75, el interruptor de conmutación 74 y el devanado primario del transformador 71, cuando sea necesario, con vistas a la reducción de ruido y la protección en caso de fallo. Adicionalmente, cuando sea necesario, se puede añadir un devanado de rearme al devanado primario del transformador 71 de forma que se pueda reajustar una corriente de excitación. Además, al proporcionar, por ejemplo, un rectificador, se puede regenerar la energía de excitación en el lado de la fuente de alimentación, de forma que se pueda lograr una mayor eficiencia.

Un detector de corriente eléctrica de entrada 101 detecta una corriente eléctrica de entrada que circula desde la fuente de alimentación de corriente alterna 1 y emite una señal de detección. Los medios de control 102 incluyen, por ejemplo, una unidad de cálculo, tal como un microordenador o un procesador de señales digitales, o una unidad que tenga una función similar en la misma. Los medios de control 102 calculan, por ejemplo, un tiempo de cortocircuito de los medios de cortocircuito 4 de la señal de detección del detector de corriente eléctrica de entrada 101 y emiten una señal. La unidad de generación de señales de activación 103 genera señales de activación para los medios de cortocircuito 4 y los medios de conmutación 7 en función de la señal de salida (es decir, una señal de servicio) de los medios de control 102 y transmite las señales de activación a los medios de cortocircuito 4 y a los medios de conmutación 7.

La Fig. 4 ilustra un ejemplo de configuración de los medios de control 102 de acuerdo con la Forma de realización 1. Según se muestra en la Fig. 4, los medios de control 102 tienen unidades de cálculo de valores absolutos 111 y 112, una unidad de sustracción 113 y una unidad de control PI 114. La unidad de cálculo de valores absolutos 111 calcula un valor absoluto de un valor de mando de la corriente eléctrica en función de, por ejemplo, una entrada de señal de mando desde el exterior (por ejemplo, los medios de control incluidos en un dispositivo que actúa de carga 6). La unidad de cálculo de valores absolutos 112 calcula un valor absoluto de un valor de detección de corriente eléctrica de entrada en función de la señal de detección del detector de corriente eléctrica de entrada 101. La unidad de sustracción 113 calcula una desviación (es decir, una diferencia) entre el valor absoluto del valor de mando de la corriente eléctrica y el valor absoluto del valor de detección de la corriente eléctrica de entrada. La unidad de control PI 114 realiza el control proporcional-integral y transmite una señal de salida a la unidad de generación de señales de activación 103.

Aunque los medios de control 102 realizan un control proporcional-integral (es decir, un control de retroalimentación) en función de la diferencia entre el valor absoluto del valor de mando de la corriente eléctrica y el valor absoluto del valor de detección de la corriente eléctrica de entrada en la Forma de realización 1, el método de control no se limita a lo anterior. Por ejemplo, se puede incluir control derivativo. Adicionalmente, el control se puede realizar en función de, por ejemplo, la tensión, además de las corrientes eléctricas.

La siguiente descripción se refiere a un funcionamiento relacionado con la Forma de realización 1 descrita anteriormente. En el funcionamiento realizado en el dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 1, se añade una operación de conmutación en el circuito rectificador 3 y los medios de conmutación 7 a una operación de un chopper de CA de forma que el elemento rectificador 3a se recupere de la inversión antes de que la corriente eléctrica circule en sentido inverso desde los medios de alisado 5, de modo que la ocurrencia de una corriente eléctrica de recuperación se suprima.

La Fig. 5 ilustra ejemplos de trayectorias de la corriente eléctrica de acuerdo con la Forma de realización 1. De las varias combinaciones de estados abierto y cerrado del interruptor de cortocircuito 42 dentro de los medios de cortocircuito 4 y del interruptor de conmutación 74 dentro de los medios de conmutación 7, la Fig. 5 muestra las trayectorias de acuerdo con los ejemplos representativos de funcionamiento.

La Fig. 6 muestra formas de onda (es decir, formas de onda de funcionamiento) relacionadas con el comportamiento de la tensión de alimentación, las corrientes de alimentación (es decir, la corriente eléctrica de entrada) y una señal de activación transmitida a los medios de cortocircuito 4 de acuerdo con el funcionamiento en función de la Fig. 5. El funcionamiento del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 1 se describirá ahora con referencia a las Fig. 5 y 6.

La Fig. 5(a) ilustra una trayectoria de la corriente eléctrica cuando el interruptor de cortocircuito 42 y el interruptor de conmutación 74 se ajustan en un estado de desconexión (es decir, un estado abierto). Cuando la alimentación eléctrica se suministra desde la fuente de alimentación de corriente alterna 1, mientras que el interruptor de cortocircuito 42 y el interruptor de conmutación 74 están ajustados en el estado de desconexión, se logra una rectificación de onda completa simple. Por ejemplo, de los terminales de la fuente de alimentación de corriente alterna 1, si el terminal conectado a la bobina 2 tiene el mayor potencial eléctrico, la trayectoria de la corriente eléctrica se forma por la fuente de alimentación de corriente alterna 1, la bobina 2, el elemento rectificador 3a, la carga 6 y el elemento rectificador 3d. Por ejemplo, una forma de onda de funcionamiento cuando el interruptor de cortocircuito 42 y el interruptor de conmutación 74 se ajustan en el estado de desconexión corresponde a la Fig. 6(a). En el caso de la corriente eléctrica de entrada procedente de la fuente de alimentación de corriente alterna 1, según se muestra en la Fig. 6(a), el factor de potencia es bajo y la corriente eléctrica de entrada contiene una gran cantidad de corriente armónica.

La Fig. 5(b) ilustra un estado en donde el interruptor de cortocircuito 42 está en un estado de conexión (es decir, un estado cerrado). El interruptor de conmutación 74 se ajusta en un estado de desconexión. En este caso, una corriente de cortocircuito circula a través de una trayectoria formada por la fuente de alimentación de corriente alterna 1, la bobina 2, el elemento rectificador 41a, el interruptor de cortocircuito 42 y el elemento rectificador 41d. La tensión

aplicada a la bobina 2 es, en esencia, igual a la tensión de la fuente de alimentación de corriente alterna 1, y la corriente de cortocircuito que circula a través de la trayectoria mostrada en la Fig. 5(b) se expresa mediante la siguiente expresión (1):

$$i_{\_sw42on} = (Vs/L) \cdot t + i(0) \quad (1)$$

5 En este caso,  $i_{\_sw42on}$  indica un valor de corriente eléctrica cuando el interruptor de cortocircuito 42 está conectado,  $Vs$  indica un valor de tensión de la fuente de alimentación de corriente alterna 1,  $L$  indica un valor de impedancia de la bobina 2,  $t$  indica un tiempo de estado de conexión del interruptor de cortocircuito 42 e  $i(0)$  indica un valor de corriente eléctrica (es decir, un valor inicial) inmediatamente antes de que el interruptor de cortocircuito 42 se conecte.

10 Normalmente, en la rectificación de onda completa, la corriente eléctrica de entrada de la fuente de alimentación de corriente alterna 1 no se puede conducir a través de una sección donde la corriente eléctrica descargada desde los medios de alisado 5 circula a través de la carga 6. Sin embargo, cuando el interruptor de cortocircuito 42 se ajusta en un estado de conexión, puesto que la corriente de cortocircuito circula a través de la bobina 2, según se muestra en la Fig. 5(b), la corriente eléctrica de entrada procedente de la fuente de alimentación de corriente alterna 1 circula incluso a través de la sección no conductora antes mencionada. Por lo tanto, al cambiar repetidamente el interruptor de cortocircuito 42 entre un estado de conexión y un estado de desconexión, las trayectorias de la corriente eléctrica mostradas en las Fig. 5(a) y 5(b) se pueden alternar repetidamente. Adicionalmente, controlando la relación de tiempo entre el estado de conexión y de desconexión, la forma de onda de la corriente eléctrica de entrada procedente de la fuente de alimentación de corriente alterna 1 se puede transformar en una forma de onda arbitraria, de modo que el factor de potencia y el contenido de corriente armónica se pueden mejorar.

20 Por ejemplo, en el caso donde los medios de control 102 tienen la configuración de la Fig. 4, la unidad de cálculo de valores absolutos 111 calcula un valor absoluto de un valor de mando de la corriente eléctrica en función de, por ejemplo, una entrada de señal de mando desde el exterior. Además, la unidad de cálculo de valores absolutos 112 calcula un valor absoluto de un valor de detección de corriente eléctrica de entrada en función de una señal de detección del detector de corriente eléctrica de entrada 101. La unidad de sustracción 113 calcula una desviación entre los valores absolutos del valor de mando de la corriente eléctrica y el valor de detección de la corriente eléctrica de entrada. Al realizar el control proporcional integral, la unidad de control PI 114 calcula un tiempo de servicio (es decir, un estado de conexión) del interruptor de cortocircuito 42 de tal manera que el valor de detección de la corriente eléctrica de entrada se haga más próximo al valor de mando de la corriente eléctrica y emita una señal de servicio.

30 Adicionalmente, la unidad de generación de señales de activación 103 genera una señal de activación para el interruptor de cortocircuito 42 en función de, por ejemplo, una comparación entre una señal de onda triangular que tenga una frecuencia que sea igual a la frecuencia de cambio del interruptor de cortocircuito 42 y la señal de servicio calculada por la unidad de control PI 114. Generalmente, cuando se realiza dicho control, la frecuencia de cambio del interruptor de cortocircuito 42 es de varios kHz a varias decenas de kHz.

35 Al formar la señal de mando que contiene el valor de mando de la corriente eléctrica antes mencionada en, por ejemplo, una onda sinusoidal que tenga una amplitud deseada, y que tenga una frecuencia y una fase que sean idénticas a las de la tensión de la fuente de alimentación de corriente alterna 1, la corriente eléctrica de entrada procedente de la fuente de alimentación de corriente alterna 1 se puede controlar en forma de una onda sinusoidal, de modo que el factor de potencia y el contenido de corriente armónica se pueden mejorar de forma significativa (Fig. 6(b)).

40 Aunque el ejemplo anterior se refiere al control de la corriente eléctrica de entrada realizado por la detección de la corriente eléctrica de entrada, el método de control no se limita a lo anterior. Por ejemplo, se puede realizar el control de la tensión de salida detectando la tensión (es decir, la tensión de salida) que se alisa mediante el medio de alisado 5 y que se debe aplicar a la carga 6 y realizar a continuación un control proporcional-integral o similar sobre la diferencia entre la tensión detectada y una entrada del valor de mando de tensión deseado desde, por ejemplo, el exterior. Además, el interruptor de cortocircuito 42 se puede controlar detectando tanto la corriente eléctrica de entrada como la tensión de salida y generar una señal de activación para el interruptor de cortocircuito 42 en función de la corriente eléctrica de entrada y la tensión de salida detectadas.

45 En el ejemplo descrito anteriormente, el interruptor de cortocircuito 42 se controla cambiándose a alta velocidad y la corriente eléctrica de entrada se controla en forma de una onda sinusoidal. Sin embargo, el método de control no se limita a lo anterior. Por ejemplo, si las órdenes para suprimir el factor de potencia y el contenido de corriente armónica no son altas, no es necesario realizar un control para convertir la corriente eléctrica de entrada en una onda sinusoidal. Por ejemplo, según se muestra en la Fig. 6(c), el factor de potencia y el contenido de corriente armónica se pueden mejorar realizando un control de tal manera que el interruptor de cortocircuito 42 sólo se encienda varias veces en una fase apropiada y durante un tiempo de estado de conexión adecuado en la sección no conductora de la corriente eléctrica de entrada.

55 Por ejemplo, comparando un valor de regulación armónico con un valor calculado de la corriente armónica contenida en la corriente eléctrica de entrada y determinando la fase en la que se conecta el interruptor de cortocircuito 42 y el tiempo de estado de conexión del mismo dentro de un rango que satisfaga el valor de regulación, se puede minimizar el número de veces que se conmuta el interruptor de cortocircuito 42. En comparación con el caso en el que el interruptor de cortocircuito 42 cambia con una frecuencia de varios kHz a varias decenas de kHz descrito

anteriormente, el número de veces que el interruptor de cortocircuito 42 cambia se puede reducir significativamente, permitiendo de este modo la reducción de las pérdidas de cambio y del ruido generado. Adicionalmente, puesto que se puede utilizar un elemento de baja velocidad de bajo coste como interruptor de cortocircuito 42, también se puede lograr una reducción de costes.

5 Cuando se tiene que realizar dicho control, por ejemplo, se puede detectar la tensión de entrada de la fuente de alimentación de corriente alterna 1, y la fase en la que el interruptor de cortocircuito 42 se conecta y se puede determinar el tiempo de estado de conexión del mismo, por ejemplo, a partir del cruce por cero de la tensión de entrada. Adicionalmente, por ejemplo, el control de la tensión de salida se puede realizar detectando la tensión de salida de los medios de alisado 5 y realizando a continuación el control proporcional-integral o similar sobre la diferencia entre la tensión de salida y un valor de mando de tensión deseado. Además, el interruptor de cortocircuito 10 42 se puede controlar detectando tanto la corriente eléctrica de entrada como la tensión de salida.

La Fig. 7 ilustra una señal y formas de onda de la corriente eléctrica en un caso en el que los medios de conmutación 7 no están activados. La Fig. 7 muestra un caso en el que el interruptor de cortocircuito 42 cambia de forma continua y repetida entre un estado de conexión y un estado de desconexión y uno de los terminales, que está conectado a la bobina 2, de la fuente de alimentación de corriente alterna 1 tiene el mayor potencial eléctrico, como en la Fig. 5. Con respecto a una señal de activación para los medios de cortocircuito 4 (es decir, el interruptor de cortocircuito 42), el lado de alta de los mismos se ajusta como una dirección activa (es decir, una dirección en estado de conexión). 15

Según se describió anteriormente, cuando el interruptor de cortocircuito 42 está desconectado, circula una corriente eléctrica en sentido directo a través del elemento rectificador 3a. Al conectar el interruptor de cortocircuito 42 en este estado, la tensión de corriente continua que ha sido alisada por los medios de alisado 5 se aplica a los extremos opuestos de los elementos rectificadores conectados en serie 3a y 3b. En este caso, la tensión de polarización inversa, que es la mitad de la tensión de corriente continua, se aplica al elemento rectificador 3a. Posteriormente, el elemento 20 rectificador 3a cambia a una operación de desconexión.

Durante el periodo en el que el elemento rectificador 3a cambia a una operación de desconexión, una corriente de cortocircuito circula en sentido contrario al del periodo en el que el elemento rectificador 3a está conectado. La razón de esto es la siguiente. En un estado en el que la tensión de polarización directa se aplica de forma constante a los diodos de unión p-n utilizados como los elementos rectificadores 3a a 3d, los portadores se acumulan normalmente en semiconductores tanto de tipo p como de tipo n. Cuando la tensión de polarización inversa se aplica instantáneamente en este estado, los portadores se mueven en una dirección opuesta a la dirección de movimiento de los mismos cuando se aplica la tensión de polarización directa (la corriente de cortocircuito que circula en sentido 25 inverso en este caso se denominará en lo sucesivo en la presente memoria como "corriente eléctrica de recuperación"). La corriente eléctrica de recuperación provoca el desplazamiento de una corriente eléctrica de modo común, lo que provoca el aumento de los niveles de tensión de ruido en los terminales, del ruido de radiación, etc. Esto conduce a un aumento de los costes necesarios para la reducción de ruido. Además, esto también conduce a un aumento de las pérdidas del circuito. 30 35

Normalmente, cuando la capacidad de transporte de corriente de los diodos rectificadores aumenta, el número de portadores acumulados también tiende a aumentar. Por lo tanto, la corriente eléctrica de recuperación aumenta cuando la capacidad de transporte de corriente aumenta. Adicionalmente, la corriente eléctrica de recuperación aumenta cuando la tensión de polarización inversa aplicada aumenta.

40 En la Forma de realización 1, el control (denominado como "control de conmutación" en lo sucesivo en la presente memoria) se realiza formando una trayectoria de conmutación con los medios de conmutación 7 y realizando la recuperación inversa aplicando una tensión de polarización inversa baja al elemento rectificador 3a, que tiene la gran capacidad de transporte de corriente, por medio del transformador 71 y del elemento rectificador de conmutación 72 inmediatamente antes de que el interruptor de cortocircuito 42 se conecte, en lugar de realizar la recuperación inversa 45 aplicando una tensión de polarización inversa alta al elemento rectificador 3a.

En el control de conmutación, el interruptor de conmutación 74 de los medios de conmutación 7 se conecta inmediatamente antes de que se conecte el interruptor de cortocircuito 42, y la corriente eléctrica que circula hacia el elemento rectificador 3a por medio del transformador 71 se conmuta al lado del elemento rectificador de conmutación 72. La Fig. 5(c) muestra un estado en el que el interruptor de cortocircuito 42 se desconecta y el interruptor de conmutación 74 se conecta. Al igual que en la Fig. 5(a), en este caso la trayectoria de la corriente eléctrica se forma por la fuente de alimentación de corriente alterna 1, la bobina 2, el elemento rectificador 3a, la carga 6 y el elemento 50 rectificador 3d. Adicionalmente, puesto que el interruptor de conmutación 74 está conectado, el transformador 71 se excita, de forma que la corriente eléctrica también circule hacia una trayectoria formada por el lado secundario del transformador 71 y el elemento rectificador de conmutación 72 en los medios de conmutación 7. Una vez transcurrido un determinado periodo de tiempo, la corriente eléctrica se conmuta por completo a la trayectoria en el lado del elemento rectificador de conmutación 72. 55

La Fig. 8 muestra las señales y las formas de onda de la corriente eléctrica en un caso en el que los medios de conmutación 7 están activados. Con respecto a las señales de activación para los medios de cortocircuito 4 (es decir, el interruptor de cortocircuito 42) y los medios de conmutación 7 (es decir, el interruptor de conmutación 74), el lado de alta de los mismos se ajusta como dirección activa (es decir, una dirección de conexión). Según se muestra en la Fig. 8, la señal de activación para los medios de conmutación 7 se ajusta en estado de conexión inmediatamente antes 60

de que la señal de activación para el interruptor de cortocircuito 42 se ajuste a un estado de conexión. En este caso, según se describió anteriormente, la corriente eléctrica comienza a fluir hacia la trayectoria del lado secundario del transformador 71 debido a la corriente de excitación. Por lo tanto, la corriente eléctrica circula de forma distributiva hacia el elemento rectificador 3a y el elemento rectificador de conmutación 72 en las respectivas direcciones de los mismos. Posteriormente, como la señal de activación para los medios de conmutación 7 se mantiene en el estado de conexión, la corriente eléctrica ya no circula hacia el elemento rectificador 3a, de forma que la totalidad de la corriente eléctrica circula hacia el elemento rectificador de conmutación 72 (es decir, se completa la conmutación).

Al realizar la operación de conmutación, la fuente de alimentación de conmutación 75 dentro del circuito de activación del transformador 73 se ajusta a un valor suficientemente bajo, en comparación con la tensión de salida de los medios de alisado 5, de forma que el elemento rectificador 3a se pueda desconectar (es decir, se recupere en sentido inverso) con una tensión de polarización inversa baja. Al conectar el interruptor de cortocircuito 42 en este estado, se realiza una operación de recuperación inversa del elemento rectificador de conmutación 72. En este caso, se genera una corriente eléctrica de recuperación. Sin embargo, puesto que el tiempo que la corriente eléctrica circula en elemento rectificador de conmutación 72 es extremadamente corto, cuando se compara con el del elemento rectificador 3a, la corriente eléctrica eficaz de la corriente eléctrica que circula a través del elemento rectificador de conmutación 72 es baja, lo que significa que la capacidad de transportar corriente requerida en el mismo puede ser pequeña. Por lo tanto, se puede utilizar un elemento de pequeña capacidad con un número reducido de portadores acumulados, permitiendo de este modo reducir la corriente eléctrica de recuperación, en comparación con un caso en el que la corriente eléctrica de recuperación se genere mediante el elemento rectificador 3a (en este caso, el elemento se selecciona teniendo en cuenta la corriente eléctrica de pico). Como resultado, se pueden reducir una pérdida y una cantidad de ruido resultantes de la corriente eléctrica de recuperación en todo el sistema. Por consiguiente, se reducen los niveles de la tensión de ruido en los terminales, de ruido de radiación, etc., y se suprime una pérdida del circuito. Por lo tanto, se puede reducir de tamaño un filtro de ruido, y se puede lograr reducción de costes.

Adicionalmente, también se pueden utilizar normalmente una cualquiera de una fuente de alimentación de activación (es decir, una fuente de alimentación de activación de puertas, no mostrada) para activar los medios de cortocircuito 4 (es decir, para abrir y cerrar el interruptor de cortocircuito 42) o una fuente de alimentación (no mostrada) para los medios de control 102 y la fuente de alimentación de conmutación 75 para el circuito de activación del transformador 73. Por lo tanto, no se necesita añadir otra fuente de alimentación, de forma que se puede evitar un aumento en el coste.

Un diodo de barrera Schottky, el cual tiene buenas características de recuperación, baja tensión directa, una baja pérdida y características de resistencia a la alta tensión, se puede utilizar como el elemento rectificador de conmutación 72. Alternativamente, se puede utilizar un elemento semiconductor de banda de energías prohibidas ancha compuesto de SiC (carburo de silicio), GaN (nitruro de galio), diamante, etc. La utilización de estos elementos conduce a un aumento de los defectos cristalinos, así como a un aumento en el coste, ya que un valor de la corriente eléctrica eficaz admisible llega a ser más alto que en las especificaciones de los mismos. Dado que un elemento con un valor de la corriente eléctrica eficaz admisible bajo se puede utilizar como elemento rectificador de conmutación 72 de acuerdo con la Forma de realización 1, se puede conseguir un dispositivo de conversión de potencia altamente eficiente con una buena relación coste/rendimiento.

Adicionalmente, con la intervención del transformador 71, el circuito rectificador 3 constituido por los elementos rectificadores 3a a 3d, el devanado secundario del transformador 71, y el elemento rectificador de conmutación 72 se puede aislar del circuito de activación del transformador 73 y de los medios de control 102. Por lo tanto, se puede inyectar una señal para activar los medios de conmutación 7 con relativa facilidad. Además, se puede formar un sistema altamente seguro y fiable.

La Fig. 9 ilustra ejemplos de formas de onda de funcionamiento de la unidad de generación de señales de activación 103. La Fig. 9(a) muestra una forma de onda relacionada con un funcionamiento en el que la unidad de generación de señales de activación 103 genera una señal de activación para el interruptor de cortocircuito 42 en función de una señal de servicio para el interruptor de cortocircuito 42 emitida desde los medios de control 102 cuando los medios de conmutación 7 no están activados. Por ejemplo, una primera señal de onda triangular preparada de antemano se compara con la señal de servicio para el interruptor de cortocircuito 42 emitida desde los medios de control 102. Si la señal de servicio es la mayor, se transmite una señal de activación para conectar el interruptor de cortocircuito 42. Por otro lado, si la señal de onda triangular es la mayor, se transmite una señal de activación para desconectar el interruptor de cortocircuito 42. En este caso, por ejemplo, la base para determinar si las direcciones activas y los umbrales de las dos señales se deben incluir o no en el estado de conexión se puede cambiar, cuando sea necesario.

La Fig. 9(b) ilustra un ejemplo de formas de onda relacionadas con un funcionamiento para generar señales de activación para el interruptor de cortocircuito 42 y el interruptor de conmutación 74 cuando los medios de conmutación 7 están activados. Con respecto a la señal de activación para los medios de cortocircuito 4 (es decir, el interruptor de cortocircuito 42), la primera señal de onda triangular se compara con la señal de servicio emitida desde los medios de control 102, y la señal de activación se genera de acuerdo con un procedimiento similar al descrito con referencia a la Fig. 9(a).

Por otro lado, la señal de activación para los medios de conmutación 7 (es decir, el interruptor de conmutación 74) se genera utilizando la primera señal de onda triangular además de una segunda señal de onda triangular que tiene un

ancho de histéresis predeterminado. Por ejemplo, en la sección de caída (es decir, la segunda mitad) de cada una de las señales de onda triangulares primera y segunda, si la primera señal de onda triangular es mayor que una señal de referencia cuando el valor de la segunda señal de onda triangular y el valor de la señal de servicio son iguales entre sí, la señal de activación para los medios de conmutación 7 se ajusta a un estado de conexión. Por otro lado, si la segunda señal de onda triangular es menor que la señal de servicio cuando el valor de la primera señal de onda triangular y el valor de la señal de servicio son iguales entre sí, la señal de activación para los medios de conmutación 7 se ajusta en un estado de desconexión.

La primera señal de onda triangular, la segunda señal de onda triangular y la señal de servicio satisfacen las relaciones mencionadas anteriormente, de forma que la señal de activación para los medios de conmutación 7 cambia entre el estado de conexión y el estado de desconexión. En este caso, por ejemplo, se puede ajustar un momento de ENCENDIDO (es decir, un momento de inicio de la operación de conmutación) para los medios de conmutación 7 en vista de, por ejemplo, un tiempo de retardo para iniar la conmutación hacia el elemento rectificador de conmutación 72 activando el transformador 71 en respuesta a una salida de la señal de activación para los medios de conmutación 7. Un momento de APAGADO para los medios de conmutación 7 se puede ajustar en vista de, por ejemplo, un tiempo de retardo del circuito de activación del transformador 73, un tiempo de recuperación inversa (normalmente, varios centenares de nanosegundos a varios microsegundos) del elemento rectificador 3a, y un tiempo de recuperación inversa (normalmente, varios nanosegundos a varios centenares de nanosegundos) del elemento rectificador de conmutación 72. Por ejemplo, la base para determinar si las direcciones activas y los umbrales de las tres señales se deben incluir o no en el estado de conexión se puede cambiar, cuando sea necesario.

La determinación de si cada señal de onda triangular se encuentra en la sección de caída (es decir, en la segunda mitad) se puede realizar, por ejemplo, determinando periódicamente si la señal de onda triangular se encuentra en la primera mitad o en la segunda mitad utilizando, por ejemplo, un temporizador cuando se genera la señal de onda triangular. Adicionalmente, la determinación se puede realizar en función de la determinación de un momento de ENCENDIDO y un momento de APAGADO de la señal de onda triangular mediante la gestión del tiempo (es decir, contando el tiempo transcurrido) de la señal.

Aunque la señal de activación para los medios de conmutación 7 se genera en función de las señales de onda triangulares primera y segunda y la señal de servicio, el método de generación no se limita a lo anterior. Por ejemplo, según se muestra en la Fig. 9(c), se puede generar una segunda señal de servicio que tenga una cantidad de desplazamiento equivalente a una cantidad de histéresis entre la primera señal de onda triangular y la segunda señal de onda triangular, y la señal de activación para los medios de conmutación 7 se puede generar en función de las dos señales de servicio y la primera señal de onda triangular.

La Forma de realización 1 se describió anteriormente en función de la configuración de la Fig. 1. Por ejemplo, el elemento rectificador 3b es similar al elemento rectificador 3a en que tiene una función para evitar que la corriente eléctrica circule en sentido inverso desde los medios de alisado 5, además de rectificar la potencia eléctrica procedente de la fuente de alimentación de corriente alterna 1. Por lo tanto, se puede lograr un efecto similar, por ejemplo, conectando medios de conmutación que tengan una configuración similar a la de los medios de conmutación 7 a un elemento que funcione como elemento para evitar la circulación en sentido inverso, tal como dotando al elemento rectificador 3b con los medios de conmutación 7 y realizando la conmutación de la corriente eléctrica. Al proporcionar los medios de conmutación 7 tanto en los elementos rectificadores 3a como 3b y al aplicar el control de conmutación, se pueden aumentar adicionalmente los efectos de la reducción de ruido y de la reducción de pérdidas.

El momento en el que se genera la corriente eléctrica de recuperación en los elementos rectificadores 3a y 3b varía dependiendo de la fase de la tensión de alimentación. De los terminales conectados a la fuente de alimentación de corriente alterna 1, si el terminal conectado a la bobina 2 tiene el mayor potencial eléctrico, la trayectoria de la corriente eléctrica se extiende a través del elemento rectificador 3a, según se describió anteriormente. Por el contrario, si el terminal conectado a la bobina 2 tiene el menor potencial eléctrico, la trayectoria de la corriente eléctrica se extiende a través del elemento rectificador 3b.

La Fig. 10 ilustra la relación entre la tensión de alimentación y las señales de activación en el caso de que cada uno de los elementos rectificadores 3a y 3b se dote con los medios de conmutación 7. Según se muestra en la Fig. 10, se puede determinar si se deben activar los medios de conmutación 7 conectados al elemento rectificador 3a o se deben activar los medios de conmutación 7 conectados al elemento rectificador 3b de acuerdo con la fase de la tensión de alimentación. En este caso, la fase de la tensión de alimentación se puede determinar, por ejemplo, detectando un cruce por cero de la tensión de alimentación. Adicionalmente, con respecto a la señal de activación para cualquiera de los medios de conmutación 7, por ejemplo, la unidad de generación de señales de activación 103 puede generar la señal de activación de la manera descrita anteriormente y decidir a cuál de los medios de conmutación 7 se debe transmitir la señal de activación en función de la fase de la tensión de alimentación.

Con respecto a cada uno de los elementos rectificadores 3c y 3d, el lado del ánodo de los mismos se conecta al lado negativo del bus del circuito. Por lo tanto, al igual que los elementos rectificadores 3a y 3b, es menos probable que se genere corriente eléctrica de recuperación en los elementos rectificadores 3c y 3d incluso cuando se aplique tensión de polarización inversa a los mismos. Sin embargo, se pueden aumentar adicionalmente los efectos de la reducción de ruido y de la reducción de pérdidas aplicando el control de conmutación.

Por consiguiente, en el dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 1, los medios de conmutación 7 se conectan en paralelo con el elemento rectificador 3a que actúa como elemento para evitar la circulación en sentido inverso, y la corriente eléctrica que circula en sentido directo desde la fuente de alimentación de corriente alterna 1 hacia la carga 6 se conmuta hacia los medios de alisado 5 a través de una trayectoria diferente, de forma que, por ejemplo, abriendo y cerrando el interruptor de cortocircuito 42, el elemento rectificador 3a se recupera en sentido inverso antes de que la corriente eléctrica circule en sentido inverso desde el lado de la carga 6 (los medios de alisado 5). Por lo tanto, la corriente eléctrica de recuperación se produce en un elemento semiconductor, tal como un diodo, cuando se genera una corriente eléctrica que circula en sentido inverso al mismo por medio del elemento rectificador de conmutación 72, que requiere un tiempo corto para la recuperación inversa y que tiene buenas características de recuperación, en lugar del elemento rectificador 3a, que tiene baja tensión directa pero en el que se genera una gran cantidad de corriente eléctrica de recuperación, de modo que se pueda reducir la corriente eléctrica de recuperación en el circuito.

Cuando no se realiza una operación de conmutación (es decir, en modo normal), se hace que la corriente eléctrica circule hacia el elemento rectificador 3a con la baja tensión directa, de forma que se puede suprimir una pérdida de potencia eléctrica causada por el elemento que circula hacia la carga 6. Por lo tanto, por ejemplo, incluso cuando se utiliza un elemento que tiene gran capacidad de transporte de corriente como elemento rectificador 3a que actúa como elemento para evitar la circulación en sentido inverso durante el modo normal, se realiza una operación de conmutación de forma que se puedan reducir una pérdida de recuperación y una pérdida de conducción, independientemente, por ejemplo, de las características de recuperación del elemento rectificador 3a en caso de circulación en sentido inverso de la corriente eléctrica. En consecuencia, se pueden reducir una pérdida y una cantidad de ruido resultantes de la recuperación de la corriente eléctrica en el sistema global incluso si, por ejemplo, la operación de conmutación se realiza mediante los medios de conmutación 7.

Adicionalmente, se suprime una pérdida de circuito resultante de la corriente eléctrica de recuperación y se reducen los niveles de la tensión de ruido en los terminales, de ruido de radiación, etc. Por lo tanto, se puede reducir de tamaño un filtro de ruido, y se pueden lograr la reducción de costes y similares. Además, esto es eficaz para hacer frente a la CEM.

Adicionalmente, también se pueden utilizar normalmente una cualquiera de la fuente de alimentación de activación para activar los medios de cortocircuito 4 (es decir, el interruptor de cortocircuito 42) o la fuente de alimentación (no mostrada) para hacer que los medios de control 102 realicen el procesamiento y la fuente de alimentación de conmutación 75 para el circuito de activación del transformador 73. Por lo tanto, no es necesario añadir otra fuente de alimentación, de forma que se puede evitar un aumento en el coste.

Adicionalmente, puesto que se utiliza un semiconductor de banda de energías prohibidas ancha como elemento rectificador de conmutación 72, se puede obtener un dispositivo de conversión de potencia de baja pérdida. Además, debido a una baja pérdida de potencia eléctrica, se puede lograr una mayor eficiencia del elemento. Debido a que un semiconductor de banda de energías prohibidas ancha tiene una densidad de corriente eléctrica alta permisible, el elemento se puede reducir de tamaño, y el medio que tiene el elemento integrado en el mismo se puede reducir de tamaño. Si no hay pérdidas en todo el sistema, incluido, por ejemplo, el interruptor de conmutación 74, además del elemento rectificador de conmutación 72, se puede utilizar un semiconductor de banda de energías prohibidas ancha para otro elemento.

Como alternativa a un semiconductor de banda de energías prohibidas ancha, por ejemplo, se puede utilizar un diodo de barrera Schottky, que tenga una baja tensión directa, una baja pérdida y características de resistencia a la alta tensión, como elemento rectificador de conmutación 72. La utilización de estos elementos conduce a un aumento de los defectos cristalinos, así como a un aumento en el coste, ya que el valor eficaz admisible de la corriente eléctrica llega a ser más alto que en las especificaciones de los mismos. En el dispositivo (sistema) de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 1, dado que el tiempo que la corriente eléctrica circula a través de las diferentes trayectorias es corto, se puede utilizar un elemento con un bajo valor eficaz admisible de corriente eléctrica (es decir, una pequeña capacidad de transporte de corriente) como elemento rectificador de conmutación 72 en los medios de conmutación 7, de modo que se puede lograr un dispositivo de conversión de potencia altamente eficiente con una buena relación coste/rendimiento.

Adicionalmente, con el transformador 71, el elemento rectificador 3a, el devanado secundario del transformador 71 y el elemento rectificador de conmutación 72, que están dispuestos en el circuito entre la fuente de alimentación de corriente alterna 1 y la carga 6, se pueden aislar del circuito de activación del transformador 73, los medios de control 102 y la señal de activación para los medios de conmutación 7, de forma que la transmisión de la señal de activación hacia los medios de conmutación 7 se puede realizar con relativa facilidad. Además, los medios a los que se aplica alta tensión y los medios activados con baja tensión se pueden aislar eléctricamente entre sí. Adicionalmente, se puede formar un sistema altamente seguro y fiable. Aunque una operación de conmutación se realiza mediante el transformador 71 y el circuito de activación del transformador 73 en la Forma de realización 1, los medios y la configuración se pueden cambiar siempre y cuando se pueda realizar la operación de conmutación para conmutar la corriente eléctrica a una trayectoria diferente, aunque existe una posibilidad de que no se pueda presentar el efecto mencionado anteriormente.

## Forma de realización 2

La Fig. 11 ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 2. En la Fig. 11, los medios, los elementos y similares que realizan operaciones similares a los de la Fig. 1 reciben los mismos números de referencia. En la Fig. 11, los medios de conmutación 7 se conectan a los elementos rectificadores 3a y 3c.

La Fig. 12 ilustra un ejemplo de configuración de los medios de conmutación 7 de acuerdo con la Forma de realización 2. En la Forma de realización 2, en los medios de conmutación 7 conectado a los elementos rectificadores 3a y 3c, el devanado primario del transformador 71 y el circuito de activación del transformador 73 que suministra potencia eléctrica al devanado primario son comunes. Un elemento rectificador de conmutación 72a que está conectado en serie con los devanados secundarios del transformador 71 se conecta en paralelo con el elemento rectificador 3a. Un elemento rectificador de conmutación 72c que está conectado en serie con el devanado secundario del transformador 71 se conecta en paralelo con el elemento rectificador 3c. Para variar el momento de realizar una operación de conmutación, el devanado secundario del transformador 71 que está conectado al elemento rectificador de conmutación 72a y el devanado secundario del transformador 71 que está conectado al elemento rectificador de conmutación 72c reciben polaridades opuestas. El circuito de activación del transformador 73 en la Forma de realización 2 está constituido por los interruptores de conmutación 74a y 74c, la fuente de alimentación de conmutación 75 y los condensadores 76a y 76c.

La Fig. 13 ilustra ejemplos de trayectorias de la corriente eléctrica de acuerdo con la Forma de realización 2. La Fig. 13(a) muestra una trayectoria de la corriente eléctrica cuando el interruptor de cortocircuito 42 y los interruptores de conmutación 74a y 74c están en un estado de desconexión. La Fig. 13(b) ilustra un estado en el que el interruptor de cortocircuito 42 está conectado. Los interruptores de conmutación 74a y 74c están desconectados. En las Fig. 13(a) y 13(b), se realizan operaciones similares a las descritas en las Fig. 5(a) y 5(b) de la Forma de realización 1.

Por otro lado, la Fig. 13(c) ilustra una trayectoria de la corriente eléctrica correspondiente a un caso en el que se realiza una operación de conmutación hacia el elemento rectificador 3a en un estado en el que el interruptor de cortocircuito 42 está desconectado. Según se describió anteriormente en la Forma de realización 1, el momento en que se genera una corriente eléctrica de recuperación en los elementos rectificadores 3a y 3c varía entre los mismos. Por lo tanto, según se describió anteriormente, el momento para realizar la operación de conmutación se varía dando polaridades diferentes al devanado secundario del transformador 71 que está conectado al elemento rectificador de conmutación 72a y al devanado secundario del transformador 71 que está conectado al elemento rectificador de conmutación 72c.

Por ejemplo, en los medios de conmutación 7 en la Fig. 12, cuando se conecta el interruptor de conmutación 74a y se desconecta el interruptor de conmutación 74c, el condensador 76a descarga electricidad de forma que una corriente de excitación circula a través del devanado primario del transformador 71. En este caso, una corriente eléctrica circula a través del devanado secundario, cuya polaridad es la misma que la del devanado primario del transformador 71, en el lado del elemento rectificador de conmutación 72a, de modo que se inicia una operación de conmutación en el lado del elemento rectificador de conmutación 72a.

Por otro lado, cuando el interruptor de conmutación 74a se desconecta y el interruptor de conmutación 74c se conecta, el condensador 76c descarga electricidad de forma que la corriente de excitación circula a través del devanado primario del transformador 71 en una dirección opuesta a la existente cuando se conecta el interruptor de conmutación 74a y se desconecta el interruptor de conmutación 74c. En este caso, la corriente eléctrica circula a través del devanado secundario, cuya polaridad es opuesta a la del devanado primario del transformador 71, en el lado del elemento rectificador de conmutación 72c, de modo que se inicia una operación de conmutación en el lado del elemento rectificador de conmutación 72c.

Aunque el circuito de activación del transformador 73 se describió anteriormente con referencia a un ejemplo en el que los interruptores de conmutación 74a y 74c constituyen una configuración de medio puente, la configuración no se limita a lo anterior. Se puede realizar una operación de conmutación similar y se puede lograr un efecto similar con, por ejemplo, una configuración de puente completo aumentando el número de interruptores de conmutación 74.

Por consiguiente, con el dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 2, por ejemplo, incluso en el caso de que las operaciones de conmutación se deban realizar en diferentes momentos para los elementos rectificadores 3a y 3c, los devanados secundarios del transformador 71 y los elementos rectificadores de conmutación 72a y 72c se conectan respectivamente en paralelo con los elementos rectificadores 3a y 3c, como en la Forma de realización 1, y pueden compartir el circuito de activación del transformador 73 que controla el suministro de potencia al devanado primario del transformador 71, de forma que se puede reducir el número de componentes en el circuito al tiempo que se logran la reducción de ruido y la reducción de pérdidas debido a la reducción de la corriente eléctrica de recuperación, como en la Forma de realización 1, reduciendo de este modo el área del circuito y suprimiendo un aumento en el coste. Adicionalmente, la relación entre los elementos rectificadores 3b y 3d en términos del momento en que se genera la corriente eléctrica de recuperación en los mismos es la misma que entre los elementos rectificadores 3a y 3c. Si se van a conectar medios de conmutación a los elementos rectificadores 3b y 3d, los elementos pueden compartir un circuito de activación del transformador empleando la configuración mostrada en la Fig. 12, de forma que se pueda realizar una operación de conmutación hacia cada elemento rectificador.

La Fig. 14 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 2. En la Fig. 14, los medios de conmutación 7 se conectan a los elementos rectificadores 3a y 3d. Adicionalmente, el momento en que se genera la corriente eléctrica de recuperación en el elemento rectificador 3a y el elemento rectificador 3d es el mismo, aunque la magnitud de la corriente eléctrica de recuperación generada varía entre los mismos. Por lo tanto, en el caso de que los medios de conmutación 7 se deban conectar a la combinación de los elementos rectificadores 3a y 3d, se puede emplear la configuración mostrada en la Fig. 14. En este caso, el circuito de activación del transformador 73 se puede realizar empleando la configuración mostrada en la Fig. 3, como en la Forma de realización 1. Lo mismo aplica a una combinación del elemento rectificador 3b y el elemento rectificador 3c.

La Fig. 15 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 2. En la configuración de la Fig. 15, los medios de conmutación 7 se conectan a todos los elementos rectificadores 3a a 3d. En este caso, según se muestra en la Fig. 15, el circuito de activación del transformador 73 se puede compartir entre los elementos. Según se describió anteriormente, el momento en que se genera la corriente eléctrica de recuperación es el mismo en la combinación de los elementos rectificadores 3a y 3d y en la combinación de los elementos rectificadores 3b y 3c. Por otro lado, puesto que el momento generado varía entre los elementos rectificadores 3a y 3d y los elementos rectificadores 3b y 3c, el circuito de activación del transformador 73 puede tener la configuración mostrada en la Fig. 12. En la configuración de la Fig. 15, el interruptor de conmutación 74 puede tener una configuración de puente completo, y se puede lograr un funcionamiento similar y un efecto similar. Con una configuración de este tipo, se puede reducir el número de componentes en el circuito, al tiempo que se logran la reducción de ruido y la reducción de pérdidas debido a la reducción de la corriente eléctrica de recuperación, como en la Forma de realización 1, reduciendo de este modo el área del circuito y suprimiendo un aumento en el coste.

### Forma de realización 3

La Fig. 16 ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 3. En la Fig. 16, los medios, los elementos y similares que realizan operaciones similares a los de, por ejemplo, la Fig. 1, reciben los mismos números de referencia. Según se muestra en la Fig. 16, los medios de alisado 5 de acuerdo con la Forma de realización 3 están constituidos por los medios de alisado 5a y los medios de alisado 5b que se conectan en serie. Adicionalmente, un punto de conexión entre los medios de alisado 5a y los medios de alisado 5b se conecta a uno de los terminales de la fuente de alimentación de corriente alterna 1.

La Fig. 17 ilustra ejemplos de trayectorias de la corriente eléctrica de acuerdo con la Forma de realización 3. La Fig. 17 muestra un caso en el que uno de los terminales, que está conectado a la bobina 2, de la fuente de alimentación de corriente alterna 1 tiene el mayor potencial eléctrico. La Fig. 17(a) ilustra una trayectoria de la corriente eléctrica cuando el interruptor de cortocircuito 42 y el interruptor de conmutación 74 están en estado de desconexión. En este caso, los medios de alisado 5a están cargados eléctricamente. En el caso de que el terminal conectado a la bobina 2 tenga el menor potencial eléctrico, puesto que los medios de alisado 5b están cargados eléctricamente, la tensión de corriente continua aplicada a la carga 6 es dos veces mayor que la tensión de corriente continua aplicada a la misma cuando se realiza la rectificación de onda completa (rectificación del duplicador de tensión).

La Fig. 17(b) ilustra un estado en el que el interruptor de cortocircuito 42 está conectado. El interruptor de conmutación 74 está desconectado. En este caso, una corriente de cortocircuito circula de manera similar a la de la Forma de realización 1. La Fig. 17(c) muestra un estado en el que el interruptor de cortocircuito 42 está desconectado y el interruptor de conmutación 74 está conectado. Al igual que en el caso descrito en la Forma de realización 1, el transformador 71 se excita, y la corriente eléctrica circula hacia una trayectoria formada por el lado secundario del transformador 71 en los medios de conmutación 7 y el elemento rectificador de conmutación 72 con el fin de llegar a ser conmutado por completo.

La Fig. 18 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 3. En el dispositivo de conversión de potencia de la Fig. 18, un punto de conexión entre los elementos rectificadores 3c y 3d y un punto de conexión entre los medios de alisado 5a y los medios de alisado 5b se conectan entre sí por medio de un interruptor 9. Cuando el interruptor 9 está desconectado, se realiza un funcionamiento similar al descrito en la Forma de realización 1 y la Forma de realización 2. Cuando el interruptor 9 se conecta, se realiza un funcionamiento similar al descrito con referencia a la Fig. 16. Por lo tanto, es posible cambiar entre rectificación de onda completa y rectificación del duplicador de tensión abriendo y cerrando el interruptor 9.

La Fig. 19 ilustra otros ejemplos de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 3. En la Fig. 19, el dispositivo de conversión de potencia tiene un condensador resonante 10 y suministra potencia utilizando la resonancia con la bobina 2. En la Fig. 19(b), los medios de alisado 5 están constituidos por los medios de alisado 5a y los medios de alisado 5b que se conectan en serie. Además, se proporcionan los elementos de supresión de circulación en sentido inverso 8a y 8b que evitan que la corriente eléctrica circule en sentido inverso desde los medios de alisado 5.

Por consiguiente, con el dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 3, se proporcionan los medios de conmutación 7a y los medios de conmutación 7b que son similares a los medios de conmutación 7 de acuerdo con la Forma de realización 1 y la Forma de realización 2, y se controla una operación de conmutación de cada uno de los medios de conmutación 7a y los medios de conmutación 7b de acuerdo con la operación de los medios de cortocircuito 4, de forma que se pueda reducir una corriente eléctrica de recuperación.

Por lo tanto, se pueden lograr ventajosamente la reducción de ruido y la reducción de pérdidas o se pueden lograr ventajosamente la reducción de tamaño del circuito y la supresión de un aumento de costes, como en la Forma de realización 1 y en la Forma de realización 2.

Forma de realización 4

- 5 La Fig. 20 ilustra un ejemplo de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 4. En la Fig. 20, los medios, los elementos y similares que realizan operaciones similares a los de, por ejemplo, la Fig. 1, reciben los mismos números de referencia. Según se muestra en la Fig. 20, en la Forma de realización 4, los dos terminales conectados a la fuente de alimentación de corriente alterna 1 se conectan a las bobinas 2a y 2b, respectivamente.
- 10 Un punto de conexión entre la bobina 2a y el elemento rectificador 3a y un punto de conexión entre la bobina 2b y el elemento rectificador 3b se conectan a los medios de cortocircuito 4a y 4b, respectivamente. Los medios de cortocircuito 4a se conectan en paralelo con un diodo de circulación en sentido inverso 43a, y los medios de cortocircuito 4b se conectan en paralelo con un diodo de circulación en sentido inverso 43b. Los medios de cortocircuito 4a y los medios de cortocircuito 4b se conectan por medio de las bobinas 2a y 2b. Cuando uno de los terminales de la fuente de alimentación de corriente alterna 1 tiene una fase con un potencial eléctrico alto, se hace que los medios de cortocircuito 4 correspondientes realicen una operación de cortocircuito.

Por consiguiente, con el dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 4, se proporcionan los medios de conmutación 7a y los medios de conmutación 7b que son similares a los medios de conmutación 7 en la Forma de realización 1 y en la Forma de realización 2, y el control de conmutación de los medios de conmutación 7a y los medios de conmutación 7b se realiza de acuerdo con la operación de los medios de cortocircuito 4a y los medios de cortocircuito 4b que son similares a los medios de cortocircuito 4, de forma que se pueda reducir una corriente eléctrica de recuperación. Por lo tanto, se pueden lograr ventajosamente la reducción de ruido y la reducción de pérdidas o se pueden lograr ventajosamente la reducción de tamaño del circuito y la supresión de un aumento de costes, como en la Forma de realización 1 y en la Forma de realización 2.

25 Forma de realización 5

- La Fig. 21 ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 5. En la Fig. 21, los medios, los elementos y similares que realizan operaciones similares a los de, por ejemplo, la Fig. 1 reciben los mismos números de referencia. Según se muestra en la Fig. 21, en la Forma de realización 5, los medios de alisado 5 están constituidos por los medios de alisado 5a y los medios de alisado 5b que se conectan en serie. Un punto de conexión entre los elementos rectificadores 3a y 3b se conecta a los medios de cortocircuito 4a, y un punto de conexión entre los elementos rectificadores 3c y 3d se conecta a los medios de cortocircuito 4b. Cada uno de los medios de cortocircuito 4a y los medios de cortocircuito 4b es un interruptor bidireccional realizado, por ejemplo, utilizando un circuito rectificador y un interruptor, como en la Fig. 2, o utilizando varios interruptores.

- 35 En el dispositivo de conversión de potencia que tiene el circuito descrito anteriormente, se proporcionan los medios de conmutación 7, como en la Forma de realización 1 o en la Forma de realización 2, y el control de conmutación de los medios de conmutación 7 se realiza de acuerdo con la operación de los medios de cortocircuito 4a y los medios de cortocircuito 4b.

- 40 La Fig. 22 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 5. En la Fig. 22, los medios de cortocircuito 4 están constituidos por un puente de diodos y dos interruptores.

Por consiguiente, incluso con la configuración mostrada en cada una de las Fig. 21 y 22, se puede reducir una corriente eléctrica de recuperación. Por lo tanto, se pueden lograr ventajosamente la reducción de ruido y la reducción de pérdidas o se pueden lograr ventajosamente la reducción de tamaño del circuito y la supresión de un aumento de costes, como en la Forma de realización 1, la Forma de realización 2, etc.

45 Forma de realización 6

- La Fig. 23 ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 6 de la presente invención. En la Fig. 23, los medios, los elementos y similares que realizan operaciones similares a los de, por ejemplo, la Fig. 1, reciben los mismos números de referencia. Los medios de cortocircuito 4 de acuerdo con la Forma de realización 6 no tienen que ser un interruptor bidireccional, y se pueden realizar mediante un interruptor tal como un IGBT o un MOS-FET. Adicionalmente, según se muestra en la Fig. 23, un elemento para evitar la circulación en sentido inverso 8 para evitar que la corriente eléctrica circule en sentido inverso desde los medios de alisado 5 se dispone entre los medios de cortocircuito 4 y los medios de alisado 5. El elemento para evitar la circulación en sentido inverso 8 se conecta en paralelo con los medios de conmutación 7.

- 50 un interruptor tal como un IGBT o un MOS-FET. Adicionalmente, según se muestra en la Fig. 23, un elemento para evitar la circulación en sentido inverso 8 para evitar que la corriente eléctrica circule en sentido inverso desde los medios de alisado 5 se dispone entre los medios de cortocircuito 4 y los medios de alisado 5. El elemento para evitar la circulación en sentido inverso 8 se conecta en paralelo con los medios de conmutación 7.
- 55 Por ejemplo, se controla el encendido y apagado del interruptor de los medios de cortocircuito 4, de tal manera que la tensión de salida alisada mediante los medios de alisado 5 se iguale a un valor de tensión deseado. Alternativamente, el control se puede realizar de tal manera que la corriente eléctrica de entrada procedente de la fuente de alimentación de corriente alterna 1 se haga igual a un valor de corriente eléctrica deseado. Como alternativa adicional, el control se

puede realizar de tal manera que la tensión de salida mencionada anteriormente y la corriente eléctrica de entrada mencionada anteriormente se hagan iguales a los valores deseados.

5 En el dispositivo de conversión de potencia que tiene el circuito descrito anteriormente, se proporcionan los medios de conmutación 7 como, por ejemplo, en la Forma de realización 1, y el control de conmutación de los medios de conmutación 7 se realiza de acuerdo con la operación de los medios de cortocircuito 4. Por lo tanto, se puede reducir una corriente eléctrica de recuperación, de modo se puedan lograr ventajosamente la reducción de ruido y la reducción de pérdidas o de modo se puedan lograr ventajosamente la reducción de tamaño del circuito y la supresión de un aumento de costes como, por ejemplo, en la Forma de realización 1.

10 La Fig. 24 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 6. El dispositivo de conversión de potencia en la Fig. 24 se obtiene proporcionando dos sistemas de bobinas 2 conectados en paralelo, medios de cortocircuito 4 y elementos de supresión de circulación en sentido inverso 8 en el dispositivo de conversión de potencia mostrado en la Fig. 23. Con respecto a las bobinas 2, los medios de cortocircuito 4 y los elementos de supresión de circulación en sentido inverso 8, el número de sistemas conectados en paralelo no se limita a dos y puede ser más de dos.

15 Por ejemplo, se controla el encendido y apagado de los interruptores de los medios de cortocircuito 4a y los medios de cortocircuito 4b de tal manera que la tensión de salida alisada mediante el medio de alisado 5 se haga igual a un valor de tensión deseado. Alternativamente, el control se puede realizar de tal manera que la corriente eléctrica de entrada procedente de la fuente de alimentación de corriente alterna 1 se haga igual a un valor de corriente eléctrica deseado. Como alternativa adicional, el control se puede realizar de tal manera que la tensión de salida mencionada  
20 anteriormente y la corriente eléctrica de entrada mencionada anteriormente se hagan iguales a los valores deseados.

En este caso, los medios de cortocircuito 4a y los medios de cortocircuito 4b no necesitan necesariamente conectarse y desconectarse al mismo tiempo. Por ejemplo, al realizar un control con una diferencia de fase arbitraria durante un ciclo de cambio, las corrientes de ondulación que se producen en los sistemas se contrarrestan entre sí, de forma que se puede reducir una corriente de ondulación en la corriente eléctrica de entrada. Se puede lograr un efecto máximo  
25 cuando la diferencia de fase es de 180 grados. En el caso de que se proporcionen tres sistemas, se puede lograr un efecto máximo cuando la diferencia de fase sea de 120 grados. Por consiguiente, el efecto de contrarrestar las corrientes de ondulación se maximiza ajustando la diferencia de fase a 360 grados/n cuando el número de sistemas es igual a n. El efecto antes mencionado aumenta con el aumento del número de sistemas.

30 La Fig. 25 ilustra otros ejemplos de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 6. A diferencia de la configuración mostrada en la Fig. 23, la bobina 2 se proporciona en el lado de la fuente de alimentación de corriente alterna 1 en la configuración de la Fig. 25(a). La Fig. 25(b) muestra una modificación de la configuración en la Fig. 24. En la Fig. 25(c), las bobinas 2a y 2b se proporcionan en las trayectorias de los medios de cortocircuito 4. Los medios de cortocircuito 4 en la Fig. 25(c) incluyen los elementos rectificadores 41a a 41d y los interruptores de cortocircuito 42a a 42d que se conectan en paralelo, respectivamente, y tiene un condensador de cortocircuito 43 para lograr una función de los medios de cortocircuito 4 similar a la de, por ejemplo,  
35 la Forma de realización 1 y la Forma de realización 2.

La Fig. 26 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 6. Según se muestra en la Fig. 26(a), el dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 6 es un convertidor matricial. Además, por ejemplo, un motor inductor trifásico sirve como la carga 6. Según  
40 se muestra en la Fig. 26(b), los interruptores 11 (11a a 11i) del convertidor matricial están constituidos cada uno de ellos por un interruptor bidireccional. Los elementos de supresión de circulación en sentido inverso y similares que constituyen los interruptores bidireccionales se conectan a los medios de conmutación 7a y a los medios de conmutación 7b, de forma que se pueda realizar el control de conmutación.

La Fig. 27 ilustra otro ejemplo de configuración del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 6. Según se muestra en la Fig. 27, el dispositivo de conversión de potencia se puede formar conectando los medios de conmutación 7a a 7d en paralelo con los elementos de supresión de circulación en sentido inverso 8a a 8d, respectivamente, en las trayectorias de corriente eléctrica.  
45

En el dispositivo de conversión de potencia que tiene el circuito descrito anteriormente, se proporcionan los medios de conmutación 7 como, por ejemplo, en la Forma de realización 1 o en la Forma de realización 2, y el control de conmutación de los medios de conmutación 7 se realiza de acuerdo con la función de, por ejemplo, los medios de cortocircuito 4. Por lo tanto, se puede reducir la corriente eléctrica de recuperación, por lo que se pueden lograr ventajosamente la reducción de ruido y la reducción de pérdidas o se pueden lograr ventajosamente la reducción de tamaño del circuito y la supresión de un aumento de costes como, por ejemplo, en la Forma de realización 1 y en la Forma de realización 2.  
50

55 Forma de realización 7

Las Fig. 28 a 37 ilustran ejemplos de configuración de un dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 7 de la presente invención. En las Fig. 28 a 37, los medios, los elementos y similares que realizan operaciones similares a los de, por ejemplo, la Fig. 1, reciben los mismos números de referencia.

En cada una de la Forma de realización 1 a la Forma de realización 6 descritas anteriormente, el dispositivo de conversión de potencia corresponde a una fuente de alimentación de corriente alterna 1 monofásica. Por ejemplo, según se muestra en las Fig. 28 a 37, se puede proporcionar con los medios de conmutación 7 un dispositivo de conversión de potencia de un tipo similar que corresponda a una fuente de alimentación de corriente alterna trifásica y que realice el control de conmutación. En el dispositivo de conversión de potencia mostrado en cada una de las Fig. 28 a 37, se puede reducir una corriente eléctrica de recuperación, de modo que se pueda lograr ventajosamente una reducción de ruido y una reducción de pérdidas o se pueda lograr ventajosamente una reducción de tamaño del circuito y la supresión de un aumento de costes, como, por ejemplo, en la Forma de realización 1.

Forma de realización 8

La Fig. 38 es un diagrama de configuración de un aparato de refrigeración y aire acondicionado de acuerdo con la Forma de realización 8 de la presente invención. En la Forma de realización 8, se describirá un aparato de refrigeración y aire acondicionado al que se suministra con potencia eléctrica por medio del dispositivo de conversión de potencia mencionado anteriormente. El aparato de refrigeración y aire acondicionado de la Fig. 38 incluye una unidad del lado de la fuente de calor (es decir, una unidad exterior) 300 y una unidad del lado de la carga (es decir, una unidad interior) 400 que se conectan mediante tuberías de refrigerante de forma que se forme un circuito de refrigerante principal (en lo sucesivo en la presente memoria denominado como "circuito principal de refrigerante") a través del cual circula un refrigerante. Las tuberías de refrigerante incluyen una tubería de gas 500 a través de la cual circula un refrigerante en un estado gaseoso (es decir, un refrigerante gas) y una tubería de líquido 600 a través de la cual circula un refrigerante en un estado líquido (es decir, un refrigerante líquido, o a veces un refrigerante de dos fases gas-líquido).

En la Forma de realización 8, la unidad 300 del lado de la fuente de calor está constituida por dispositivos (es decir, medios) que incluyen un compresor 301, un separador de aceite 302, una válvula de cuatro vías 303, un intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 304, un ventilador del lado de la fuente de calor 305, un acumulador 306, un dispositivo de expansión del lado de la fuente de calor (es decir, una válvula de expansión) 307, un intercambiador de calor intermedio 308, un dispositivo de expansión de derivación 309 y un dispositivo de control del lado de la fuente de calor 310.

El compresor 301 aspira un refrigerante, comprime el refrigerante y descarga el refrigerante. El compresor 301 es de un tipo cuya frecuencia de operación puede cambiar arbitrariamente de tal manera que la capacidad (es decir, una cantidad de refrigerante alimentado por unidad de tiempo) del compresor 301 se puede ajustar finamente. El dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con una cualquiera de la Forma de realización 1 a la Forma de realización 7 descritas anteriormente se conecta entre, por ejemplo, la fuente de alimentación de corriente alterna 1, que suministra potencia eléctrica para accionar el compresor 301 (es decir, un motor), y el compresor 301 que actúa como la carga 6.

El separador de aceite 302 se configura para separar un lubricante, que se mezcla en el refrigerante y se descarga del compresor 301, del refrigerante. El lubricante separado se devuelve al compresor 301. La válvula de cuatro vías 303 cambia la circulación del refrigerante entre un modo de operación de enfriamiento y un modo de operación de calentamiento en función de un comando del dispositivo de control del lado de la fuente de calor 310. El intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 304 intercambia calor entre el refrigerante y el aire (es decir, el aire exterior). Por ejemplo, durante la operación de calentamiento, el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 304 funciona como un evaporador e intercambia calor entre el aire y un refrigerante de baja presión que circula al mismo por medio del dispositivo de expansión del lado de la fuente de calor 307 con el fin de evaporar y gasificar el refrigerante. Durante la operación de enfriamiento, el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 304 funciona como un condensador e intercambia calor entre el aire y un refrigerante que circula al mismo desde la válvula de cuatro vías 303 y se comprime mediante el compresor 301 con el fin de condensar y licuar el refrigerante. Para intercambiar eficientemente el calor entre el refrigerante y el aire, el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 304 se dota con el ventilador del lado de la fuente de calor 305. Con respecto al ventilador del lado de la fuente de calor 305, la velocidad de rotación del ventilador se puede ajustar con precisión suministrando potencia eléctrica al mismo por medio del dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la Forma de realización 1 descrita anteriormente y, por ejemplo, cambiando arbitrariamente la frecuencia de operación de un motor de ventilador en un inversor que actúa como la carga 6.

El intercambiador de calor intermedio 308 intercambia calor entre un refrigerante que circula a través de una trayectoria de circulación principal del circuito de refrigerante y un refrigerante que se ha desviado desde dicha trayectoria mencionada anteriormente y cuyo caudal se ha ajustado mediante el dispositivo de expansión de derivación 309 (es decir, una válvula de expansión). En particular, cuando el refrigerante necesita ser sobreenfriado durante la operación de enfriamiento, el intercambiador de calor intermedio 308 sobreenfría el refrigerante y suministra el refrigerante a la unidad 400 del lado de la carga. El líquido que circula por medio del dispositivo de expansión de derivación 309 se devuelve al acumulador 306 por medio de una tubería de derivación. El acumulador 306 es, por ejemplo, un medio para almacenar el exceso de refrigerante líquido. El dispositivo de control del lado de la fuente de calor 310 está formado, por ejemplo, por un microordenador. El dispositivo de control del lado de la fuente de calor 310 es capaz de comunicarse con un dispositivo de control del lado de la carga 404 de forma cableada o inalámbrica. Por ejemplo, en función de datos relacionados con la detección mediante diversas clases de medios de detección (por ejemplo, sensores) dentro del aparato de refrigeración y aire acondicionado, el dispositivo de control del lado de la fuente de calor 310 controla el funcionamiento global del aparato de refrigeración y aire acondicionado controlando cada uno de

los medios relacionados con el aparato de refrigeración y aire acondicionado, tal como controlando la frecuencia de operación del compresor 301 mediante el control de un circuito inversor. Adicionalmente, el procesamiento realizado por los medios de control 102 descrito en cada una de la Forma de realización 1 a la Forma de realización 7 se puede realizar mediante el dispositivo de control del lado de la fuente de calor 310.

5 La unidad del lado de la carga 400 incluye un intercambiador de calor del lado de la carga 401, un dispositivo de expansión del lado de la carga 402 (es decir, una válvula de expansión), un ventilador del lado de la carga 403 y el dispositivo de control del lado de la carga 404. El intercambiador de calor del lado de la carga 401 intercambia calor entre un refrigerante y el aire. Por ejemplo, durante la operación de calentamiento, el intercambiador de calor del lado de la carga 401 funciona como un condensador e intercambia calor entre el aire y un refrigerante que circula al mismo  
10 desde la tubería de gas 500 con el fin de condensar y licuar el refrigerante (o para cambiar el refrigerante a un estado de dos fases gas-líquido), y descarga el refrigerante hacia la tubería de líquido 600. Durante la operación de enfriamiento, el intercambiador de calor del lado de la carga 401 funciona como un evaporador e intercambia calor entre el aire y un refrigerante cambiado a un estado de baja presión mediante el dispositivo de expansión del lado de la carga 402 con el fin de evaporar y gasificar el refrigerante haciendo que el refrigerante reciba calor del aire y  
15 descargue el refrigerante hacia la tubería de gas 500. Adicionalmente, la unidad del lado de la carga 400 se dota con el ventilador del lado de la carga 403 para ajustar la circulación de aire que debe intercambiar calor con el refrigerante. La velocidad de operación del ventilador del lado de la carga 403 es ajustada, por ejemplo, por un usuario. El dispositivo de expansión del lado de la carga 402 se proporciona para ajustar la presión del refrigerante dentro del intercambiador de calor del lado de la carga 401 cambiando el grado de apertura del dispositivo de expansión del lado  
20 de la carga 402.

El dispositivo de control del lado de la carga 404 también se forma, por ejemplo, por un microordenador y es capaz de comunicarse, por ejemplo, con el dispositivo de control del lado de la fuente de calor 310 de forma cableada o inalámbrica. En función de un comando del dispositivo de control del lado de la fuente de calor 310 o un comando de,  
25 por ejemplo, un residente, cada dispositivo (es decir, medio) en la unidad del lado de la carga 400 se controla de tal manera que, por ejemplo, la temperatura interior se ajusta a una temperatura predeterminada. Adicionalmente, se transmite una señal que contiene datos relacionados con la detección mediante los medios de detección proporcionados en la unidad del lado de la carga 400.

Por consiguiente, en el aparato de refrigeración y aire acondicionado de acuerdo con la Forma de realización 8, la potencia eléctrica se suministra, por ejemplo, al compresor 301 y al ventilador del lado de la fuente de calor 305  
30 utilizando el dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con una cualquiera de la Forma de realización 1 a la Forma de realización 7 descritas anteriormente, de modo que se pueda obtener un aparato de refrigeración y aire acondicionado altamente eficiente y altamente fiable.

#### Aplicabilidad Industrial

35 Aunque la Forma de realización 8 descrita anteriormente se dirige a un caso donde el dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la presente invención se aplica al aparato de refrigeración y aire acondicionado, la presente invención no se limita a lo anterior. El dispositivo de conversión de potencia de acuerdo con la presente invención también se puede aplicar a, por ejemplo, un aparato bomba de calor, un aparato que utilice un ciclo de refrigeración (es decir, un ciclo de bomba de calor), tal como un frigorífico, un aparato de transporte, tal como un ascensor, o un iluminador (sistema). En ese caso, se pueden presentar ventajas similares.

#### 40 Lista de signos de referencia

1 fuente de alimentación de corriente alterna 2, 2a, 2b bobina 3 circuito rectificador 3a a 3d elemento rectificador 4, 4a, 4b medios de cortocircuito 5, 5a, 5b medios de alisado 6 carga 7, 7a a 7d medios de conmutación 8, 8a a 8d  
45 elemento para evitar la circulación en sentido inverso 9 interruptor 10 condensador resonante 41 circuito rectificador de cortocircuito 41a a 41d elemento rectificador 42 interruptor de cortocircuito 43 condensador de cortocircuito 71 transformador 72 elemento rectificador de conmutación 73 circuito de activación del transformador 74 interruptor de conmutación 75 fuente de alimentación de conmutación 76 condensador 101 detector de corriente eléctrica de entrada 102 medios de control 103 unidad de generación de señal de activación 111,112 unidad de cálculo de valores absolutos 113 unidad de sustracción 114 unidad de control PI 300 unidad del lado de la fuente de calor 301 compresor 302 separador de aceite 303 válvula de cuatro vías 304 intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 305  
50 ventilador del lado de la fuente de calor 306 acumulador 307 dispositivo de expansión del lado de la fuente de calor 308 intercambiador de calor intermedio 309 dispositivo de expansión de derivación 310 dispositivo de control del lado de la fuente de calor 400 unidad del lado de la carga 401 intercambiador de calor del lado de la carga 402 dispositivo de expansión del lado de la carga 403 ventilador del lado de la carga 404 dispositivo de control del lado de la carga 500 tubería de gas 600 tubería de líquido

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo de conversión de potencia que comprende:
  - un circuito rectificador (3) configurado para rectificar la tensión de una fuente de alimentación de corriente alterna;
  - un condensador de alisado (5) que se configura para alisar la tensión de salida del circuito rectificador (3);
- 5 unos segundos medios de cortocircuito que se disponen entre la fuente de alimentación de corriente alterna y el condensador de alisado (5) y que se configuran para cortocircuitar la fuente de alimentación de corriente alterna abriendo y cerrando un interruptor (42);
  - una bobina que se dispone entre la fuente de alimentación de corriente alterna y los segundos medios de cortocircuito;
  - unos medios para evitar la circulación en sentido inverso que se configuran para evitar que una corriente eléctrica circule en sentido inverso desde el condensador de alisado (5) en donde,
- 10 los medios para evitar la circulación en sentido inverso comprenden
  - un elemento para evitar la circulación en sentido inverso (3a, 3c, 8) que se conecta entre una fuente de alimentación (1) y una carga (6) y que se configura para evitar que una corriente eléctrica circule en sentido inverso desde la carga (6) hacia la fuente de alimentación (1),
- 15 medios de conmutación (7) para realizar una operación de conmutación para hacer que la corriente eléctrica que circula a través del elemento para evitar la circulación en sentido inverso (3a, 3c, 8) circule hacia una trayectoria diferente que se conecta en paralelo con el elemento para evitar la circulación en sentido inverso (3a, 3c, 8) en un momento en función de una señal de activación,
  - en donde los medios de conmutación (7) incluyen
- 20 un elemento rectificador de conmutación (72) que se configura para rectificar la corriente eléctrica que circula a través de las diferentes trayectorias, cuando se produce una recuperación inversa del elemento para evitar la circulación en sentido inverso (3a),
  - un transformador (71) que se configura para realizar la operación de conmutación aplicando tensión en función de la tensión de relación de un devanado primario con un devanado secundario en la trayectoria diferente, y
- 25 un dispositivo de conducción del transformador (73) que se configura para controlar la aplicación de tensión al devanado primario del transformador (71),
  - en la que el dispositivo de conducción del transformador (73)
  - tiene una fuente de alimentación de conmutación (75) y un interruptor de conmutación (74) y se conecta al devanado primario del transformador (71), y se configura para controlar una corriente eléctrica que circula desde la fuente de
- 30 alimentación de conmutación (75) hacia el devanado primario del transformador (71) mediante la apertura y cierre del interruptor de conmutación (74); y
  - medios de control (102) que se configuran para realizar el control de conmutación de los medios para evitar la circulación en sentido inverso y para controlar la apertura y cierre del interruptor (42) en los segundos medios de cortocircuito,
- 35 en donde el interruptor de conmutación (74) se configura para cerrarse inmediatamente antes de que se cierre el interruptor (42) de los segundos medios de cortocircuito.
2. El dispositivo de conversión de potencia de la reivindicación 1, en donde
  - varios elementos de supresión de circulación en sentido inverso (3a, 3c) se conectan en paralelo con los respectivos elementos rectificadores de conmutación (72) y los respectivos devanados secundarios del transformador (71), y
- 40 el devanado primario del transformador (71) se comparte.
3. El dispositivo de conversión de potencia de la reivindicación 2,
  - en donde los devanados secundarios se enrollan en sentido inverso uno con respecto al otro de forma que cada operación de conmutación de los elementos de supresión de circulación en sentido inverso (3a, 3c) se configura para que se realice en un momento diferente.
- 45 4. El dispositivo de conversión de potencia de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
  - en donde se utiliza un semiconductor de banda de energías prohibidas ancha como el elemento rectificador de conmutación (72).

5. El dispositivo de conversión de potencia de la reivindicación 4,  
en donde el semiconductor de banda de energías prohibidas ancha está compuesto de carburo de silicio, nitruro de galio, o diamante.
6. El dispositivo de conversión de potencia de las reivindicaciones 1 a 5,  
5 en donde los medios de control (102) se configuran para hacer que los medios de conmutación (7) inicien la operación de conmutación antes de que se produzca un cortocircuito en la fuente de alimentación de corriente alterna, cerrando el interruptor (42) de los segundos medios de cortocircuito.
7. El dispositivo de conversión de potencia de las reivindicaciones 1 a 6,  
10 en donde los medios de control (102) se configuran para hacer que los medios de conmutación (7) completen la operación de conmutación dentro de un tiempo predeterminado que incluye un momento en el que el interruptor (42) de los segundos medios de cortocircuito se cierra.
8. El dispositivo de conversión de potencia de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7,  
15 en donde una fuente de alimentación para activar los medios de conmutación (7) es una fuente de alimentación común que actúa al menos como una fuente de alimentación de activación para los segundos medios de cortocircuito y una fuente de alimentación que suministra tensión a los medios de control (102).
9. El dispositivo de conversión de potencia de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8,  
en donde los medios de conmutación (7) se configuran para realizar la operación de conmutación de acuerdo con una fase de la tensión de la fuente de alimentación de corriente alterna.
- 20 10. Un aparato de refrigeración y aire acondicionado que comprende el dispositivo de conversión de potencia de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 para accionar al menos uno de un compresor (301) y un dispositivo de envío de aire (305).

FIG. 1

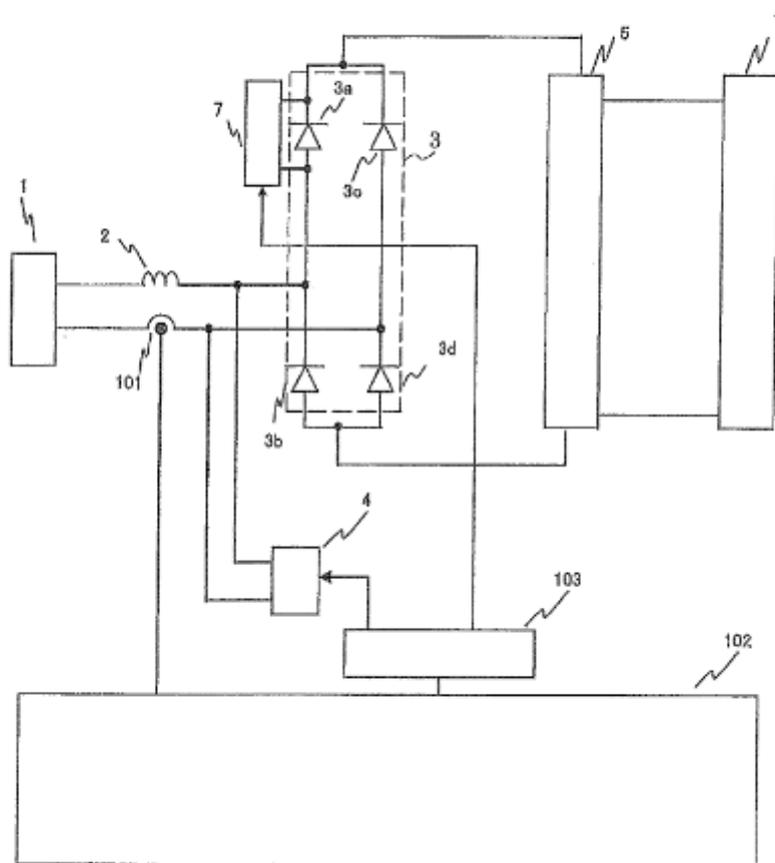
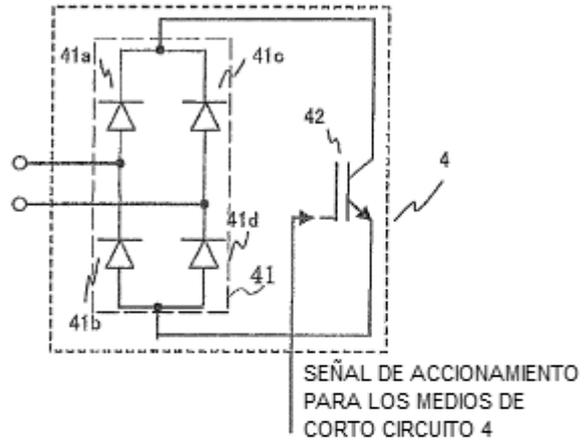


FIG. 2

(a)



(b)

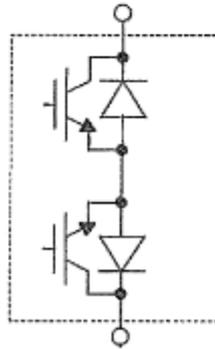


FIG. 3

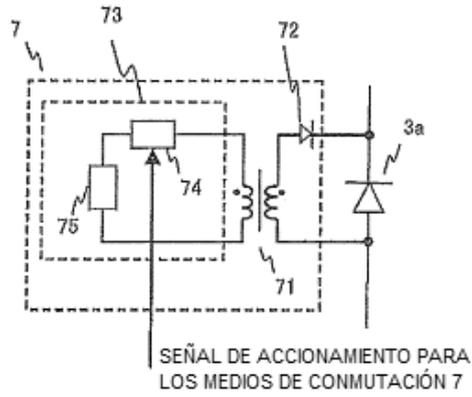


FIG. 4

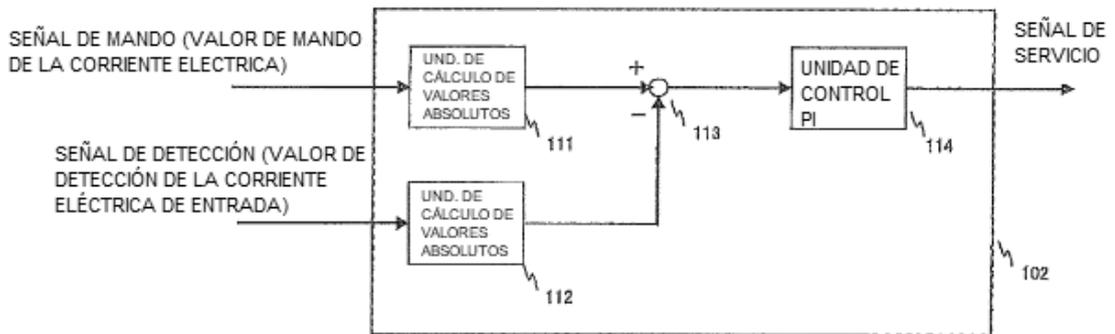
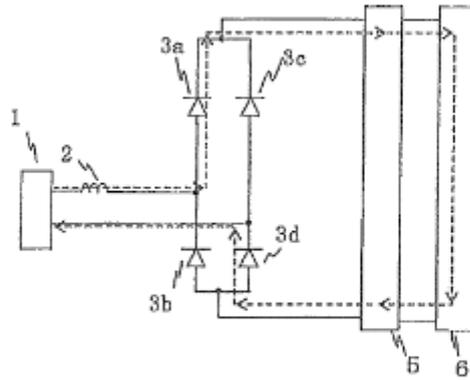
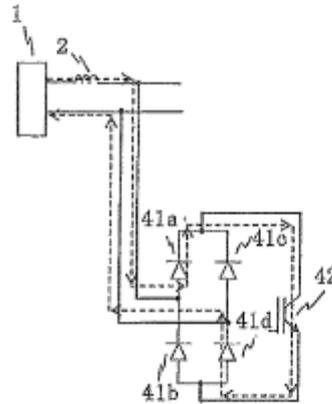


FIG. 5

(a)



(b)



(c)

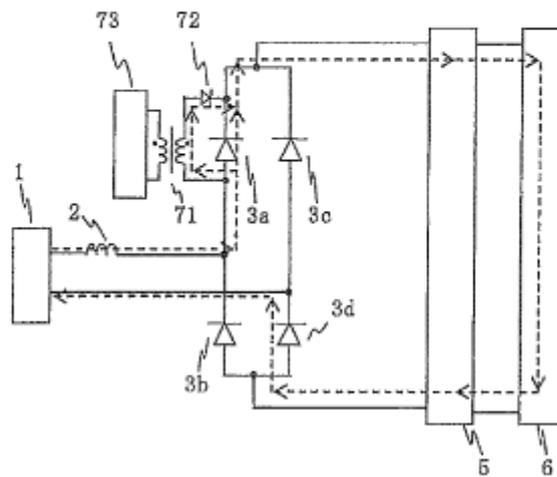


FIG. 6

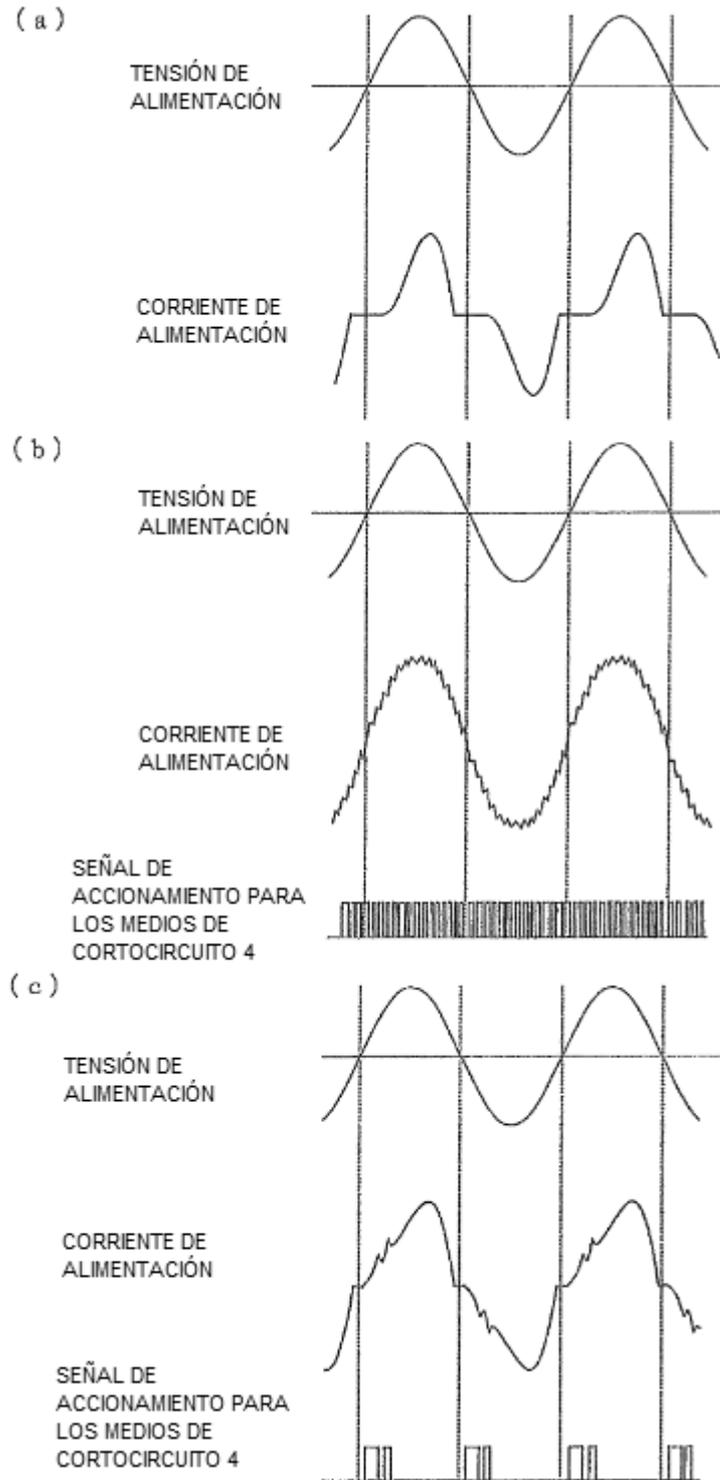


FIG. 7

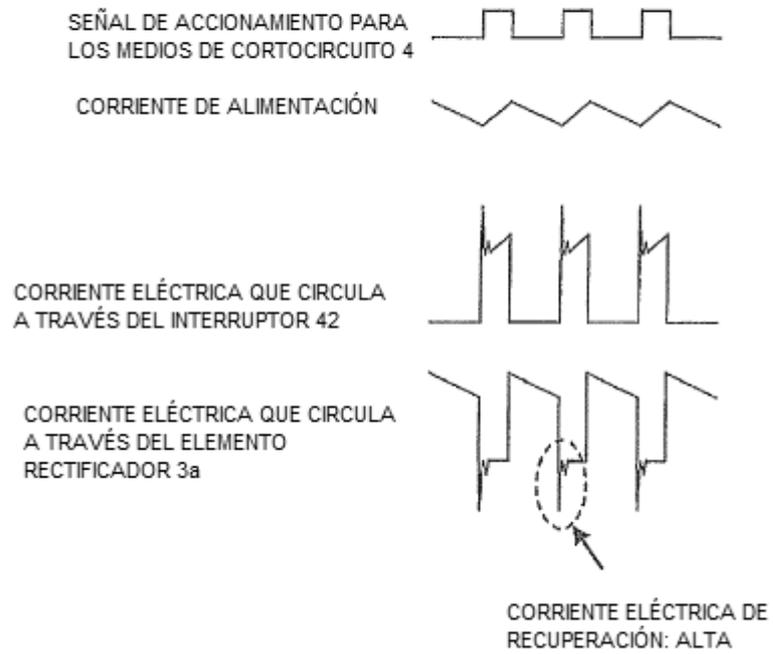


FIG. 8

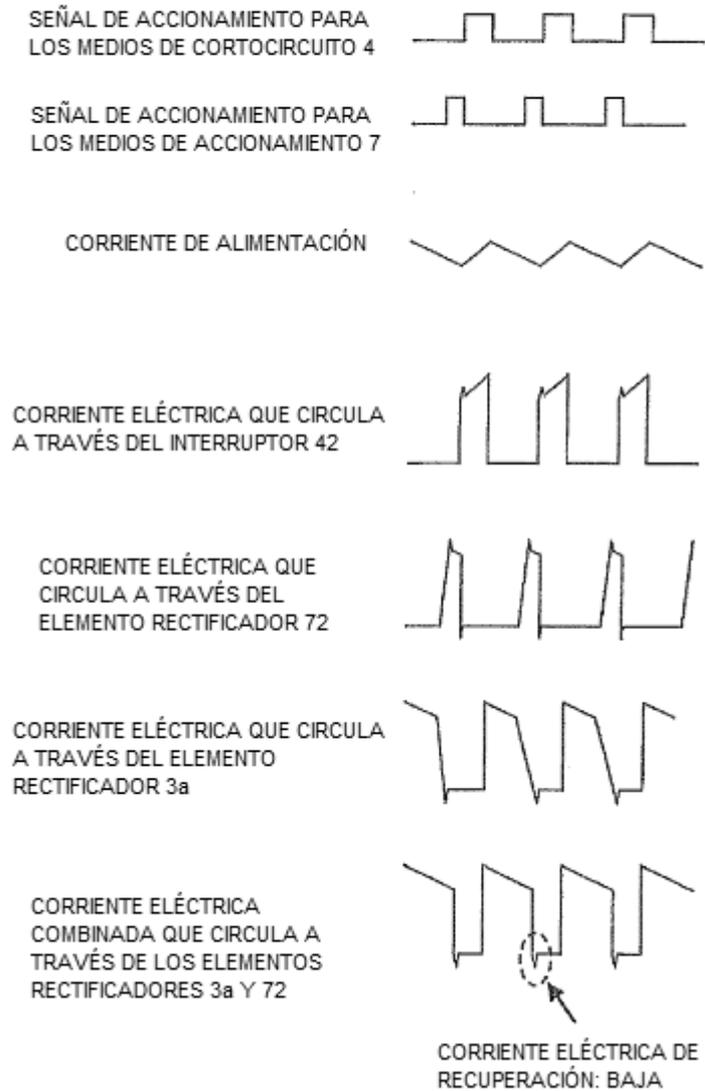


FIG. 9

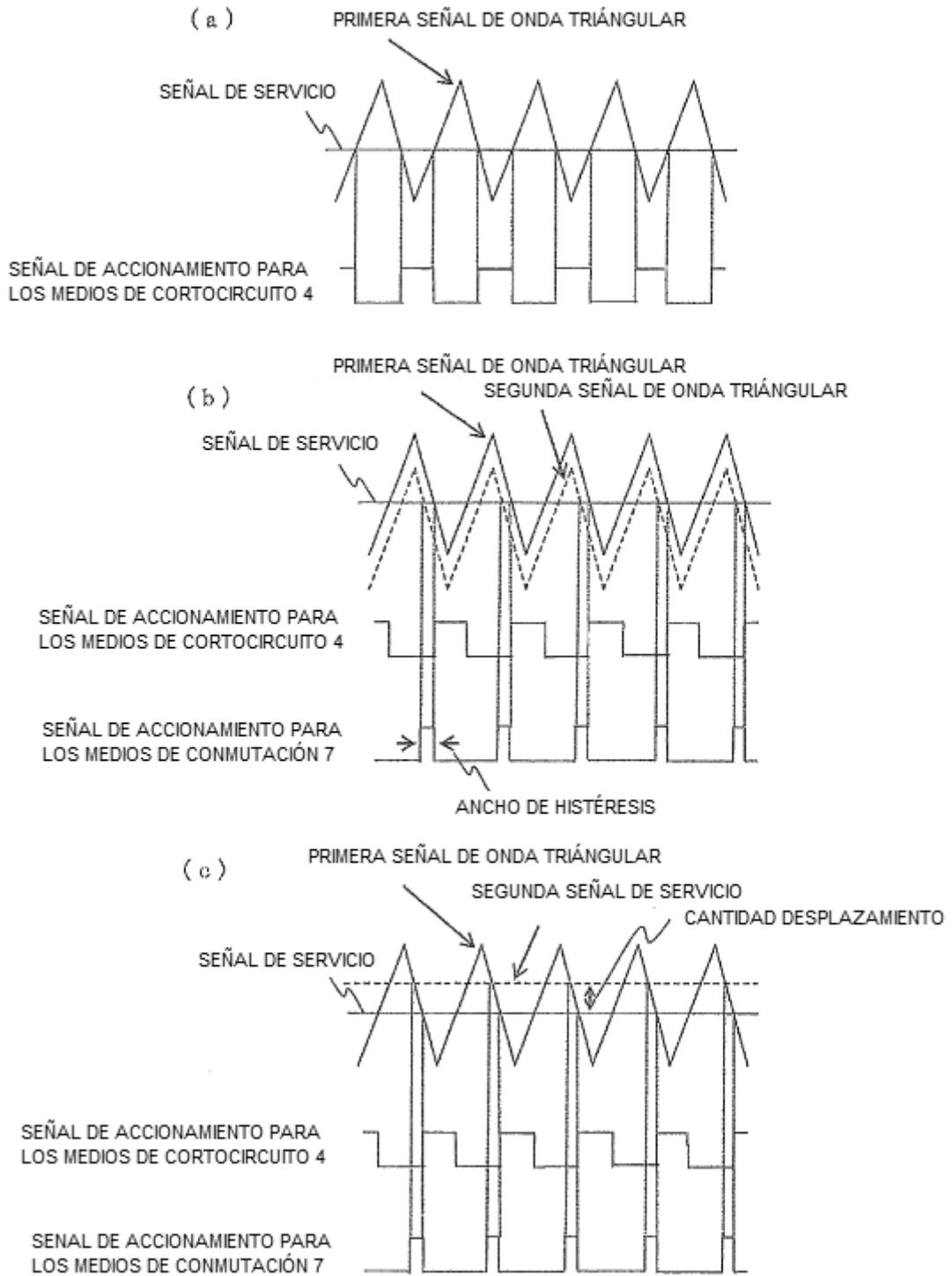


FIG. 10

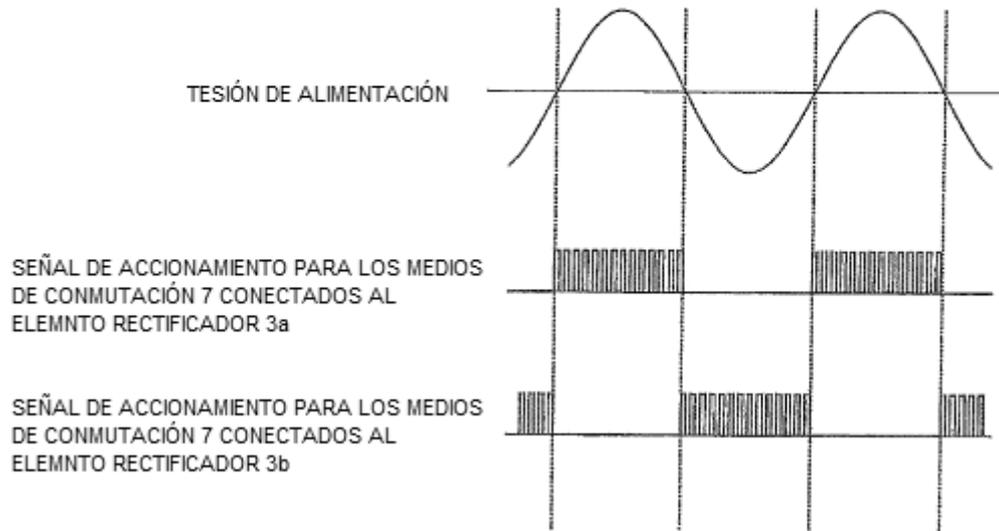


FIG. 11

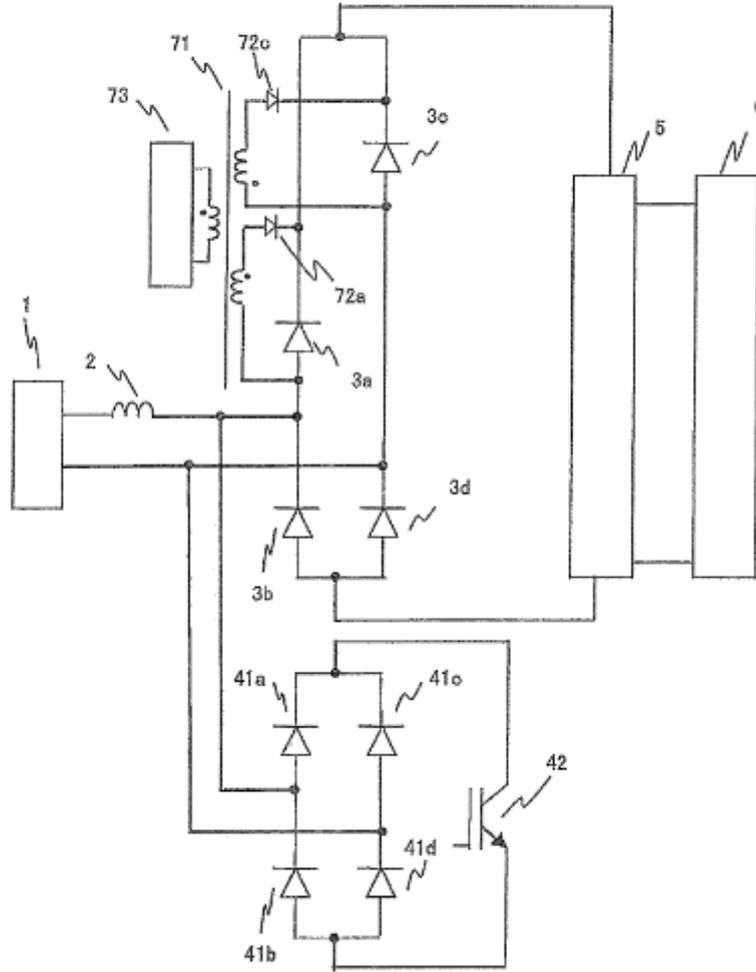


FIG. 12

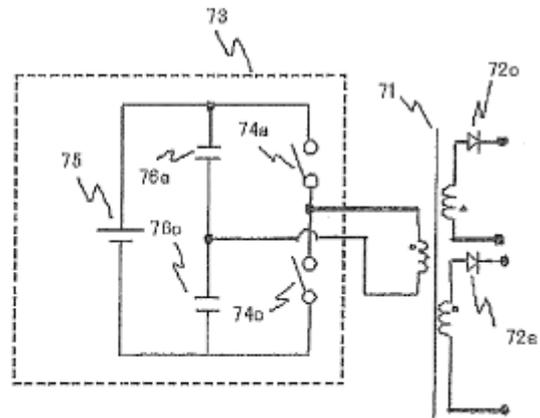


FIG. 13

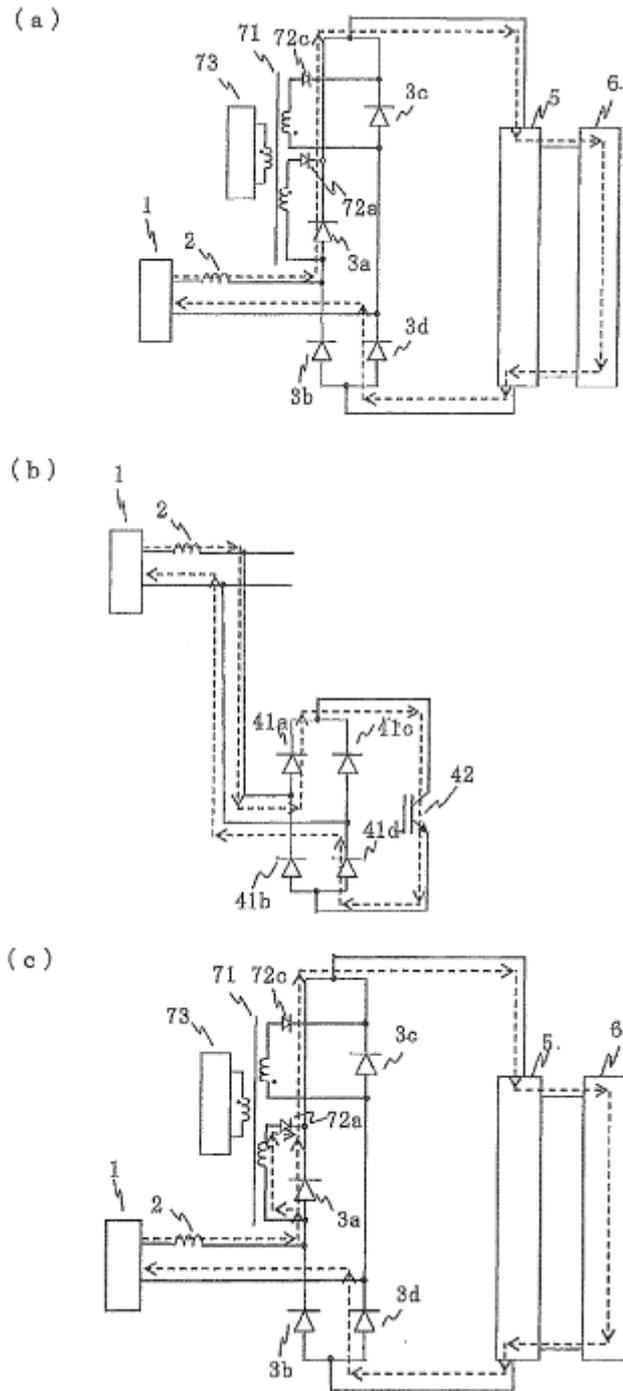


FIG. 14

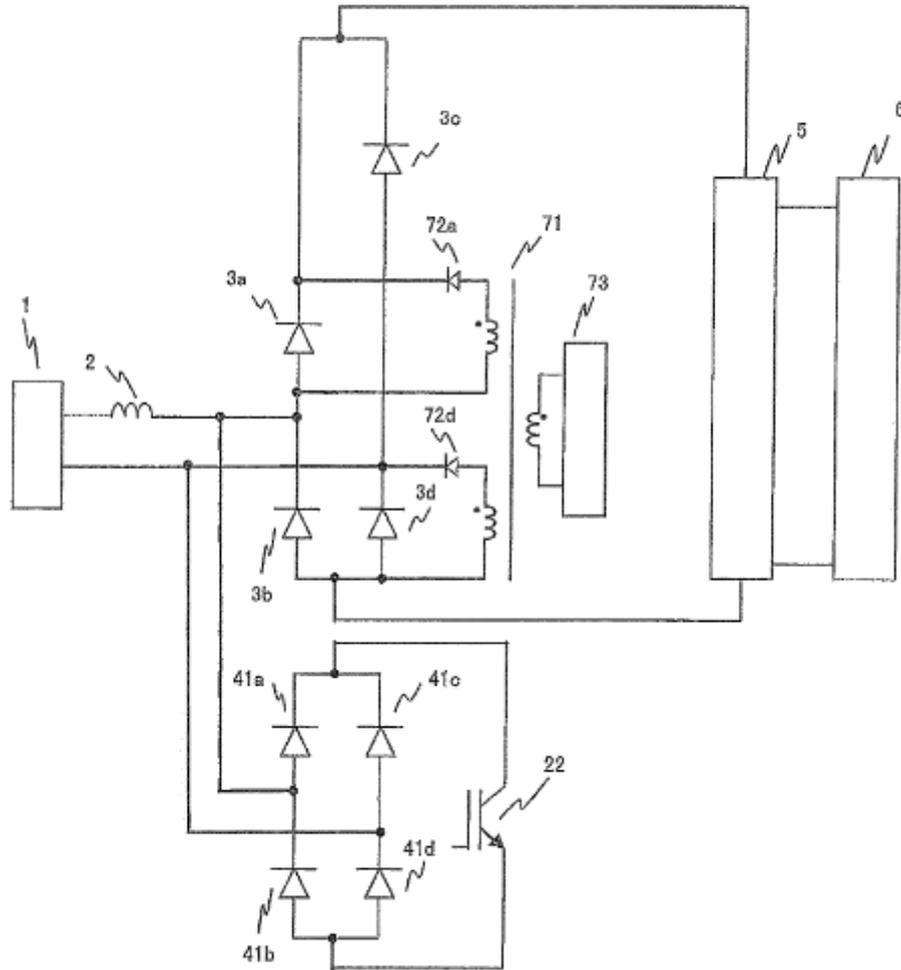


FIG. 15

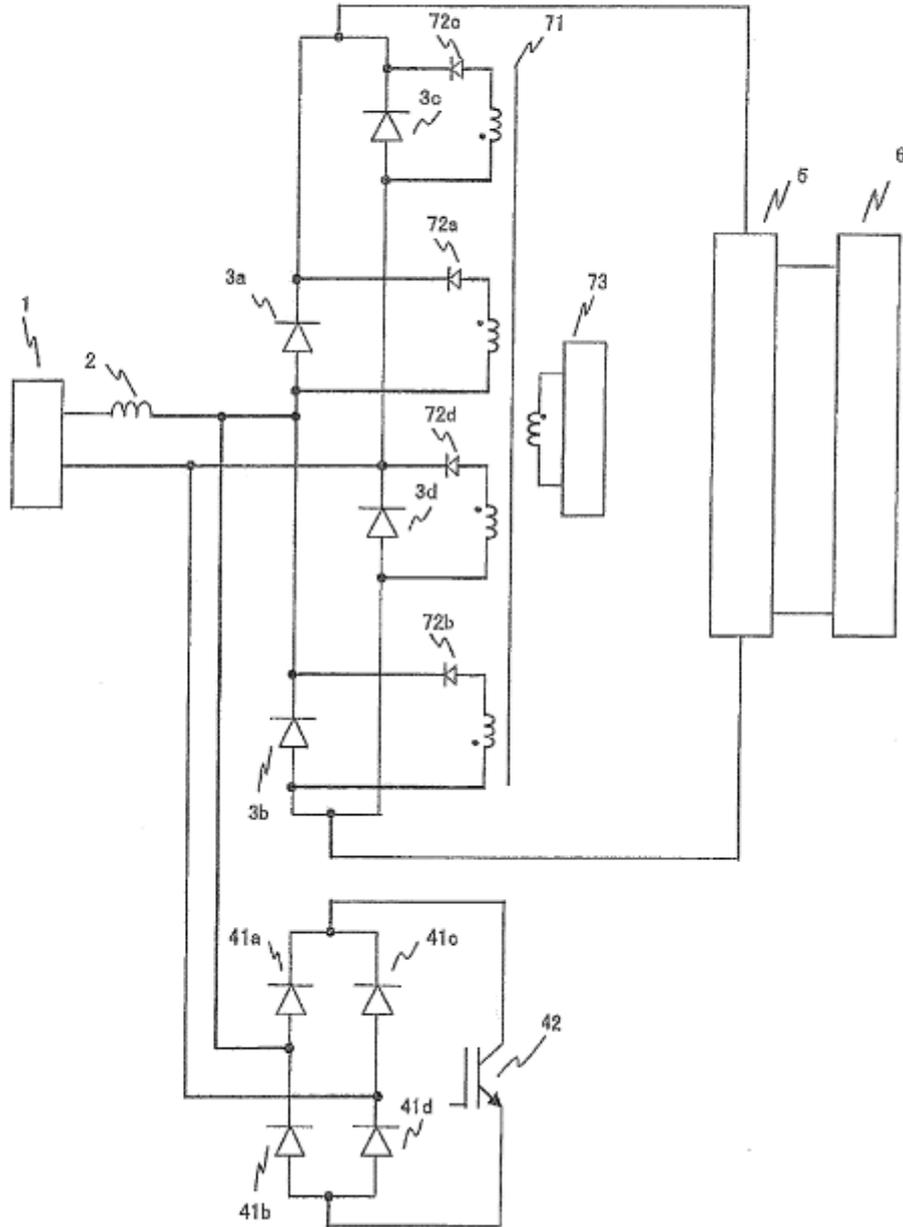


FIG. 16

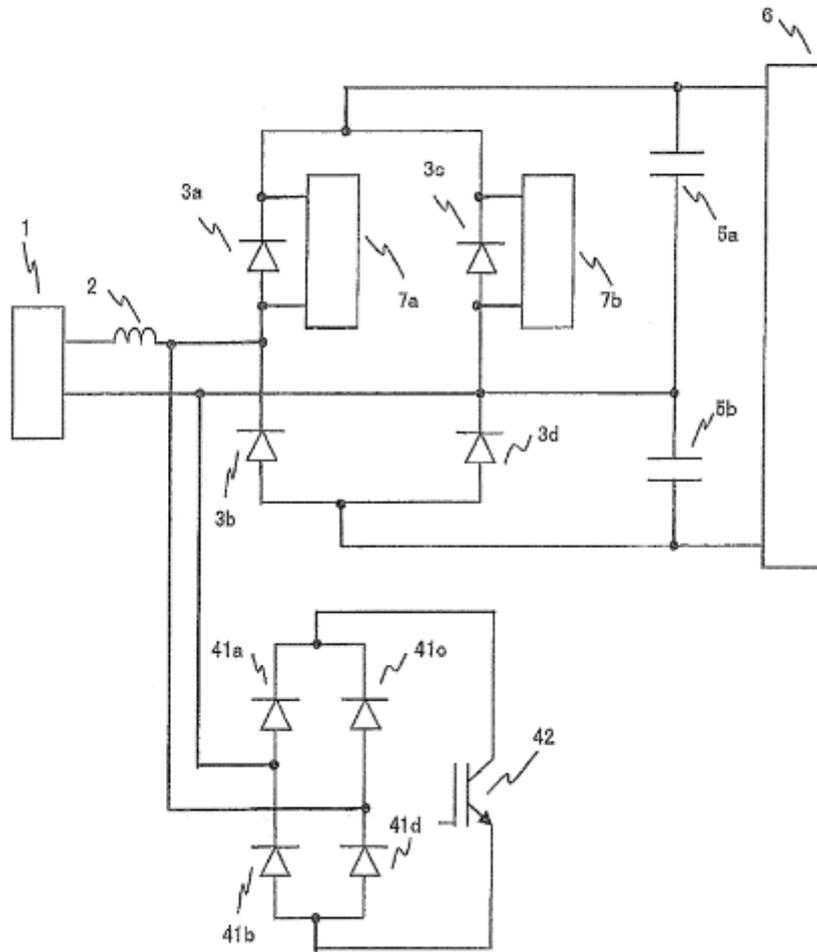
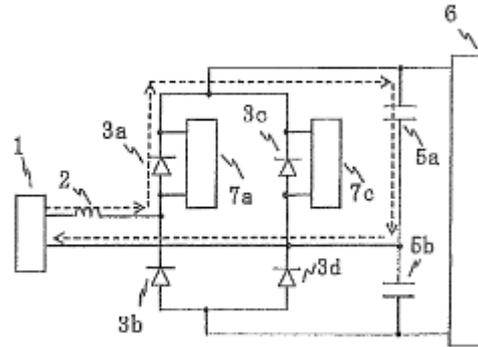
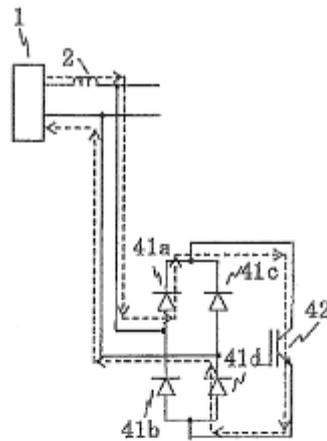


FIG. 17

(a)



(b)



(c)

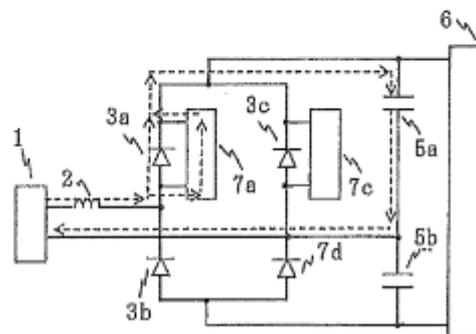


FIG. 18

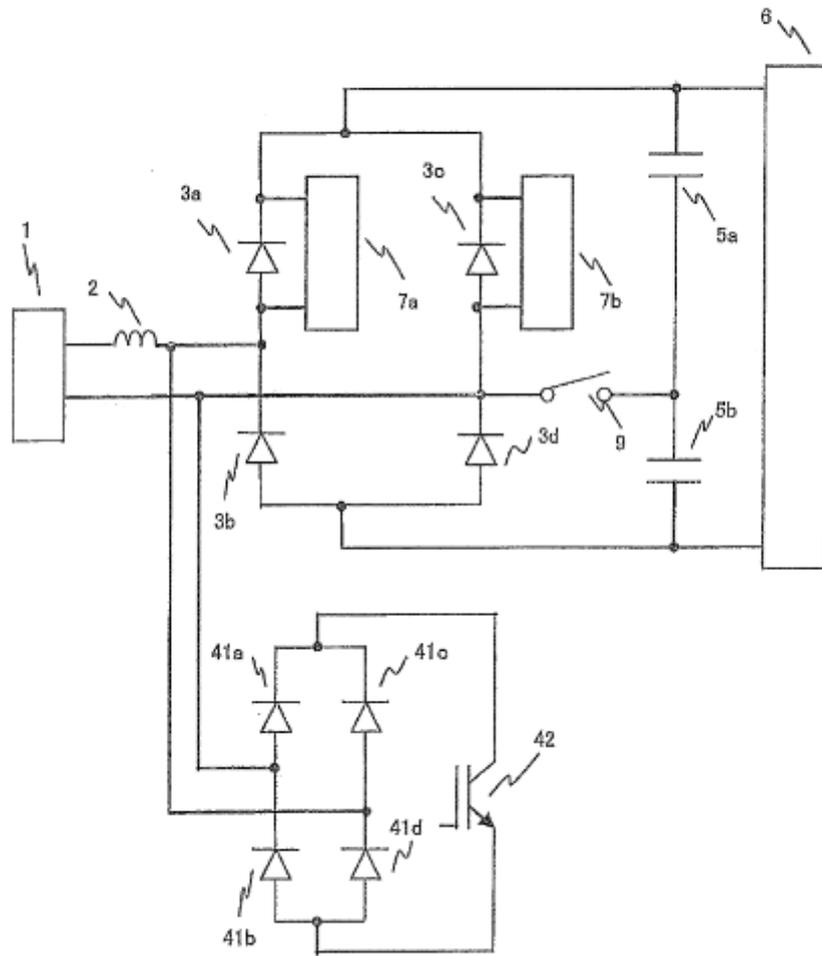


FIG. 19

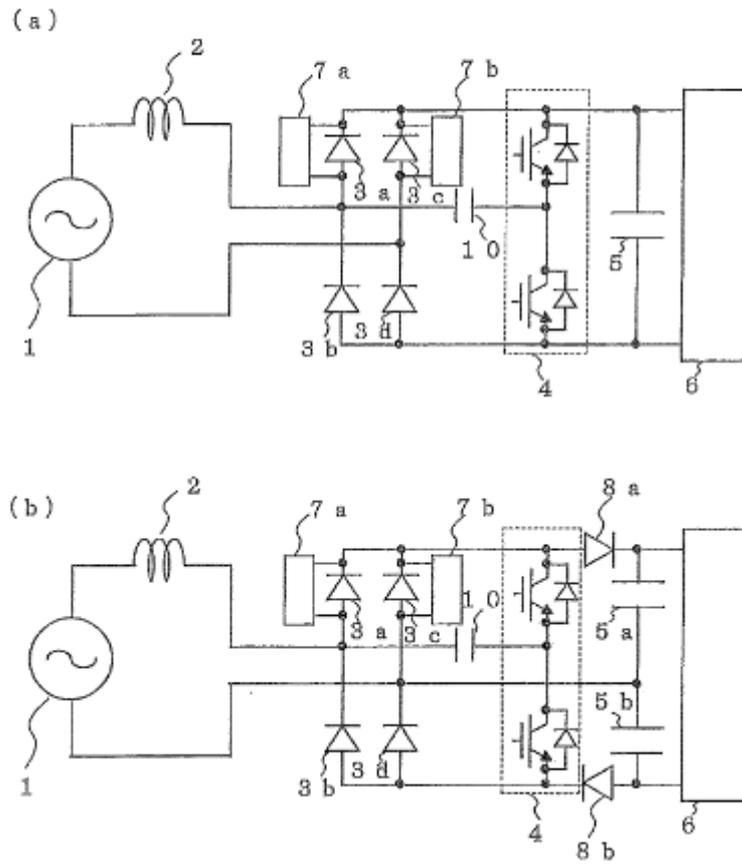


FIG. 20

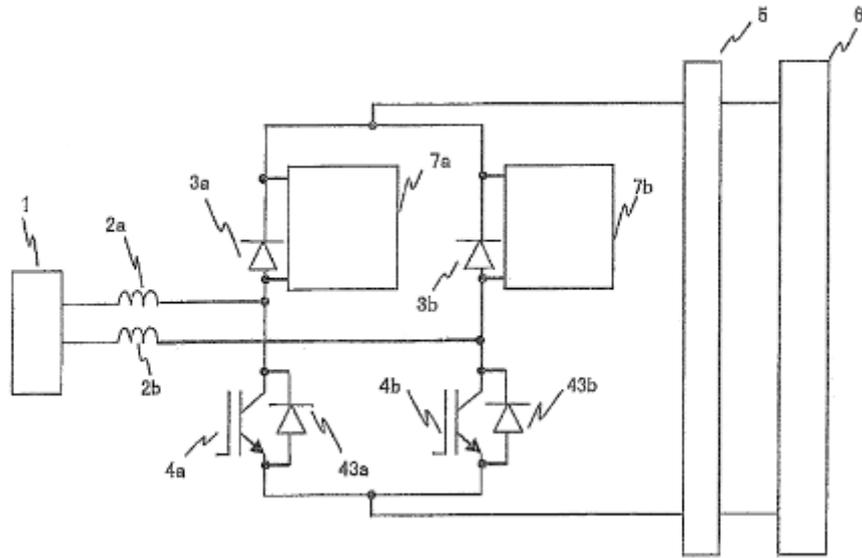


FIG. 21

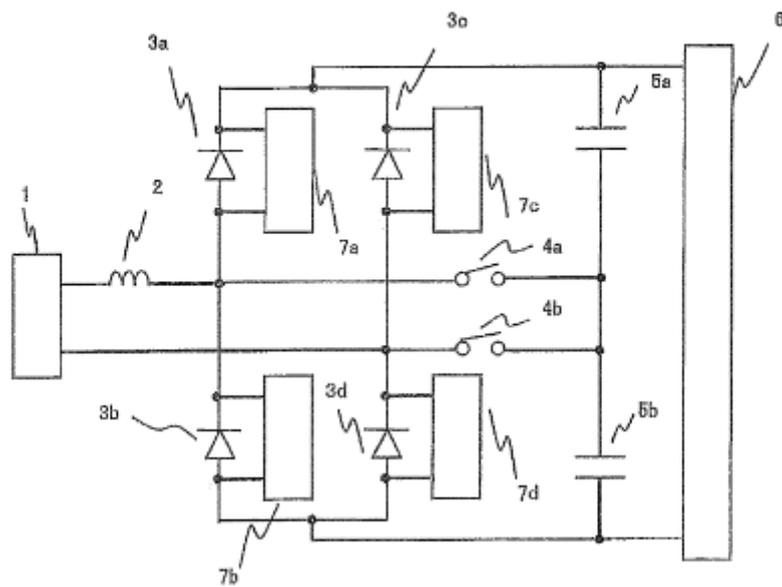


FIG. 22

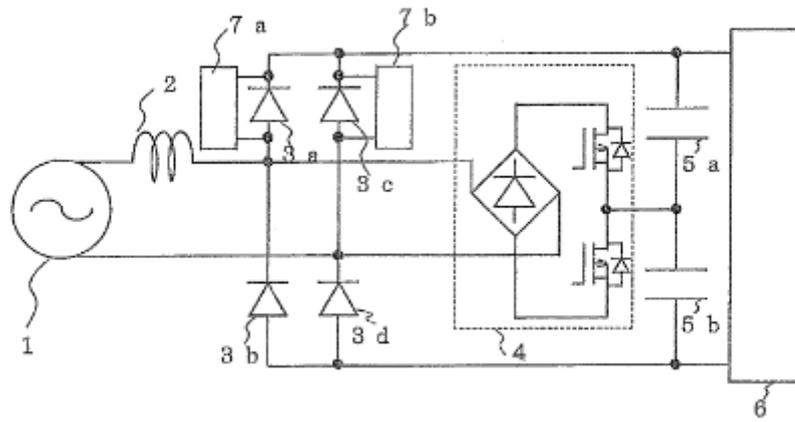


FIG. 23

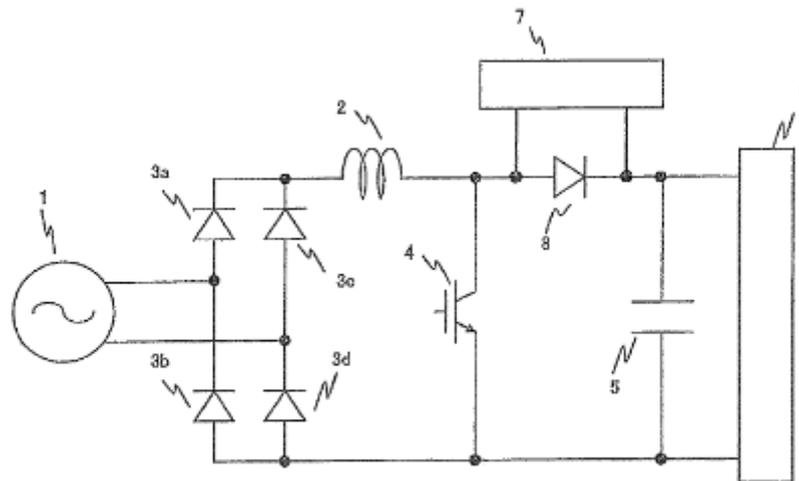


FIG. 24

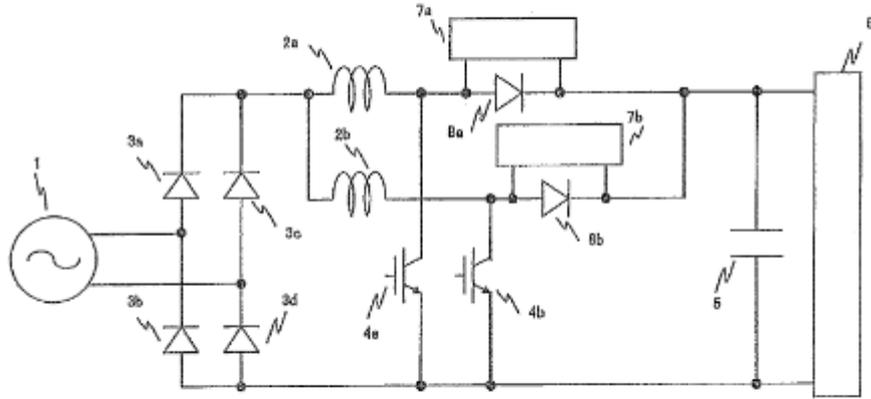


FIG. 25

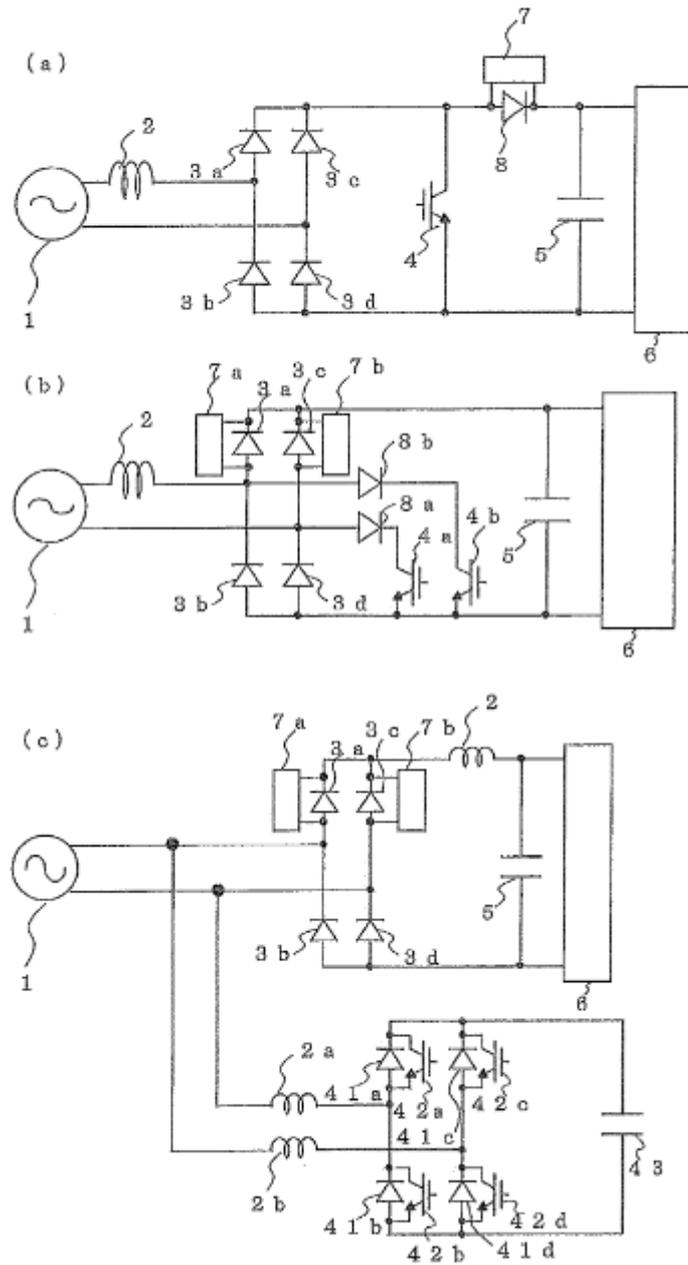
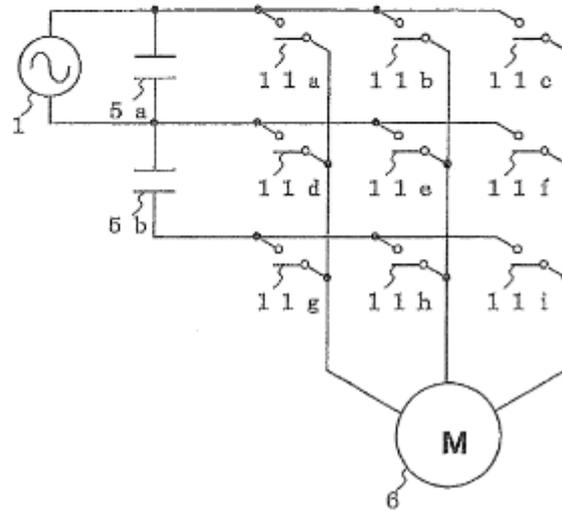


FIG. 26

(a)



(b)

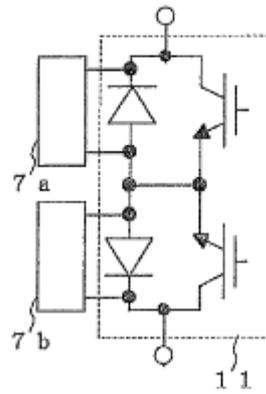


FIG. 27

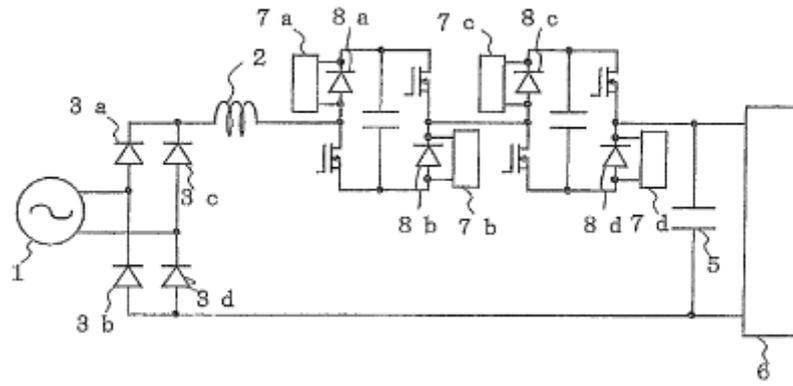


FIG. 28

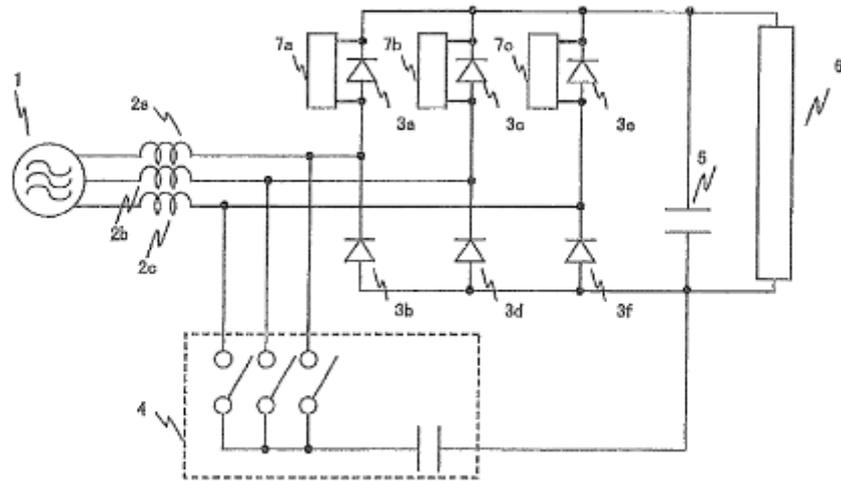


FIG. 29

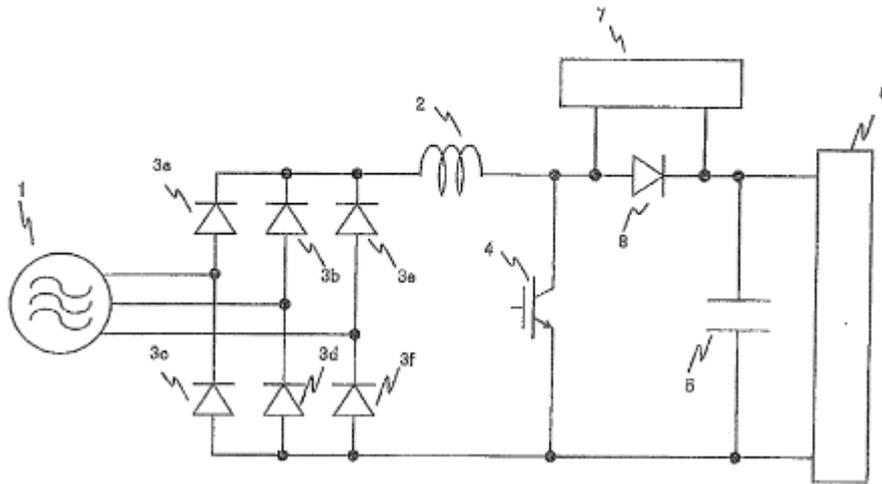


FIG. 30

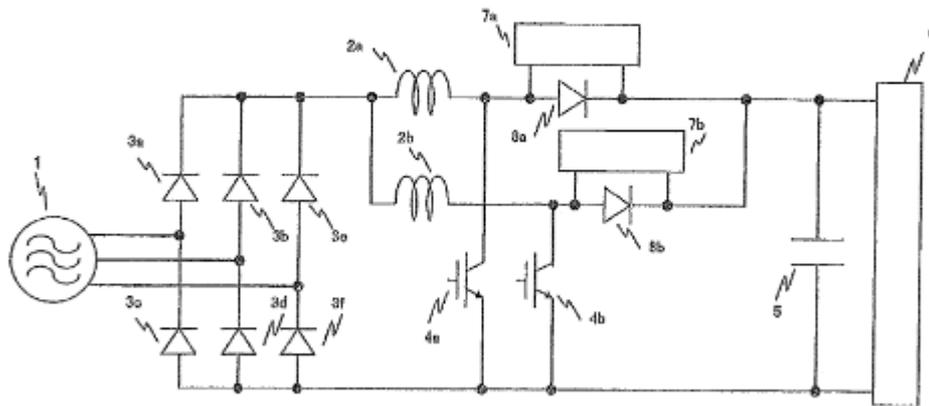


FIG. 31

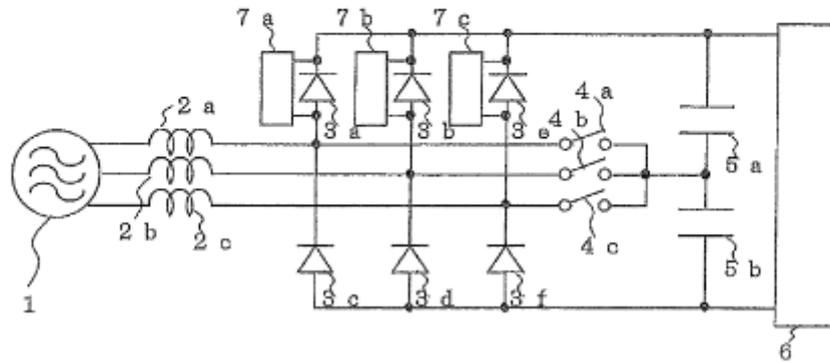


FIG. 32

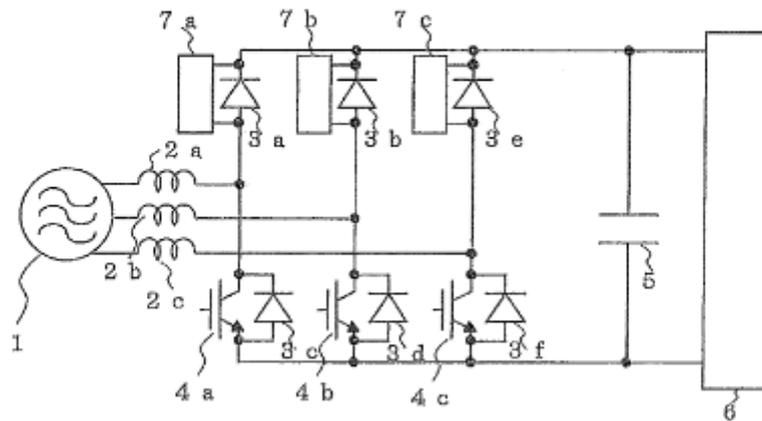


FIG. 33

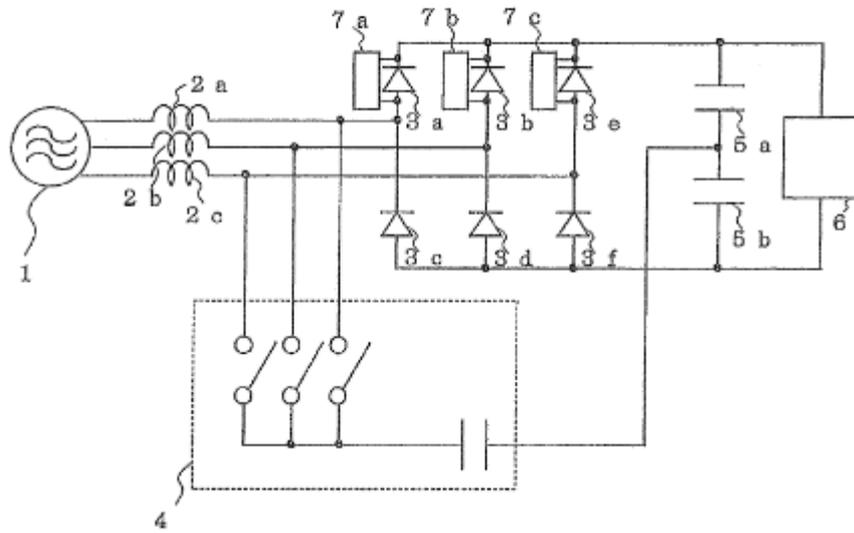


FIG. 34

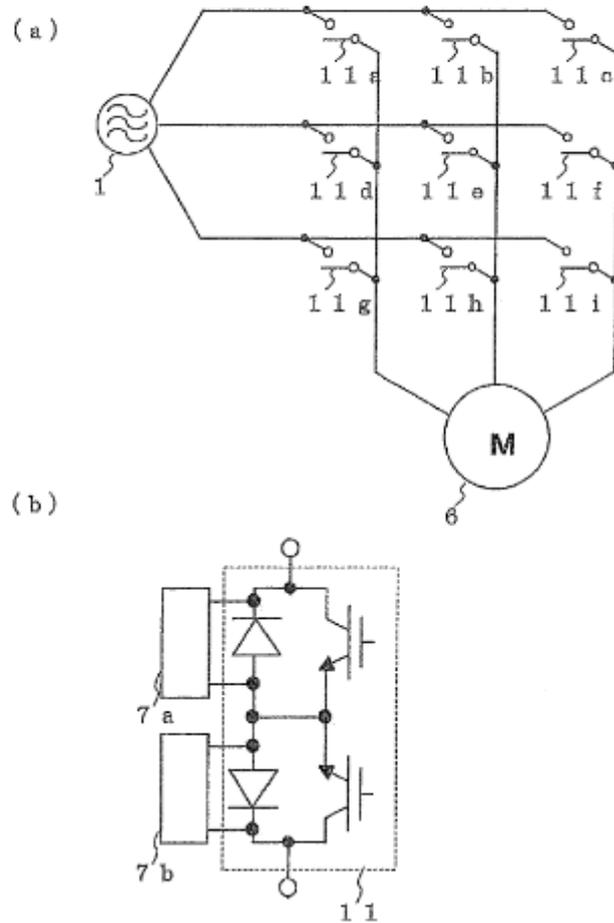


FIG. 35

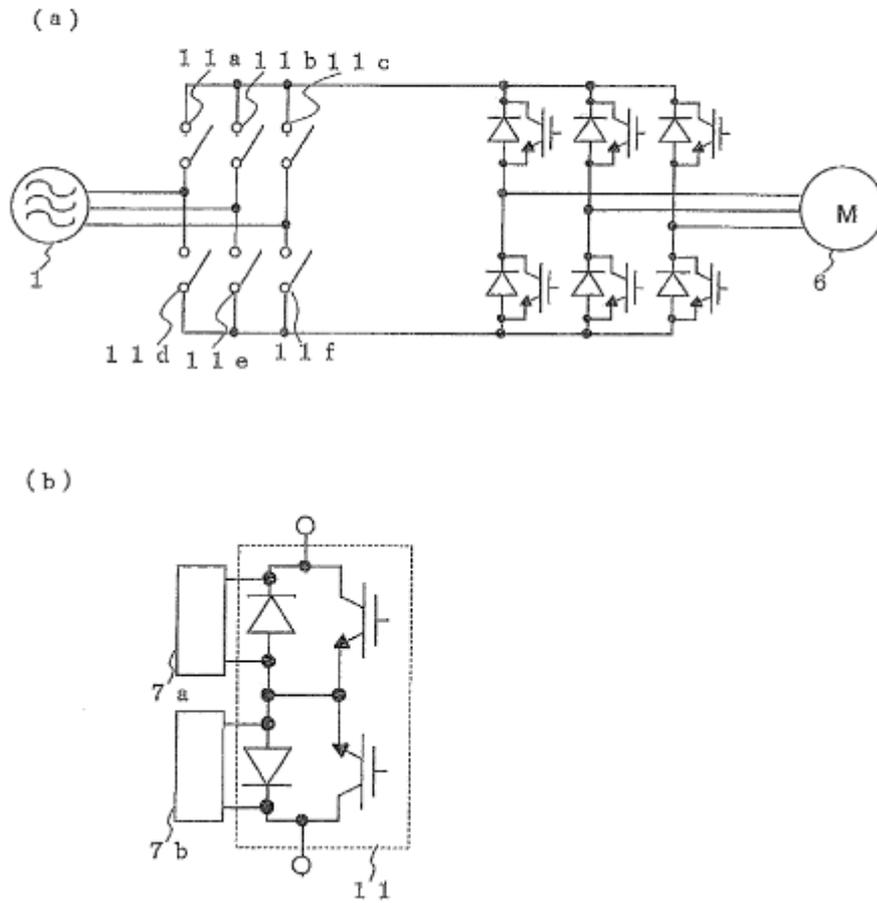


FIG. 36

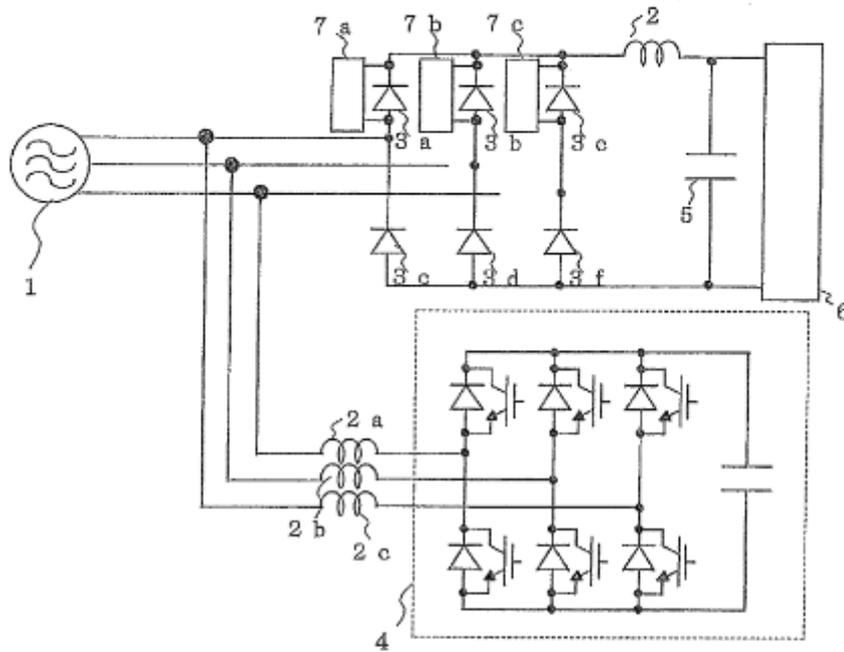


FIG. 37

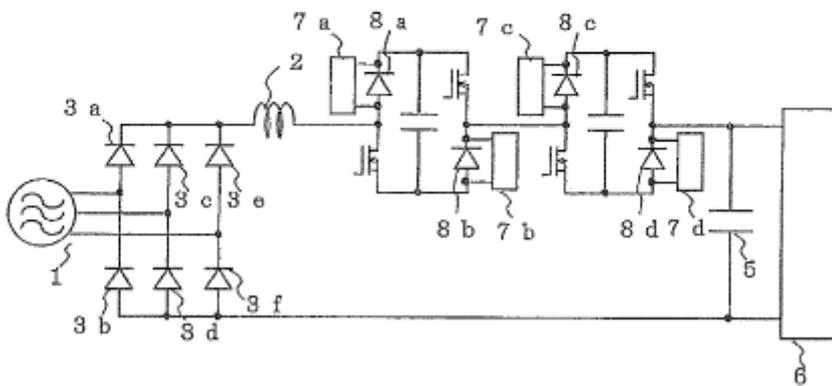


FIG. 38

