

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 539 185**

51 Int. Cl.:

G01R 31/42 (2006.01)

G01R 31/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2013 E 13169542 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2015 EP 2682769**

54 Título: **Aparato de diagnóstico de un condensador de enlace de CC de un inversor**

30 Prioridad:

02.07.2012 KR 20120071773

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

26.06.2015

73 Titular/es:

**LSIS CO., LTD. (100.0%)
1026-6, Hogye-Dong, Dongan-gu, Anyang-si
Gyeonggi-do 431-848, KR**

72 Inventor/es:

YANG, JIN KYU

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 539 185 T3

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

DESCRIPCIÓN

Aparato de diagnóstico de un condensador de enlace de CC de un inversor

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

- 5 Esta memoria descriptiva se refiere a una tecnología de diagnóstico de un condensador electrolítico, y particularmente, a un aparato y a un método para el diagnóstico de un condensador de enlace de CC de un inversor.

2. Antecedentes de la invención

10 En general, un inversor está conectado a una fuente de alimentación comercial de CA trifásica para aplanar una señal de entrada de CA para generar una señal de CC. El inversor varía una frecuencia y una magnitud de una tensión de la señal de CC para generar una tensión de salida deseada, suministrando así la salida generada a un motor. El inversor se usa ampliamente en el mundo de la industria en cuanto a eficiencia energética y simplicidad de control de salida.

15 Un condensador electrolítico para aplanar la potencia de CC (a continuación en el presente documento, denominado "condensador de enlace de CC") puede estar instalado en el inversor para aplanar la potencia de CC para dar un nivel predeterminado y acumular o descargar energía eléctrica. El deterioro de un condensador de enlace de CC de este tipo es la causa más frecuente de una avería del condensador de enlace de CC. Por tanto, es muy importante diagnosticar una avería del condensador de enlace de CC determinando el deterioro del condensador de enlace de CC.

20 El documento US 2010/0295554 da a conocer un método para monitorizar el estado de los condensadores de un circuito intermedio de tensión de CC.

El documento US 2009/0072839 da a conocer un método para detectar el fallo de un condensador electrolítico de aplanamiento que aplanar una tensión de CC en un circuito inversor.

El documento US 5.798.648 da a conocer un método para inspeccionar un condensador electrolítico en un circuito inversor que contiene elementos de conmutación de transistor.

25 El documento US 2010/0070212 da a conocer un método para detectar un fallo inminente de uno o más condensadores de inversor en un sistema de alimentación eléctrica.

El documento JP H05 215800 da a conocer un método para el diagnóstico del deterioro de un condensador usado en un convertidor de potencia que tiene una batería como fuente de alimentación.

30 El artículo "A Real Time Method to Estimate Electrolytic Capacitor Condition in PWM Adjustable Speed Drives and Uninterruptible Power Supplies" (Aeloiza *et al.*, POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE, 2005. PESC '05. IEEE 36TH, IEEE, PISCATAWAY, NJ, EE.UU., 1 de enero de 2005, páginas 2867-2872, XP031000530, DOI: 10.1109/PESC.2005.1582040, ISBN: 978-0-7803-9033-1) da a conocer un método de diagnóstico en tiempo real de la resistencia en serie equivalente de los condensadores electrolíticos en ASD (accionamientos de velocidad variable) y UPS (sistemas de alimentación interrumpida).

35 En el artículo "Life-Cycle Monitoring and Voltage-Managing Unit for DC-Link Electrolytic Capacitors in PWM Converters" (Vogelsberger *et al.*, IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, EE.UU., vol. 26, n.º 2, 1 de febrero de 2011, páginas 493-503, XP011334719, ISSN:0885-8993, DOI: 10.1109/TPEL.2010.2059713) se da a conocer un método adicional.

40 La figura 1 es una vista de configuración de un aparato para el diagnóstico de un condensador de enlace de CC según la técnica relacionada.

Un aparato para el diagnóstico de un condensador de enlace de CC 112 de un inversor 110 según la técnica relacionada puede estar configurado de modo que una resistencia 113 y un condensador de enlace de CC 112 estén conectados en paralelo entre sí. Además, un contactor 114 puede estar conectado en serie a la resistencia 113. El contactor 114 puede estar normalmente abierto.

45 Un detector de tensión 116 puede estar conectado en paralelo al condensador de enlace de CC 112. Un circuito de medición de tiempo de descarga 117, un circuito de determinación de deterioro 118 y una interfaz 119 pueden estar conectados al detector de tensión 116.

50 Durante un funcionamiento general del inversor 110, puede introducirse una tensión de CA (o fuente de alimentación de CA) usando un disyuntor 100 conectado a un rectificador 111 y puede proporcionarse una tensión de CC (o fuente de alimentación de CC) cuya frecuencia se controla mediante un módulo inversor 115 a un motor 120.

En este estado, cuando se interrumpe la potencia cuando se abre el disyuntor 100, puede detenerse el funcionamiento del módulo inversor 115. Por consiguiente, el condensador de enlace de CC 112 está en un estado de carga almacenada. En este caso, cuando se cierra el contactor 114, la carga almacenada se descarga a través de la resistencia 113.

- 5 Si se supone que la capacitancia del condensador 112 es C y la magnitud de la resistencia de la resistencia 113 es R , puede disminuir una tensión entre ambos polos debido a la descarga según una constante de tiempo RC . El cambio en la tensión puede detectarse mediante el detector de tensión 116 y transferirse al circuito de medición de tiempo de descarga 117. El circuito de medición de tiempo de descarga 117 puede medir un tiempo de descarga desde el cambio de tensión y transferir el tiempo de descarga medido al circuito de determinación de deterioro 118.
- 10 El circuito de determinación de deterioro 118 puede comparar el tiempo de descarga con un tiempo de referencia preestablecido. Cuando el tiempo de descarga es inferior al tiempo de referencia, el circuito de determinación de deterioro 118 puede proporcionar una señal de determinación de deterioro hacia el exterior usando la interfaz 119.

15 Como tal, el aparato de diagnóstico de la técnica relacionada mide el cambio en la capacitancia midiendo el tiempo de descarga usando una tensión de enlace de CC, y diagnostica el deterioro del condensador de manera correspondiente.

Sin embargo, la técnica relacionada requiere componentes sólo para el diagnóstico del deterioro del condensador, tal como la resistencia 113 y el contactor 114, que no son necesarios en el funcionamiento general. Esto puede dar lugar a costes adicionales.

Sumario de la invención

- 20 Por tanto, un aspecto de la descripción detallada es proporcionar un aparato para el diagnóstico de un condensador de enlace de CC de un inversor, que pueda diagnosticar el deterioro del condensador de enlace de CC del inversor usando un motor montado, sin requisitos de circuitos adicionales.

25 Para conseguir éstas y otras ventajas y según el propósito de esta memoria descriptiva, tal como se implementa y describe en líneas generales en el presente documento, se proporciona un aparato para el diagnóstico del deterioro de un condensador de enlace de CC de un inversor que tiene el condensador de enlace de CC y una parte de inversor, incluyendo el aparato un detector de corriente configurado para detectar una corriente suministrada a un motor en la parte de inversor, un dispositivo de alimentación configurado para suministrar una tensión de CC, y un controlador configurado para controlar la tensión de CC suministrada desde el dispositivo de alimentación al motor para que tenga un nivel predeterminado, en el que el controlador estima la razón de cambio de las capacitancias del condensador de enlace de CC, considerando el consumo de potencia de una resistencia del motor (consumo de potencia de una carga), consumo de potencia del dispositivo de alimentación y una pérdida por conmutación de la parte de inversor, para diagnosticar un nivel deteriorado del condensador de enlace de CC usando la razón de cambio estimada, cuando una tensión del condensador de enlace de CC alcanza una tensión predeterminada.

30

35 Según una realización a modo de ejemplo, la parte de inversor puede configurarse conectando una pluralidad de dispositivos de conmutación y una pluralidad de diodos, que están conectados en paralelo, respectivamente, en forma de puente completo trifásico, y el controlador puede controlar la tensión de CC suministrada desde el dispositivo de alimentación para que tenga el nivel predeterminado controlando un estado encendido o apagado de la pluralidad de dispositivos de conmutación.

40 Según una realización a modo de ejemplo, la parte de inversor puede configurarse conectando la pluralidad de dispositivos de conmutación y la pluralidad de diodos, que están conectados en paralelo, respectivamente, en forma de puente completo trifásico. En este caso, unos dispositivos de conmutación primero a tercero pueden formar trayectos de corriente entre las fases primera a tercera suministradas al motor. El primer dispositivo de conmutación puede formar una rama superior y los dispositivos de conmutación segundo y tercero pueden formar una rama inferior.

45 Según una realización a modo de ejemplo, el controlador puede controlar los dispositivos de conmutación primero a tercero para que se enciendan cuando una corriente suministrada al motor disminuye por debajo de una corriente de referencia un nivel predeterminado en el caso en el que la corriente suministrada al motor fluye en un modo de libre circulación.

50 Según una realización a modo de ejemplo, el controlador puede controlar el primer dispositivo de conmutación para que se encienda y los dispositivos de conmutación segundo y tercero para que se apaguen cuando la corriente suministrada al motor aumenta por encima de una corriente de referencia un nivel predeterminado en el caso en el que la corriente suministrada al motor aumenta debido a la adquisición de energía procedente del condensador de enlace de CC.

55 Según una realización a modo de ejemplo, el controlador puede controlar el primer dispositivo de conmutación para que se apague y los dispositivos de conmutación segundo y tercero para que se enciendan cuando la corriente suministrada al motor aumenta por encima de una corriente de referencia un nivel predeterminado en el caso en el

que la corriente suministrada al motor aumenta debido a la adquisición de energía procedente del condensador de enlace de CC.

Según una realización a modo de ejemplo, el controlador puede controlar los dispositivos de conmutación cuarto a sexto para que se apaguen.

- 5 Según una realización a modo de ejemplo, la capacitancia del condensador de enlace de CC puede estimarse mediante la siguiente ecuación.

$$C = 2 \cdot k \cdot P_R \cdot (t_2 - t_1) \cdot \frac{1}{(V_1^2 - V_2^2)}$$

- 10 donde $P_R \cdot (t_2 - t_1)$ indica la energía consumida por una carga, y k indica una constante que indica una razón de consumo de potencia del dispositivo de alimentación y la pérdida por conmutación con respecto al consumo de potencia de la carga.

Según una realización a modo de ejemplo, el cambio en la capacitancia del condensador de enlace de CC puede estimarse mediante el cambio de una razón de una capacitancia deteriorada con respecto a una capacitancia inicial del condensador de enlace de CC.

- 15 Según una realización a modo de ejemplo, puede diagnosticarse que el condensador de enlace de CC está averiado cuando el cambio de la razón disminuye por debajo de una razón predeterminada.

Según una realización a modo de ejemplo, el controlador puede aumentar una tensión suministrada por el dispositivo de alimentación mediante el límite máximo admisible para reducir la razón del consumo de potencia del dispositivo de alimentación y la pérdida por conmutación con respecto al consumo de potencia de la carga.

- 20 Tal como se describió anteriormente, con el uso de un motor para descargar una tensión de enlace de CC, puede no ser necesario ningún circuito adicional tal como un circuito de descarga y la razón de cambio de los valores de capacitancia puede medirse usando una tensión de enlace de CC y una corriente de carga que se miden actualmente en un inversor.

- 25 El cambio en los valores de capacitancia puede estimarse incluso si se cambia en cierto modo un estado de medición mientras que el estado de medición inicial cambia a un estado deteriorado. Esto puede permitir que se determine el nivel de avería de la capacitancia de modo que no sea sensible a verse afectada por el entorno, a diferencia de la técnica relacionada.

El aparato de diagnóstico según la presente divulgación puede aplicarse directamente a inversores comerciales que se venden actualmente. Además, sin ser necesario un cambio de hardware, el aparato de diagnóstico según la presente divulgación puede aplicarse incluso a inversores ya vendidos en una forma actualizada de software.

- 30 Además, el aparato de diagnóstico según la presente divulgación puede medir el cambio en la capacitancia con más frecuencia que el aparato de diagnóstico de la técnica relacionada. Esto puede dar como resultado una mejora de la fiabilidad y eficiencia del inversor e impedir de antemano accidentes tales como daños de componentes, que se produzca un incendio y similar, debidos a la avería.

- 35 A partir de la descripción detallada proporcionada a continuación en el presente documento resultará más evidente el alcance de aplicabilidad adicional de la presente solicitud. Sin embargo, se entenderá que la descripción detallada y los ejemplos específicos, aunque indican realizaciones preferidas de la invención, se proporcionan sólo a modo de ilustración, puesto que resultarán evidentes diversos cambios y modificaciones dentro del espíritu y alcance de la invención para los expertos en la técnica a partir de la descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

- 40 Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una comprensión adicional de la invención y se incorporan en y forman parte de esta memoria descriptiva, ilustran realizaciones a modo de ejemplo y junto con la descripción sirven para explicar los principios de la invención.

En los dibujos:

- 45 la figura 1 es una vista de configuración de un aparato para el diagnóstico de un condensador de enlace de CC según la técnica relacionada;

la figura 2 es una vista de configuración de una realización a modo de ejemplo que ilustra un sistema inversor al que se aplica la presente divulgación y un aparato para el diagnóstico de un condensador de enlace de CC según la presente divulgación;

las figuras 3A a 3D son vistas a modo de ejemplo que muestran un estado del inversor en respuesta al control de un controlador del aparato de diagnóstico;

la figura 4 es una vista a modo de ejemplo que muestra una forma de onda de conmutación y un estado de corriente bajo el control del controlador; y

- 5 la figura 5 es una vista a modo de ejemplo que muestra el cambio en un tiempo de descarga sensible a la reducción de tensión, en un condensador de enlace de CC en un estado normal y en un estado deteriorado.

Descripción detallada de la invención

10 La presente divulgación puede tener diversas variaciones y diferentes realizaciones, y por tanto las realizaciones específicas serán ilustrativas en los dibujos y se proporcionará una descripción detallada de las mismas. Sin embargo, puede no estar previsto limitar la presente divulgación a las realizaciones específicas sino que se entenderá que incluye todas las variaciones, modificaciones, equivalentes y similares dentro del alcance de la presente divulgación y las reivindicaciones.

15 Los términos que incluyen un número ordinal tales como primero, segundo, etc. pueden usarse para describir diversos elementos, aunque los elementos no se limitarán por estos términos. Los términos se usan meramente con el fin de distinguir un elemento de otro.

Se entenderá que cuando se hace referencia a un elemento como “conectado con” otro elemento, el elemento puede conectarse directamente con el otro elemento o también pueden estar presentes elementos intermedios. Por el contrario, cuando se hace referencia a un elemento como “directamente conectado con” otro elemento, no están presentes elementos intermedios.

20 Se indicará que los términos tecnológicos usados en el presente documento se usan meramente para describir una realización específica, pero no para limitar la presente invención. Además, a menos que se use claramente de otro modo, las expresiones en singular incluyen un significado en plural. En esta solicitud, los términos “comprender” e “incluir” no se interpretarán como que se incluyen necesariamente todas las características, números, etapas, operaciones, elementos, componentes o combinación de los mismos dados a conocer en el presente documento, y se interpretarán como que no incluyen algunos de los elementos o etapas de los mismos o se interpretarán como que incluyen de manera adicional, características, números, etapas, operaciones, elementos, componentes adicionales o una combinación de los mismos.

A continuación en el presente documento, se proporcionará una descripción detallada de las realizaciones preferidas de la presente divulgación con referencia a los dibujos adjuntos.

30 La figura 2 es una vista de configuración de una realización a modo de ejemplo que ilustra un sistema inversor al que se aplica la presente divulgación y un aparato para el diagnóstico de un condensador de enlace de CC según la presente divulgación.

35 Tal como se muestra en la figura 2, un sistema inversor al que se aplica la presente divulgación puede incluir un dispositivo de alimentación de CA 1, un inversor 2 y un motor 3, y puede estar conectado con un aparato de diagnóstico 4 para el diagnóstico de un condensador de enlace de CC 22 del inversor 2 según la presente divulgación. Un conector de fuente de alimentación 11 puede estar colocado entre la fuente de alimentación de CA 1 y el inversor 2, para encender o apagar el inversor 2.

El aparato de diagnóstico 4 según la presente divulgación puede incluir una fuente de alimentación de modo de conmutación (SMPS) 41, un controlador 42, una unidad de medición de corriente 43 y una pantalla 44.

40 El inversor 2 puede incluir un rectificador 21, un condensador de enlace de CC 22 y una parte de inversor 23.

En primer lugar se describirá la estructura del inversor 2.

45 El rectificador 21 puede rectificar tensiones de entrada de CA trifásicas introducidas desde el dispositivo de alimentación de CA 1. El condensador de enlace de CC 22 puede aplanar las tensiones de CC que se rectificaron mediante el rectificador 21 y acumular energía eléctrica. El condensador de enlace de CC 22 también puede denominarse “condensador electrolítico de aplanamiento”, aunque en el presente documento en la descripción se usará el término “condensador de enlace de CC”.

50 La parte de inversor 23 puede estar conectada al condensador de enlace de CC 22 para suministrar las tensiones de CC aplanadas al motor 3 de manera conmutada. Es decir, la parte de inversor 23 puede formarse conectando 6 dispositivos de conmutación Q1 a Q6 a 6 diodos D1 a D6 en forma de un puente completo trifásico. La unidad inversora 23 puede convertir las tensiones de CC transferidas desde el condensador de enlace de CC 22 en tensiones de CA trifásicas, y suministrar las tensiones de CA trifásicas al motor 3. Los dispositivos de conmutación Q1 a Q6, por ejemplo, pueden ser un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), pero no se limitan a éste.

A continuación en el presente documento, se proporcionará una descripción del aparato de diagnóstico 4 según la

presente divulgación.

La SMPS 41 puede estar conectada al rectificador 21 para suministrar una tensión de CC para un control.

5 La unidad de detección de corriente 43 puede detectar una magnitud de una corriente de carga suministrada al motor 3, para que se proporcione al controlador 42. Aunque no se muestra, adicionalmente entre el detector de corriente 43 y el controlador 42 puede proporcionarse un convertidor analógico/digital (CAD) para convertir una corriente como una señal analógica, detectada por el detector de corriente 43, en datos digitales.

10 El controlador 42 puede controlar los 6 dispositivos de conmutación Q1 a Q6 de la parte de inversor 23 para que se enciendan o se apaguen, generando así tensiones de CA trifásicas usando una tensión y frecuencia predeterminada. El controlador 42, por ejemplo, puede ser una unidad microprocesadora (MPU), aunque no se limita a la misma.

El mecanismo con el que el controlador 42 acciona el motor 3 a través de conmutación de modulación por ancho de pulso (PWM) de la parte de inversor 23 es ampliamente conocido en la técnica a la que pertenece la presente divulgación, de modo que no se repetirá una descripción detallada del mismo.

A continuación en el presente documento, se describirá el aparato de diagnóstico 4 según la presente divulgación.

15 Las figuras 3A a 3D son vistas a modo de ejemplo que muestran un estado del inversor en respuesta al control de un controlador del aparato de diagnóstico. Las figuras 3A a 3D ilustran el estado del inversor 2, así que en las figuras 3A a 3D no se muestra el aparato de diagnóstico 4 según la presente divulgación.

20 Tal como se muestra en la figura 3A, después de que se aplique una tensión de CA desde el dispositivo de alimentación de CA 1, cuando el conector de fuente de alimentación 11 se controla bajo el control del controlador 42 (la figura 3A muestra un estado conectado del conector de fuente de alimentación 11), pueden suministrarse tensiones de CA trifásicas al rectificador 21 del inversor 2.

Las tensiones de CA rectificadas mediante el rectificador 21 pueden aplanarse mediante el condensador de enlace de CC 22 y convertirse en tensiones de CC para su salida.

25 El controlador 42 puede transmitir una señal de control para desconectar el conector de fuente de alimentación 11 para el diagnóstico del condensador de enlace de CC 22. Después, el controlador 42 puede encender o apagar algunos de los dispositivos de conmutación Q1 a Q6, concretamente, Q1, Q2 y Q6, de la parte de inversor 23 para proporcionar corrientes de CC de un nivel predeterminado desde la SMPS 41 al motor 3. En este caso, los demás dispositivos de conmutación Q3, Q4 y Q5 pueden estar apagados. En este caso, Q1, Q2 y Q6 pueden gestionar trayectos de las corrientes trifásicas proporcionadas al motor 3, respectivamente. También se conoce que Q1 es un primer dispositivo de conmutación de una rama superior y Q2 y Q6 son dispositivos de conmutación segundo y
30 tercero de una rama inferior.

35 Con referencia a la figura 3B, cuando el controlador 24 enciende Q1 y apaga Q2 y Q6, el flujo de las corrientes puede generarse a través de Q1, D3 y D5 y puede estar encendido un modo de libre circulación (las figuras 3B a 3D no muestran la fuente de alimentación de CA 1 porque el conector de fuente de alimentación 11 está apagado). En este caso, las corrientes suministradas al motor 3 pueden disminuir lentamente debido a la potencia consumida por la resistencia del motor 3 y la SMPS 41.

La figura 4 es una vista a modo de ejemplo que muestra una forma de onda de conmutación y un estado de corriente bajo el control del controlador.

40 Cuando el controlador 42 enciende Q1 y apaga Q2 y Q6, la corriente suministrada al motor 3 puede disminuir lentamente. Cuando la corriente disminuye por debajo de una corriente de referencia I_{cc} un nivel predeterminado, el controlador 42 puede encender Q2 y Q6 y por consiguiente un estado como el que se muestra en la figura 3C puede estar encendido.

45 Es decir, con referencia a la figura 3C, la corriente suministrada al motor 3 puede fluir desde un terminal P a través del motor 3 por medio de Q1 y a continuación fluir hacia un terminal N por medio de Q2 y Q6. En este caso, como se adquiere energía del condensador de enlace de CC 22, la corriente puede aumentar. Cuando la corriente aumenta por encima de la corriente de referencia un nivel predeterminado, el controlador 42 puede apagar Q1 y por consiguiente un estado como el que se muestra en la figura 3D puede estar encendido.

50 Es decir, con referencia a la figura 3D, cuando Q1 está apagado, la corriente puede fluir a lo largo de un trayecto que pasa a través de Q2, Q6 y D4 y el modo de libre circulación puede estar encendido. Incluso en este caso, la corriente puede disminuir debido al consumo de potencia mediante la resistencia del motor 3 y la SMPS 41. Cuando la corriente disminuye por debajo de la tensión de referencia un nivel predeterminado, el controlador 42 puede encender Q1 de nuevo, formando así el flujo de la corriente tal como se muestra en la figura 3C.

Con la repetición de tal patrón de conmutación, una corriente CC de un nivel predeterminado puede fluir en el motor 3, implementando así un consumo de potencia predeterminado. En este caso, la realización en la que el controlador

42 aplica la corriente CC de la corriente predeterminada es meramente ilustrativa. Por tanto, la presente divulgación puede no estar limitada a la realización anterior.

Después de desconectar el conector de fuente de alimentación 11 de la figura 2, cuando una corriente CC de una magnitud predeterminada fluye en el motor 3, puede disminuir una tensión del terminal de condensador de enlace de CC, tal como se muestra en la figura 4, debido al consumo de potencia de la resistencia (no se muestra) del motor 3, al consumo de potencia de la SMPS 41 y una pérdida por conmutación. Esto puede expresarse mediante ecuaciones asociadas con energía. Se describirá a continuación en el presente documento.

La energía cargada en el condensador de enlace de CC 22 puede expresarse mediante la siguiente ecuación 1.

[Ecuación 1]

$$E_{\text{CONDENSADOR}} = \frac{1}{2} CV^2$$

Además, la energía consumida por la resistencia del motor 3 y la SMPS 41 y la energía de pérdida por conmutación pueden expresarse mediante la ecuación 2 de la siguiente manera.

[Ecuación 2]

$$E_{\text{PÉRDIDA}} = (P_R + P_{\text{SMPS}} + P_{\text{conmutación}}) \cdot t$$

La variación de energía cargada en el condensador de enlace de CC 22 puede ser la misma que la energía consumida durante un tiempo predeterminado. Por tanto, puede derivarse la siguiente ecuación 3 si se usan la ecuación 1 y la ecuación 2 anteriores.

[Ecuación 3]

$$\frac{1}{2} \cdot C_{\text{ini}} \cdot (V_1^2 - V_2^2) = (P_R + P_{\text{SMPS}} + P_{\text{conmutación}}) \cdot (t_{2_ini} - t_1)$$

donde C_{ini} indica una capacitancia inicial del condensador de enlace de CC 22, V_1 indica una tensión de inicio de medición, t_1 indica un tiempo en el que una tensión del enlace de CC es V_1 , V_2 indica una tensión de detención de medición, t_{2_ini} indica un tiempo en el que la tensión del enlace de CC es V_2 en la capacitancia inicial, P_{SMPS} indica la potencia consumida por la SMPS 41, P_R indica la potencia consumida por la resistencia (no mostrada) del motor 3, y $P_{\text{conmutación}}$ indica la potencia de pérdida por conmutación.

Puede decidirse que V_1 y V_2 estén entre la tensión del enlace de CC del inversor 2 y una tensión con la que se genera un disparo por baja tensión.

La pérdida por conmutación y la potencia consumida por la SMPS 41 no son potencia consumida por una carga. Por tanto, pueden no considerarse en la estimación del condensador de enlace de CC 22. Es decir, puede suponerse que los dos elementos son elementos de pérdida. Por tanto, su combinación puede denominarse $P_{\text{PÉRDIDA}}$. Por tanto, la ecuación 3 puede expresarse mediante la ecuación 4.

[Ecuación 4]

$$\frac{1}{2} \cdot C_{\text{ini}} \cdot (V_1^2 - V_2^2) = (P_R + P_{\text{PÉRDIDA}}) \cdot (t_{2_ini} - t_1)$$

Puesto que el consumo de potencia de una carga que va a poder medirse es P_R y $P_{\text{PÉRDIDA}}$ es potencia que no puede medirse, $P_{\text{PÉRDIDA}}$ debería ser mayor que P_R . Entretanto, $P_{\text{PÉRDIDA}}$ puede ser proporcional a una corriente mientras que P_R puede ser inversamente proporcional a un cuadrado de la corriente. Por tanto, en la mayor medida posible, puede permitirse una medición precisa sólo cuando la corriente se aplica al inversor 2 o al motor 3 (puesto que P_R aumenta más que $P_{\text{PÉRDIDA}}$). Por tanto, si la ecuación 4 se expresa de nuevo considerando la relación entre P_R y $P_{\text{PÉRDIDA}}$, puede obtenerse la siguiente ecuación 5.

[Ecuación 5]

$$\frac{1}{2} \cdot C_{ini} \cdot (V_1^2 - V_2^2) = P_{R_ini} \times \left(1 + \frac{P_{PÉRDIDA_ini}}{P_{R_ini}}\right) \cdot (t_{2_ini} - t_1) = k_{ini} \cdot P_{R_ini} \cdot (t_{2_ini} - t_1)$$

Tal como se muestra en la ecuación 5, puede observarse que la precisión de medición depende de un valor k. De manera ideal, puesto que $P_{PÉRDIDA}$ es 0, k es 1 ($k=1$). Sin embargo, si $P_{PÉRDIDA}$ aumenta tanto como para no poder ignorarse, k puede aumentar por encima de 1.

- 5 Cuando aumenta una corriente aplicada al motor 3, k puede convergir hacia 1. Por tanto, la presente divulgación propone un método de aplicación de la corriente más alta posible. Basándose en esto, la precisión de medición puede predecirse según el cambio en el consumo de potencia del inversor 2.

10 Cuando el condensador de enlace de CC 22 está deteriorado, la capacitancia puede disminuir y por consiguiente C_{ini} de la ecuación 5 puede cambiarse a C_{ant} . En este caso, la ecuación 5 puede expresarse de nuevo mediante la ecuación 6.

[Ecuación 6]

$$\frac{1}{2} \cdot C_{ant} \cdot (V_1^2 - V_2^2) = P_{R_ant} \times \left(1 + \frac{P_{PÉRDIDA_ant}}{P_{R_ant}}\right) \cdot (t_{2_ant} - t_1) = k_{ant} \cdot P_{R_ant} \cdot (t_{2_ant} - t_1)$$

Por tanto, cuando la ecuación 6 se divide entre la ecuación 5, puede obtenerse una razón de la capacitancia tras el deterioro con respecto a una capacitancia inicial, y ésta puede expresarse mediante la ecuación 7.

[Ecuación 7]

$$\frac{C_{ant}}{C_{ini}} = \frac{k_{ant} \cdot P_{R_ant} \cdot (t_{2_ant} - t_1)}{k_{ini} \cdot P_{R_ini} \cdot (t_{2_ini} - t_1)}$$

- 15 En la ecuación 7, cuando los estados de una carga dentro del inversor 2 y el motor 3, que se mide después de que se deteriore el condensador de enlace de CC 22, son iguales que un estado medido cuando el condensador de enlace de CC 22 está en un estado normal, $k_{ant} = k_{ini}$ y $P_{R_ant} = P_{R_ini}$. Por tanto, sólo puede dejarse un término asociado con un tiempo de descarga.

- 20 En la figura 5 se muestra la relación entre una tensión en este estado y el condensador de enlace de CC 22. La figura 5 es una vista a modo de ejemplo que muestra los cambios en un tiempo de descarga, en respuesta a la reducción de tensión, en el condensador de enlace de CC en un estado normal y en un estado deteriorado.

- 25 Además, cuando cambian los estados de la carga dentro del inversor y del motor, k_{ant} y P_{R_ant} pueden diferir de los valores obtenidos en un entorno en el que se midió el condensador de enlace de CC 22 en el estado normal. Si cambia la carga dentro del inversor 2, puede cambiar la razón de $P_{PÉRDIDA}$ con respecto a P_R . Esto puede dar como resultado el cambio en k. Además, cuando cambia el motor 3, una corriente aplicada a la SMPS 31 es uniforme pero puede cambiar una resistencia de estator. Por tanto, P_R puede cambiar. En este caso, si la medición se lleva a cabo según el método de medición de tiempo de descarga mencionado anteriormente, puede no satisfacerse una condición de un consumo de potencia predeterminado supuesto. Esto puede provocar un gran error. Por tanto, la presente divulgación propone un método de estimación directa de la capacitancia, de la siguiente manera, cuando el estado inicial de la medición y un estado de medición tras el deterioro no son iguales entre sí.

- 30 Para estimar directamente la capacitancia del condensador de enlace de CC 22, puede obtenerse la siguiente ecuación 8 variando la ecuación 5.

[Ecuación 8]

$$C = 2 \cdot k \cdot P_R \cdot (t_2 - t_1) \cdot \frac{1}{(V_1^2 - V_2^2)}$$

$P_R \cdot (t_2 - t_1)$ que es la energía consumida por la carga es potencia que consume el motor 3. Puede haber varios

métodos para su obtención y pueden considerarse los siguientes métodos.

- 1) Usar una resistencia de estator, una corriente y un tiempo de descarga del motor
 - 2) Usar una tensión de referencia, una corriente y un tiempo de descarga
 - 3) Usar una tensión, una corriente y un tiempo de descarga disponible del condensador de enlace de CC
- 5 El tiempo de descarga disponible en el método 3), tal como se mencionó anteriormente con referencia a las figuras 3A a 3D, indica un tiempo, en el que realmente fluye una corriente, a excepción de un tiempo de libre circulación.

10 Las siguientes tablas 1 a 3 muestran, en un inversor y un motor en la misma condición, un valor de capacitancia correspondiente al condensador de enlace de CC en un estado normal, estimado mediante la ecuación 8, un valor de capacitancia correspondiente al condensador de enlace de CC en un estado deteriorado, estimado mediante la ecuación 8, una razón de los valores de capacitancia estimados, un valor de capacitancia de referencia conocido correspondiente al condensador de enlace de CC en el estado normal, un valor de capacitancia de referencia conocido correspondiente al condensador de enlace de CC en el estado deteriorado, y una razón de los valores de capacitancia de referencia conocidos. En este caso, los valores de capacitancia medidos o estimados se obtienen basándose en motores de 3,7 kW, 7,5 kW y 15 kW, respectivamente.

15 [Tabla 1]

	3,7 kW-380V		
Cini_ref(μ F)	2000	1500	2000
Cini_estimación(μ F)	1809	1336	1809
Cant_ref(μ F)	1500	1000	1000
Cant_estimación(μ F)	1336	892	892
Cant_ref/Cini_ref(%)	75,0	66,7	50,0
Cant_estimación/Cini_estimación(%)	73,8	66,7	49,3

[Tabla 2]

	7,5 kW-380V		
Cini_ref(μ F)	2000	1500	2000
Cini_estimación(μ F)	1821	1356	1821
Cant_ref(μ F)	1500	1000	1000
Cant_estimación(μ f)	1356	898	898
Cant_ref/Cini_ref(%)	75,0	66,7	50,0
Cant_estimación/Cini_estimación(%)	74,4	66,2	49,3

[Tabla 3]

	15 kW-380V		
Cini_ref(μ F)	2000	1500	2000
Cini_estimación(μ F)	1634	1213	1634
Cant_ref(μ F)	1500	1000	1000
Cant_estimación(μ F)	1213	812	812
Cant_ref/Cini_ref(%)	75,0	66,7	50,0

Cant_estimación/Cini_estimación(%)	74,2	66,9	49,7
------------------------------------	------	------	------

Es decir, como se mostró anteriormente, puede observarse que un valor de capacitancia estimado puede ser un poco diferente de un valor de capacitancia de referencia, aunque la razón ($C_{\text{ant_estimación}}/C_{\text{ini_estimación}}$) no es muy diferente de una razón de la capacitancia de referencia.

5 La siguiente tabla 4 muestra los cambios en los valores de capacitancia midiendo un valor de capacitancia inicial usando un motor de 7,5 kW y midiendo un valor de capacitancia tras el deterioro usando un motor de 3,7 kW.

[Tabla 4]

Cini_ref(μF)	2000→1500	1500→1000	2000→1000
Cant_ref/Cini_ref(%)	75	66,7	50
Cant_estimación/Cini_estimación(%)	73,5	65,6	49,1

10 Es decir, como se mostró anteriormente, puede observarse que se genera una diferencia en la estimación de los valores de capacitancia individuales aunque la estimación de la razón de cambio según la presente divulgación muestra una menor tasa de error. Además, el nivel deteriorado del condensador de enlace de CC 22 puede determinarse basándose en la razón de cambio.

Es decir, el controlador 42 puede medir la razón de cambio de las capacitancias usando una tensión de un terminal de condensador de enlace de CC y una corriente de carga, que se miden actualmente en el inversor 2. Además, el controlador 42 puede medir los cambios en los valores de capacitancia usando la ecuación 3 incluso si un estado cambia en cierto modo del estado inicial de la medición.

15 El controlador 42 puede estimar una razón del valor de capacitancia deteriorado estimado con respecto a un valor inicial del condensador de enlace de CC 22. Cuando una razón estimada es inferior a una razón predeterminada (por ejemplo, 85%), el controlador 42 puede diagnosticar la avería del condensador de enlace de CC 22.

20 Cuando el controlador 42 diagnostica la avería del condensador de enlace de CC 22, el controlador 42 puede controlar la pantalla 44 para que proporcione información de que se ha diagnosticado la avería, para avisar a un usuario. Esto puede dar como resultado que se impidan de antemano accidentes, tales como daños de componentes, que se produzca un incendio y similar, debidos a la avería del condensador de enlace de CC 22.

Como el diagnóstico de la avería según la presente divulgación puede usar el motor que ya está conectado para descargar una tensión de enlace de CC, la razón de cambio de los valores de capacitancia puede estimarse sin un circuito de descarga separado.

25 Incluso cuando cambia el motor conectado al inversor, el aparato de diagnóstico según la presente divulgación también puede aplicarse al mismo. Por tanto, puede reconocerse un nivel deteriorado del condensador de enlace de CC, independientemente de la sustitución del motor.

30 Esto puede permitir aplicar la presente divulgación directamente a inversores comerciales en venta. Sin tener que cambiar el hardware, la presente divulgación puede aplicarse incluso a un inversor, que ya se ha vendido, en una forma actualizada de software.

Además, el diagnóstico de avería según la presente divulgación puede medir cambios en los valores de capacitancia con más frecuencia que el diagnóstico de avería en la técnica relacionada. Esto puede dar como resultado una mejora de la fiabilidad y eficiencia del inversor e impedir de antemano accidentes tales como daños de componentes, que se produzca un incendio y similar, debidos a la avería.

35 Las realizaciones y ventajas anteriores son meramente a modo de ejemplo y resultarán evidentes muchas alternativas, modificaciones y variaciones para los expertos en la técnica. Por tanto, se entenderá que las realizaciones descritas anteriormente deben interpretarse en líneas generales dentro de su alcance tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

40 Tal como se describió anteriormente, con el uso de un motor para descargar una tensión de enlace de CC, puede no ser necesario ningún circuito adicional tal como un circuito de descarga y la razón de cambio de los valores de capacitancia puede medirse usando una tensión de enlace de CC y una corriente de carga que se miden actualmente en un inversor.

45 El cambio en los valores de capacitancia puede estimarse incluso si cambia algo un estado de medición mientras que el estado de medición inicial cambia a un estado deteriorado. Esto puede permitir determinar el nivel de avería de la capacitancia de modo que no sea sensible a verse afectada por el entorno, a diferencia de la técnica

relacionada.

El aparato de diagnóstico según la presente divulgación puede aplicarse directamente a inversores comerciales que estén en venta actualmente. Además, sin ser necesario un cambio de hardware, el aparato de diagnóstico según la presente divulgación puede aplicarse incluso a inversores ya vendidos en una forma actualizada de software.

- 5 Además, el aparato de diagnóstico según la presente divulgación puede medir el cambio en la capacitancia con más frecuencia que el aparato de diagnóstico de la técnica relacionada. Esto puede dar como resultado una mejora de la fiabilidad y eficiencia del inversor e impedir de antemano accidentes tales como daños de componentes, que se produzca un incendio y similar, debidos a la avería.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de diagnóstico para el diagnóstico del deterioro de un condensador de enlace de CC (22) de un inversor que tiene el condensador de enlace de CC (22) y una parte de inversor (23), comprendiendo el aparato de diagnóstico:
 - 5 un detector de corriente (43) configurado para detectar una corriente suministrada a un motor (120) en la parte de inversor (23);

una fuente de alimentación de modo de conmutación, SMPS, (41) configurada para suministrar una tensión de CC y para acoplarse al condensador de enlace de CC; y

 - 10 un controlador (42) configurado para controlar la tensión de CC suministrada desde la SMPS (41) al motor (120) para que tenga un nivel inicial predeterminado, estando dispuesto el controlador (42) para estimar el cambio de una razón de una capacitancia deteriorada con respecto a una capacitancia inicial del condensador de enlace de CC (22), considerando el consumo de potencia debido a una resistencia del motor (120), que provoca un consumo de potencia de una carga, consumo de potencia de la SMPS y una pérdida por conmutación de la parte de inversor (23), en el que la estimación incluye, en respuesta a que la
 - 15 tensión del condensador de enlace de CC alcance un nivel final predeterminado:

determinar un primer factor, k_{ant} , basándose en una razón de consumo de potencia de la SMPS (41) y pérdida por conmutación con respecto a consumo de potencia de la carga usando la capacitancia deteriorada del condensador de enlace de CC (22),

 - 20 determinar un segundo factor, k_{ini} , basándose en una razón de consumo de potencia de la SMPS (41) y pérdida por conmutación con respecto a consumo de potencia de la carga usando la capacitancia inicial del condensador (22),
 - determinar un primer producto multiplicando el primer factor, k_{ant} , por la tasa de consumo de potencia de la carga usando la capacitancia deteriorada del condensador de enlace de CC (22),
 - 25 determinar un segundo producto multiplicando el segundo factor, k_{ini} , por la tasa de consumo de potencia de la carga usando la capacitancia inicial del condensador de enlace de CC (22),
 - determinar un cociente de los productos primero y segundo para el diagnóstico del condensador de enlace de CC (22).
2. Aparato de diagnóstico según la reivindicación 1, en el que la parte de inversor (23) se configura conectando una pluralidad de dispositivos de conmutación y una pluralidad de diodos, conectados en paralelo, en forma de puente completo trifásico, en el que el controlador (42) está adaptado para controlar la tensión de CC suministrada desde la SMPS (41) para que tenga el nivel predeterminado controlando un estado encendido o apagado de la pluralidad de dispositivos de conmutación.
3. Aparato de diagnóstico según la reivindicación 2, en el que la parte de inversor (23) se configura conectando la pluralidad de dispositivos de conmutación y la pluralidad de diodos, conectados en paralelo, en forma de puente completo trifásico, en el que los dispositivos de conmutación están dispuestos en un par de conmutación y cada uno del par de conmutación están conectados en paralelo y unos dispositivos de conmutación primero a tercero forman trayectos de corriente entre las fases primera a tercera suministradas al motor (120), y cada uno de los dispositivos de conmutación primero a tercero están conectados en paralelo entre sí, en el que el primer dispositivo de conmutación forma una rama superior y los dispositivos de conmutación segundo y tercero forman una rama inferior.
4. Aparato de diagnóstico según la reivindicación 3, en el que el controlador (42) está adaptado para controlar los dispositivos de conmutación primero a tercero para que se enciendan cuando una corriente suministrada al motor (120) disminuye por debajo de una corriente de referencia un nivel predeterminado en el caso en el que la corriente suministrada al motor (120) fluye en un modo de libre circulación.
- 45 5. Aparato de diagnóstico según la reivindicación 3, en el que el controlador (42) está adaptado para controlar el primer dispositivo de conmutación para que se encienda y los dispositivos de conmutación segundo y tercero para que se apaguen cuando la corriente suministrada al motor (120) aumenta por encima de una corriente de referencia un nivel predeterminado en el caso en el que la corriente suministrada al motor (120) aumenta debido a la adquisición de energía procedente del condensador de enlace de CC (22).
- 50 6. Aparato de diagnóstico según la reivindicación 3, en el que el controlador (42) está adaptado para controlar el primer dispositivo de conmutación para que se apague y los dispositivos de conmutación segundo y tercero para que se enciendan cuando la corriente suministrada al motor (120) aumenta por encima de una corriente de referencia un nivel predeterminado en el caso en el que la corriente suministrada al motor (120) aumenta debido a la adquisición de energía procedente del condensador de enlace de CC (22).

7. Aparato de diagnóstico según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que el controlador (42) está adaptado para controlar los dispositivos de conmutación cuarto a sexto para que se apaguen.
8. Aparato de diagnóstico según la reivindicación 1, en el que la capacitancia del condensador de enlace de CC (22) se estima mediante la siguiente ecuación:

$$C = 2 \cdot k \cdot P_R \cdot (t_2 - t_1) \cdot \frac{1}{(V_1^2 - V_2^2)},$$

5 donde $P_R \cdot (t_2 - t_1)$ indica la energía consumida por una carga, y k indica una constante que indica una razón de consumo de potencia de la SMPS (41) y la pérdida por conmutación con respecto al consumo de potencia de la carga.

9. Aparato de diagnóstico según la reivindicación 8, en el que el condensador de enlace de CC (22) se diagnostica como averiado cuando el cambio de la razón disminuye por debajo de una razón predeterminada.
10. Aparato de diagnóstico según la reivindicación 8, en el que el controlador (42) está adaptado para controlar la SMPS (41) para aumentar una tensión suministrada por la SMPS (41) al límite máximo admisible para reducir la razón del consumo de potencia de la SMPS (41) y la pérdida por conmutación con respecto al consumo de potencia de la carga.
- 15

FIG. 1

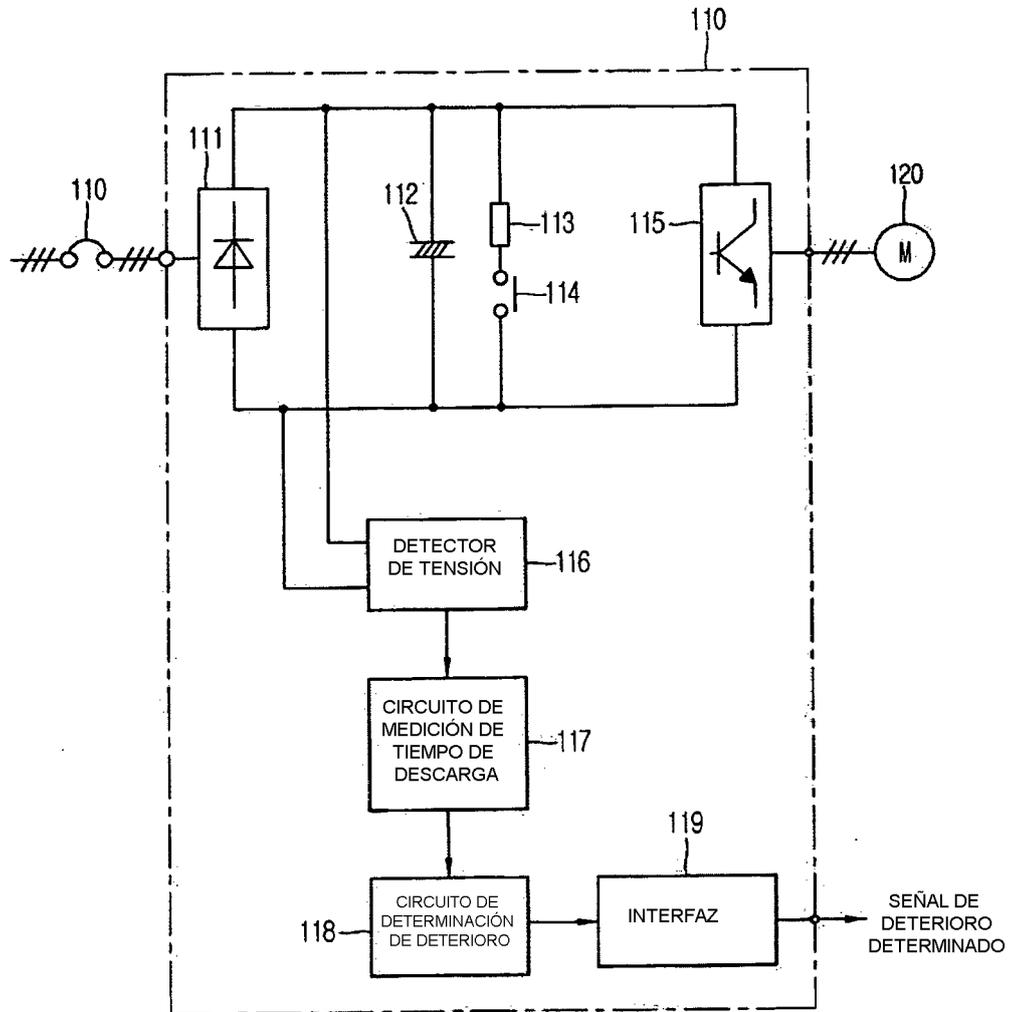


FIG. 2

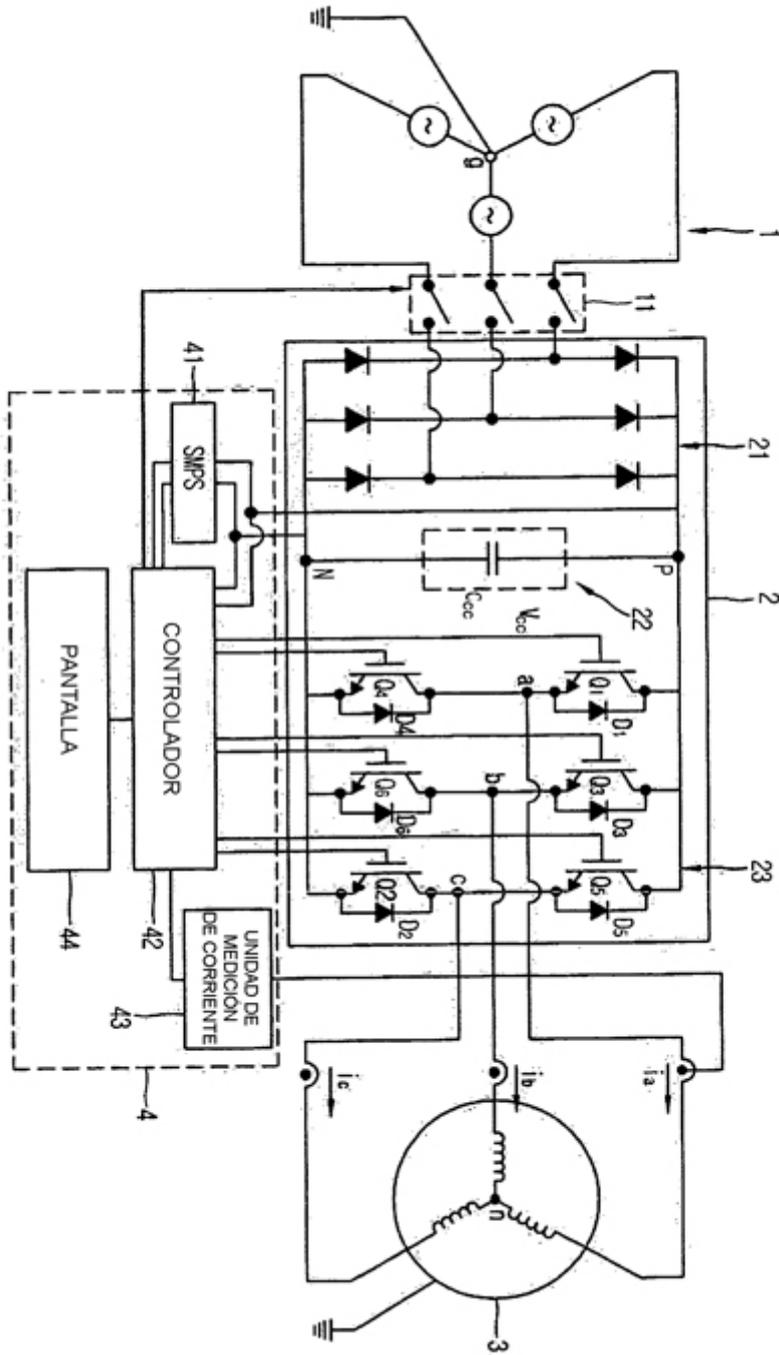


FIG. 3A

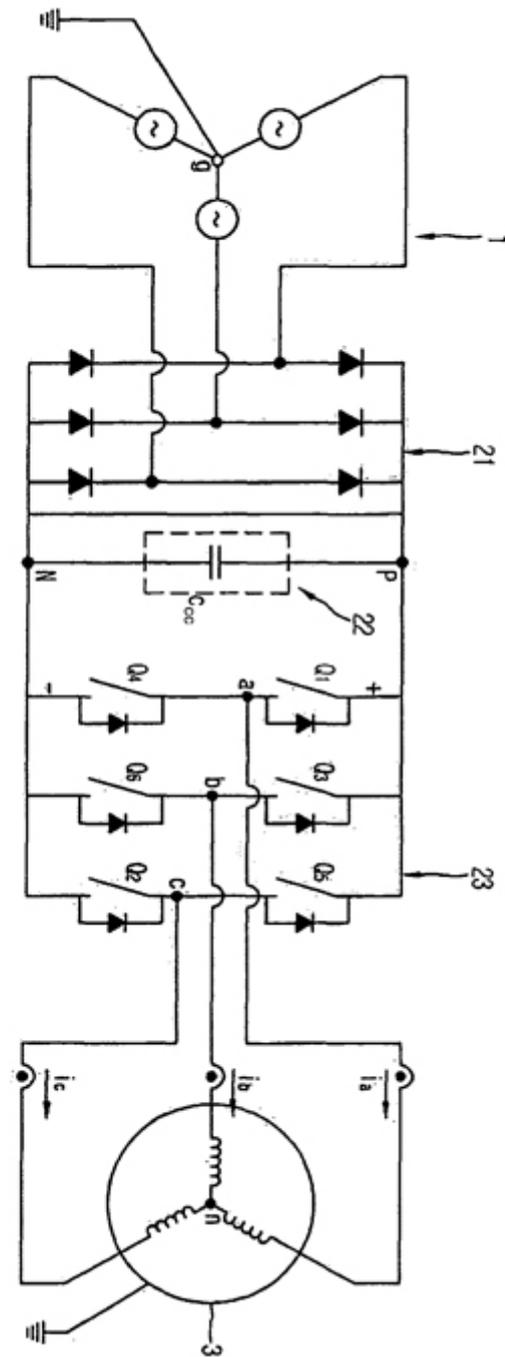


FIG. 3B

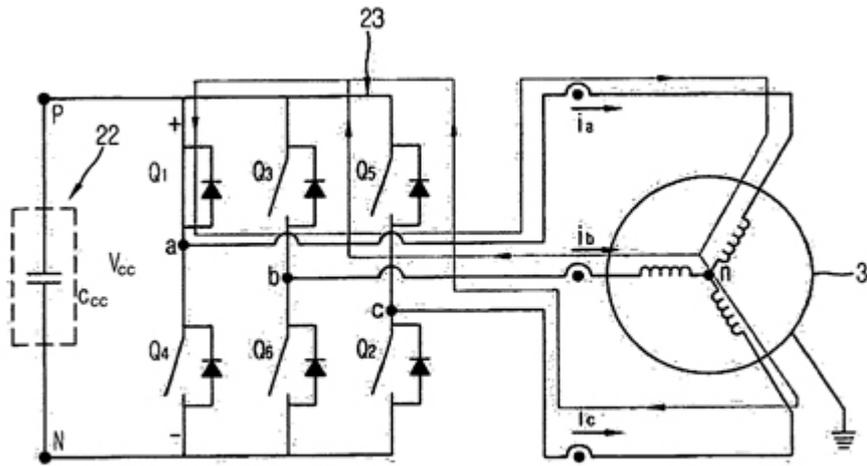


FIG. 3C

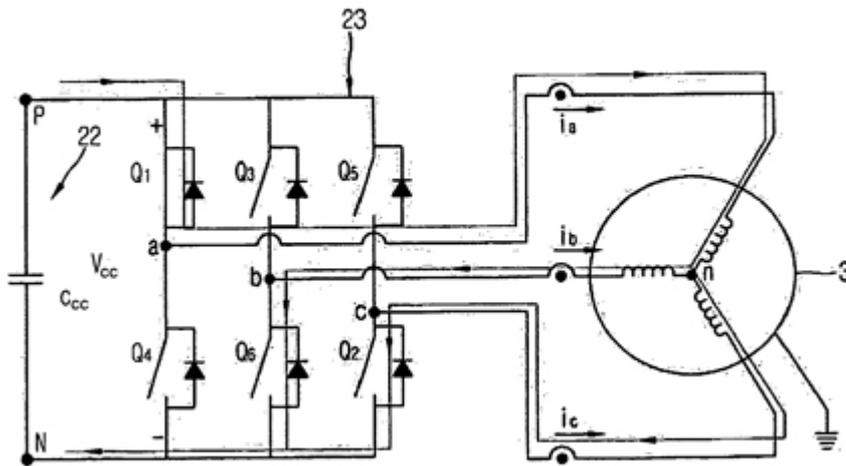


FIG. 3D

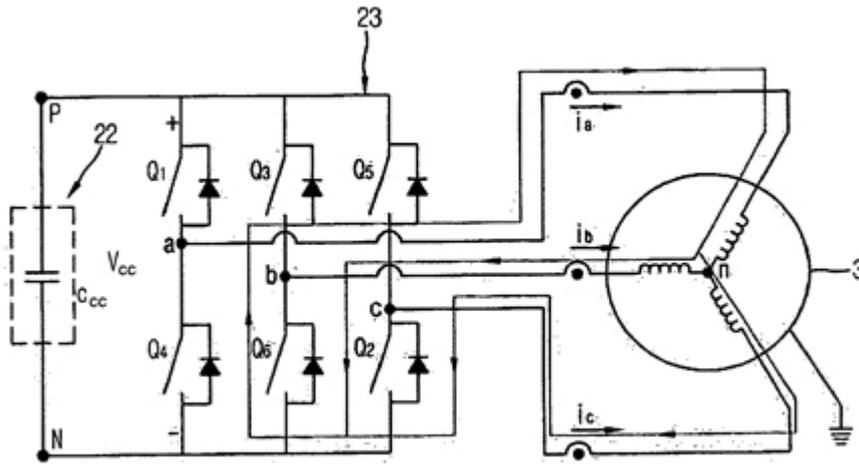


FIG. 4

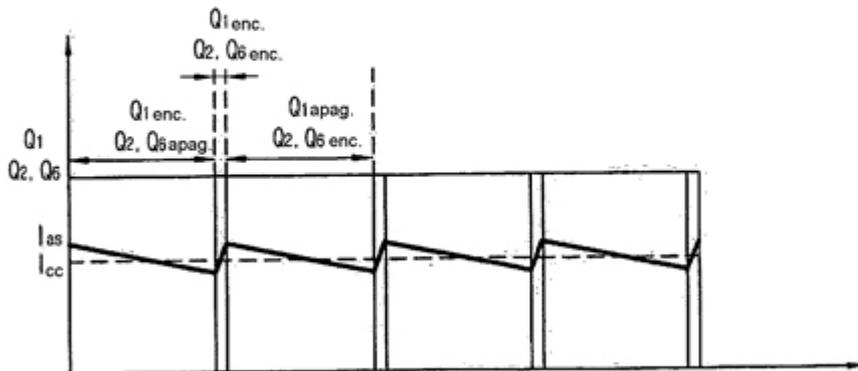


FIG. 5

