

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 059**

51 Int. Cl.:

**H02J 7/14** (2006.01)

**F02B 63/04** (2006.01)

**H02J 7/34** (2006.01)

**H02P 9/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.05.2014 PCT/JP2014/064376**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2015 WO15029526**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2014 E 14841019 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 3026784**

54 Título: **Generador eléctrico a motor**

30 Prioridad:

**30.08.2013 JP 2013179794**

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

**12.02.2018**

73 Titular/es:

**YANMAR CO., LTD. (100.0%)  
1-32, Chayamachi, Kita-ku,  
Osaka-shi, Osaka 530-8311, JP**

72 Inventor/es:

**FUJISAWA, TOSHINOBU;  
OGATA, KENJI;  
ISE, TOSHIFUMI y  
MIURA, YUSHI**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 654 059 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

Generador eléctrico a motor

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un generador a motor que genera energía usando un generador accionado por un motor.

**Antecedentes de la técnica**

10 En un generador a motor que genera energía usando un generador accionado por un motor, un número rotativo de motores (velocidad rotativa de motor) varía de acuerdo con un cambio en una carga durante una operación autónoma. Así, un intervalo de velocidad rotativa permisible (intervalo de cambio de velocidad permisible) se predetermina generalmente para el motor. El generador a motor opera de manera inestable cuando la velocidad rotativa del motor se desvía del intervalo de velocidad rotativa de motor permisible. Por ejemplo, cuando una carga se interrumpe por algún motivo y después vuelve a aplicarse, es necesario considerar el intervalo de velocidad rotativa de motor permisible para aplicar la carga. Por consiguiente, en el generador a motor, la cantidad de carga que puede aplicarse es limitada.

15 En este sentido, el Documento de Patente 1 desvela una configuración en la que un medio de almacenamiento de energía (dispositivo de almacenamiento de energía) que incluye un condensador y similar se proporciona en una trayectoria en el lado CC desde un generador a un inversor para dirigir el cambio en la carga mediante la descarga del medio de almacenamiento de energía mientras se opera el generador constantemente en el punto de eficacia máximo. Así, el cambio en la velocidad rotativa del motor se suprime.

**Documento de la técnica anterior****Documento de Patente**

[Documento de Patente 1] JP 2011-112178 A

**Sumario de la invención****Problema a resolver por la invención**

25 Sin embargo, en la configuración descrita en el Documento de Patente 1, la falta de energía a suministrar a la carga se calcula para compensar la falta por descarga del medio de almacenamiento de energía. Así, es necesario calcular la falta de energía a suministrar a la carga.

30 Considerando las anteriores circunstancias, un objeto de la presente invención es proporcionar un generador a motor en el que un dispositivo de almacenamiento de energía que incluye un condensador y similar se proporciona en el lado CC para suprimir el cambio en la velocidad rotativa de motor durante una operación autónoma sin calcular la falta de energía a suministrar a la carga. Por consiguiente, una cantidad de carga que puede aplicarse puede incrementarse.

**Medio para solucionar el problema**

35 Para solucionar el anterior problema, los inventores de la presente invención han estudiado extensivamente y encontrado lo siguiente para lograr la presente invención.

40 Es decir, un generador a motor tiene una configuración en la que: una salida desde un generador accionado por un motor se rectifica mediante un rectificador; una energía eléctrica de CC del rectificador se convierte a una energía eléctrica de CA mediante un inversor; y un dispositivo de almacenamiento de energía se proporciona en paralelo con el generador en una trayectoria desde el rectificador al inversor. En tal generador a motor, una tensión de CC del rectificador al inversor se controla para ser constante (a continuación denominado "control de tensión de CC constante"), o se controla para no desviarse desde una zona muerta, cuando se realiza el control de carga/descarga del dispositivo de almacenamiento de energía controlando la conducción de un conductor de carga y un conductor de descarga del dispositivo de almacenamiento de energía. Así, es posible mantener el cambio en la velocidad rotativa del motor durante la operación autónoma dentro de un intervalo de velocidad rotativa aceptable predeterminado sin calcular la falta de la energía a suministrar a la carga, permitiendo así incrementar la cantidad de carga que puede aplicarse.

45 La presente invención se basa en el anterior conocimiento y proporciona un generador a motor de la siguiente primera y segunda realización.

(1) Generador a motor de la primera realización

50 Un generador a motor incluye: un motor; un generador configurado para accionarse por el motor; un rectificador

configurado para rectificar una salida del generador; un inversor configurado para convertir una energía eléctrica de CC del rectificador en energía eléctrica de CA; y un dispositivo de almacenamiento de energía proporcionado en paralelo con el generador en una trayectoria desde el rectificador al inversor, incluyendo el dispositivo de almacenamiento de energía un conductor de carga y un conductor de descarga. El generador a motor controla la conducción del conductor de carga y el conductor de descarga para controlar la carga/descarga del dispositivo de almacenamiento de energía. Una tensión de CC en la trayectoria del rectificador al inversor se detecta controlando la carga/descarga. Cuando la tensión de CC es mayor que una tensión objetivo de la tensión de CC, una relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de carga del dispositivo de almacenamiento de energía se establece superior que una relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de descarga del dispositivo de almacenamiento de energía. Cuando la tensión de CC es menor que la tensión objetivo, la relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de descarga del dispositivo de almacenamiento de energía se establece superior que la relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de carga del dispositivo de almacenamiento de energía.

En el generador a motor de acuerdo con la primera realización de la presente invención, es posible mostrar, de manera ejemplar, una configuración en la que: cuando una tensión de dispositivo de almacenamiento de energía es menor que una tensión establecida en un estado en el que la tensión de CC converge en la tensión objetivo, la relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de carga del dispositivo de almacenamiento de energía se hace superior que un valor normal para cambiar una distribución de la relación de trabajo en un lado del conductor de carga en el control de conmutación del conductor de carga y el conductor de descarga.

(2) Generador a motor de la segunda realización

Un generador a motor incluye: un motor; un generador configurado para accionarse por el motor; un rectificador configurado para rectificar una salida del generador; un inversor configurado para convertir una energía eléctrica de CC del rectificador en una energía eléctrica de CA; y un dispositivo de almacenamiento de energía proporcionado en paralelo con el generador en una trayectoria del rectificador al inversor, incluyendo el dispositivo de almacenamiento de energía un conductor de carga y un conductor de descarga. El generador a motor controla la conducción del conductor de carga y el conductor de descarga para controlar la carga/descarga del dispositivo de almacenamiento de energía. Una tensión de CC en la trayectoria del rectificador al inversor se detecta al controlar la carga/descarga. Cuando la tensión de CC es mayor que un valor obtenido añadiendo un intervalo de zona muerta a una tensión objetivo de la tensión de CC, una relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de carga del dispositivo de almacenamiento de energía se establece superior que una relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de descarga del dispositivo de almacenamiento de energía. Cuando la tensión de CC es menor que un valor obtenido sustrayendo el intervalo de zona muerta de la tensión objetivo, la relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de descarga del dispositivo de almacenamiento de energía se establece superior que la relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de carga del dispositivo de almacenamiento de energía.

En el generador a motor de acuerdo con la segunda realización de la presente invención, es posible mostrar, de manera ejemplar, una configuración en la que: una energía de carga se detecta para cambiar la zona muerta a un valor en relación con la energía de carga con un retraso correspondiente a una constante de tiempo no menor que un valor predeterminado.

En el generador a motor de acuerdo con la segunda realización de la presente invención, es posible mostrar, ejemplarmente, una configuración en la que: cuando una tensión del dispositivo de almacenamiento de energía es menor que una tensión de ajuste en un estado en el que la tensión de CC cae dentro del intervalo de zona muerta, el control de conmutación del conductor de carga del dispositivo de almacenamiento de energía se realiza.

En el generador a motor de acuerdo con la primera realización y la segunda realización de la presente invención, es posible mostrar, ejemplarmente, una configuración en la que: el control de conmutación del conductor de descarga o el conductor de carga se realiza para recuperar la tensión del dispositivo de almacenamiento de energía a una tensión predeterminada.

### **Efectos de la invención**

Con la presente invención, es posible suprimir el cambio en la velocidad rotativa de motor durante la operación autónoma dentro del intervalo de velocidad rotativa de motor permisible predeterminado sin calcular la falta de energía a suministrar a una carga. Por consiguiente, una cantidad de carga que puede aplicarse puede incrementarse.

### **Breve descripción de los dibujos**

[FIG. 1]

La FIG. 1 es un diagrama de bloque de sistema que muestra una configuración esquemática de un generador a motor de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

[FIG. 2]

Las FIGS. 2 son diagramas de bloque de control de un interruptor reductor y un interruptor de aumento que

incluye control de tensión de CC constante. La FIG. 2(a) muestra un ejemplo de un primer interruptor reductor y la FIG. 2(b) muestra un ejemplo de un primer interruptor de aumento.

[FIG. 3]

5 La FIG. 3 es un diagrama de flujo que muestra un flujo de procesamiento de una unidad de control para realizar un ejemplo del control de tensión de CC constante.

[FIG. 4]

10 Las FIGS. 4 son gráficos que muestran resultados de evaluación del control de tensión de CC constante. La FIG. 4(a) es un gráfico que muestra un cambio temporal en una tensión de CC cuando un dispositivo de almacenamiento de energía no se añade al generador a motor, mientras que la FIG. 4(b) es un gráfico que muestra un cambio temporal en una velocidad rotativa de motor cuando el dispositivo de almacenamiento de energía no se añade al generador a motor.

[FIG. 5]

15 Las FIGS. 5 son gráficos que muestran resultados de evaluación del control de tensión de CC constante. La FIG. 5(a) es un gráfico que muestra un cambio temporal en la tensión de CC cuando el dispositivo de almacenamiento de energía se añade al generador a motor, mientras la FIG. 5(b) es un gráfico que muestra un cambio temporal en la velocidad rotativa de motor cuando el dispositivo de almacenamiento de energía se añade al generador a motor.

[FIG. 6]

20 Las FIGS. 6 son diagramas de bloque de control de un interruptor reductor y un interruptor de aumento que incluye control de tensión de CC con una zona muerta. La FIG. 6(a) muestra un ejemplo de un segundo interruptor reductor y la FIG. 6(b) muestra un ejemplo de un segundo interruptor de aumento.

[FIG. 7]

25 La FIG. 7 es un diagrama de flujo que muestra un flujo de procesamiento de la unidad de control para realizar un ejemplo del control de tensión de CC con la zona muerta.

[FIG. 8]

La FIG. 8 es un gráfico que muestra valores máximos, valores mínimos y valores medios de la tensión de CC y sus curvas aproximadas respectivas cuando una energía de carga se cambia.

[FIG. 9]

30 Las FIGS. 9 son diagramas explicativos para explicar el procesamiento de retraso para cambiar una zona muerta en relación con la energía de carga con un retraso correspondiente a una constante de tiempo que no es menor que un valor predeterminado. La FIG. 9(a) es un diagrama de bloque de control del procesamiento de retraso. La FIG. 9(b) es un diagrama de flujo del procesamiento de retraso a realizar antes del procesamiento en la etapa S22 del diagrama de flujo de la FIG. 7.

[FIG. 10]

35 Las FIGS. 10 son gráficos que muestran resultados de evaluación del control de tensión de CC con la zona muerta. La FIG. 10(a) es un gráfico que muestra un cambio temporal en la tensión de CC bajo la condición 2, y la FIG. 10(b) es un gráfico que muestra un cambio temporal en la velocidad rotativa del motor bajo la condición 2.

[FIG. 11]

40 Las FIGS. 11 son gráficos que muestran resultados de evaluación del control de tensión de CC con la zona muerta. La FIG. 11(a) es un gráfico que muestra un cambio temporal en la tensión de CC bajo la condición 3 y la FIG. 11(b) es un gráfico que muestra un cambio temporal en la velocidad rotativa del motor bajo la condición 3.

[FIG. 12]

45 Las FIGS. 12 son diagramas de bloques de control de un interruptor reductor y un interruptor de aumento que incluye control de recuperación de tensión EDLC que se aplica en el momento de realizar el control de tensión de CC con la zona muerta. La FIG. 12(a) muestra un ejemplo de un tercer interruptor reductor y la FIG. 12(b) muestra un ejemplo de un tercer interruptor de aumento.

[FIG. 13]

50 Las FIGS. 13 son gráficos que muestran ondas de la tensión EDLC cuando la carga cambia de sin carga a carga completa. La FIG. 13(a) es un gráfico que muestra la onda en el caso donde el control de recuperación de tensión EDLC no se realiza. La FIG. 13(b) es un gráfico que muestra la onda en el caso donde el control de recuperación de tensión EDLC se realiza.

[FIG. 14]

55 Las FIGS. 14 son diagramas de bloques de control de un interruptor reductor y un interruptor de aumento que incluye el control de recuperación de tensión EDLC, que se aplica en el momento de realizar el control de tensión de CC constante. La FIG. 14(a) muestra un ejemplo de un cuarto interruptor reductor y la FIG. 14(b) muestra un ejemplo de un cuarto interruptor de aumento.

[FIG. 15]

60 La FIG. 15 es un gráfico que muestra una onda de la tensión EDLC cuando la carga cambia de sin carga a carga completa en el control de recuperación de tensión EDLC que se aplica en el momento de realizar el control de tensión de CC constante.

### **Modos para llevar a cabo la invención**

A continuación, las realizaciones de acuerdo con la presente invención se describirán en referencia a los dibujos.

La FIG. 1 es un diagrama de bloque de sistema que muestra una configuración esquemática de un generador 100 a

motor de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

En el generador 100 a motor en la FIG. 1, un suministro 110 de energía (por ejemplo, suministro de energía dispersada) para enviar una tensión de CC tiene características como generador sincrónico. Así, el generador 100 a motor actúa como un llamado generador sincrónico virtual (VSG) que tiene la función de mejorar una estabilidad del sistema durante la interconexión del sistema incrementando la capacidad de seguimiento de un inversor 120 que convierte la tensión de CC del suministro 110 de energía en una tensión de CA contra la perturbación que ocurre en el sistema tal como el fallo de energía instantáneo y la caída de tensión instantánea. Debe apreciarse que el generador 100 de energía se aplica a un sistema de cogeneración a motor de gas en este caso, pero no se limita a ello.

Específicamente, el generador 100 a motor incluye, además del suministro 110 de energía y el inversor 120, un dispositivo 200 de almacenamiento de energía y una unidad 130 de control que controla totalmente el generador 100 a motor.

El suministro 110 de energía incluye: un motor 111; un generador 112 que obtiene energía de salida mediante la fuerza de accionamiento rotativa del motor 111; un rectificador 113 que convierte la energía de salida (tensión de CA) del generador 112 en tensión de CC; y un condensador 114.

En este caso, el motor 111 para rotar y accionar el generador 112 es un motor de gas, pero no se limita a ello. El motor 111 puede ser un motor distinto del motor de gas.

El generador 112 tiene un regulador de tensión automático (AVR). El lado de salida del generador 112 se conecta al lado de entrada del rectificador 113. El generador 112 en este caso es un generador CA trifásico, pero no se limita a ello. El generador 112 puede ser un generador CA de fase única.

El rectificador 113 consiste en una pluralidad de diodos. En este caso, 6 diodos constituyen un puente de diodo. El lado de salida del rectificador 113 se conecta a un lado CC del inversor 120.

Entre el rectificador 113 y el inversor 120, el condensador 114 se conecta en paralelo con el rectificador 113 y el inversor 120.

El inversor 120 se constituye mediante un elemento de conmutación de tipo de bloqueo inverso, y el lado CA del inversor 120 se conecta a una carga  $L_o$  mediante un inductor  $X_L$ .

La unidad 130 de control incluye: una unidad 131 de procesamiento tal como una CPU (unidad de procesamiento central); y una unidad 132 de almacenamiento que incluye una memoria no volátil tal como ROM (memoria de solo lectura), una memoria no volátil en la que puede escribirse tal como una memoria flash, y una memoria volátil tal como RAM (memoria de acceso aleatorio).

En el generador 100 a motor, la unidad 131 de procesamiento de la unidad 130 de control carga un programa de control, que se prealmacena en la ROM de la unidad 132 de almacenamiento, o la RAM de la unidad 132 de almacenamiento. Así, el programa de control se ejecuta para controlar diversos componentes. Además, la memoria no volátil de la unidad 132 de almacenamiento almacena diversos tipos de información del sistema tal como parámetros operativos y de datos de ajustes del generador 100 a motor.

(Control VSG)

A continuación, se describe el control VSG. En el inversor 120 para controlar la corriente, la tensión de salida y la frecuencia dependen del sistema en el momento de la interconexión del sistema, lo que conduce a los siguientes problemas: el suministro 110 de energía para controlar la corriente no puede absorber las perturbaciones del sistema porque no tiene inercia a diferencia del generador sincrónico; y es difícil realizar una conmutación sin interrupciones entre la interconexión del sistema y la operación autónoma. El control VSG puede resolver los problemas anteriores.

La unidad 130 de control realiza el control VSG en el que el generador 100 a motor actúa como un generador sincrónico virtual (VSG).

El dispositivo 200 de almacenamiento de energía almacena energía correspondiente a energía cinética almacenada en inercia del generador sincrónico. Desde aquí, el suministro 110 de energía puede tener virtualmente inercia. El control VSG en la FIG. 1 provoca que el inversor 120 simule las mismas características que el generador sincrónico. De esta manera, el suministro 110 de energía puede tener características similares a las del generador sincrónico. Por ejemplo, el suministro 110 de energía puede sincronizar de manera autónoma con otro generador debido a la energía de sincronización, y puede absorber las perturbaciones ocurridas en el sistema mediante la inercia virtual para mejorar la estabilidad del sistema. Además, ya que es posible operar mediante el mismo control durante la interconexión del sistema así como durante la operación autónoma, la conmutación sin interrupciones puede realizarse desde la interconexión del sistema a la operación autónoma.

(Supresión de cambio en velocidad rotativa de motor mediante el dispositivo de almacenamiento de energía)

A continuación, se proporciona una descripción de la supresión del cambio en la velocidad rotativa del motor 111 mediante el dispositivo 200 de almacenamiento de energía durante la operación autónoma del generador 100 a motor.

5 El generador 100 a motor (véase la FIG. 1) en la configuración del generador síncrono virtual antes descrito incrementa la cantidad de carga que puede aplicarse suprimiendo el cambio en la velocidad rotativa del motor 111 durante la operación autónoma.

10 Es posible usar el dispositivo 200 de almacenamiento de energía que incluye un condensador 210 eléctrico de doble capa (EDLC). A medida que el EDLC 210 almacena energía eléctrica tal cual, puede cargar y descargar rápidamente. En esta realización, el objeto es incrementar la cantidad de carga a aplicar suprimiendo el cambio en la velocidad rotativa del motor 111 cuando la carga cambia. El EDLC 210 compensa la diferencia entre una energía de carga P y la energía de salida del generador 112 cuando la carga cambia. Así, el dispositivo de almacenamiento de energía que puede intercambiar energía en poco tiempo es preferible para compensar la diferencia entre la energía de carga P y la energía de salida del generador 112 cuando la carga cambia. Por tanto, en esta realización, el dispositivo 200 de almacenamiento de energía que incluye el EDLC 210 se adopta.

15 Específicamente, el dispositivo 200 de almacenamiento de energía incluye el EDLC 210 y un circuito 220 interruptor.

En el EDLC 210, un condensador 211 y un resistor 212 se conectan entre sí en serie.

20 El circuito 220 interruptor es un circuito interruptor de dos cuadrantes (circuito combinado de interruptor 230 reductor e interruptor 240 de aumento). Ya que el circuito 220 interruptor es el circuito interruptor de dos cuadrantes, es posible realizar una operación de interruptor reductor en el caso de ver el lado EDLC 210 desde el lado del enlace CC, y realizar una operación de interruptor de aumento en el caso de ver el lado de enlace CC desde el lado del EDLC 210.

Específicamente, el circuito 220 interruptor incluye, además del interruptor 230 reductor y el interruptor 240 de aumento, un primer conmutador semiconductor  $S_1$ , un primer diodo  $D_1$ , un segundo conmutador semiconductor  $S_2$ , un segundo diodo  $D_2$  y un inductor L.

25 El primer conmutador semiconductor  $S_1$ , que funciona como un conductor de carga para llevar la corriente para cargar el EDLC 210, es un dispositivo semiconductor para controlar un tiempo que lleva corriente mediante señales de control de ACTIVACIÓN-DESACTIVACIÓN. El segundo conmutador semiconductor  $S_2$ , que sirve como conductor de descarga que lleva la carga para descargar el EDLC 210, es un dispositivo semiconductor para controlar un tiempo que lleva corriente mediante señales de control de ACTIVACIÓN-DESACTIVACIÓN. El lado de flujo de  
30 entrada de corriente (en este ejemplo, un lado colector) del primer conmutador semiconductor  $S_1$  se conecta a una trayectoria de electrodo positivo LN1 que conecta entre el rectificador 113 y el inversor 120, y el lado de flujo de salida de corriente (en este ejemplo, el lado emisor) se conecta a un extremo del inductor L. El lado de flujo de entrada de corriente (en este ejemplo, el lado colector) del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  se conecta a un extremo del inductor L, y el lado de flujo de salida de corriente (en este ejemplo, el lado emisor) se conecta a una  
35 trayectoria de electrodo negativo LN2 que se conecta entre el rectificador 113 y el inversor 120.

El primero diodo  $D_1$  se conecta en paralelo con el segundo conmutador semiconductor  $S_2$  para llevar la corriente en la dirección opuesta a la dirección en la que el segundo conmutador semiconductor  $S_2$  lleva la corriente. El segundo diodo  $D_2$  se conecta en paralelo con el primer conmutador semiconductor  $S_1$  para llevar la corriente en la dirección opuesta a la dirección en la que el primer conmutador semiconductor  $S_1$  lleva la corriente.

40 El electrodo positivo del EDLC 210 se conecta al otro extremo del inductor L, y el electrodo negativo del EDLC 210 se conecta a la trayectoria de electrodo negativo LN2.

(Control del dispositivo de almacenamiento de energía)

45 La unidad 130 de control controla la conducción del primer conmutador semiconductor  $S_1$  y el segundo conmutador semiconductor  $S_2$  para controlar la carga/descarga del dispositivo 200 de almacenamiento de energía. Para controlar la carga/descarga del dispositivo 200 de almacenamiento de energía, la unidad 130 de control realiza un control de tensión de CC constante (primera realización) o control de tensión de CC con una zona muerta (segunda realización).

(Primera realización)

-Control de tensión de CC constante-

50 La unidad 130 de control realiza un control para mantener una tensión de CC  $V_{CC}$  (tensión por los terminales del condensador 114) entre las trayectorias LN1 y LN2 del rectificador 113 al inversor 120 como un valor constante, mediante un regulador de tensión automático (AVR) del generador 112, y el dispositivo 200 de almacenamiento de energía.

Las FIGS. 2 son diagramas de bloque de control del interruptor 230 reductor y el interruptor 240 de aumento que

incluyen el control de tensión de CC constante. La FIG. 2(a) muestra un ejemplo de un primer interruptor 231 reductor y la FIG. 2(b) muestra un ejemplo del primer interruptor 241 de aumento. Debe apreciarse que la FIG. 2(a) muestra un estado en el que la operación de interruptor reductor se realiza mientras que la FIG. 2(b) muestra un estado en el que se realiza la operación de interruptor de aumento.

- 5 El interruptor 230 reductor incluye el primer interruptor 231 reductor y el interruptor 240 de aumento incluye el primer interruptor 241 de aumento. El primer interruptor 231 reductor y el primer interruptor 241 de aumento son para realizar el control de tensión de CC constante.

10 Como se muestra en la FIG. 2(a), el primer interruptor 231 reductor se constituye por: un restador 231a que resta una tensión de CC  $V_{CC}$  de un valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (tensión objetivo de la tensión de CC  $V_{CC}$ ); un controlador 231b que controla un valor de salida del restador 231a; un divisor 231c que divide un valor de salida del controlador 231b mediante la tensión de CC  $V_{CC}$ ; un restador 231d que resta un valor de salida del divisor 231c del valor "1"; un conmutador 231e que conmuta un valor a introducir entre el valor "0" y un valor de salida del restador 231d; y un comparador 231f en el que el valor de salida del conmutador 231e y una onda de triángulo se introducen.

15 Como se muestra en la FIG. 2(b), el primer interruptor 241 de aumento se constituye por: un restador 241a que resta la tensión de CC  $V_{CC}$  del valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ ; un controlador 241b que controla un valor de salida del restador 241a; un divisor 241c que divide un valor de salida del controlador 241b mediante la tensión de CC  $V_{CC}$ ; un conmutador 241d que conmuta un valor para introducirse entre el valor "0" y un valor de salida del divisor 241c; y un comparador 241e en el que un valor de salida del conmutador 241d y una onda de triángulo se introducen.

20 Debe apreciarse que en la FIG. 2,  $d^*$  representa un valor de comando de relación de trabajo (relación de conducción). La frecuencia  $f_a$  de la onda de triángulo que se introduce en los comparadores 231f y 241e puede ajustarse apropiadamente.

25 Después, las señales de salida (señales de control) de los comparadores 231f y 241e se introducen respectivamente en un lado de entrada de señal de control (en este ejemplo, lado base) del primer conmutador semiconductor  $S_1$  (véase la FIG. 1) y un lado de entrada de señal de control (en este ejemplo, lado base) del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  (véase la FIG. 1).

30 La unidad 130 de control detecta la tensión de CC  $V_{CC}$ . Cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ , la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor reductor (véase la FIG. 2(a)) para que el EDLC 210 absorba la energía, disminuyendo así la tensión de CC  $V_{CC}$ . Por otro lado, cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ , la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor de aumento (véase la FIG. 2(b)) para que el EDLC 210 libere la energía, aumentando así la tensión de CC  $V_{CC}$ . La unidad 130 de control puede detectar la tensión de CC  $V_{CC}$  usando una línea de detección de tensión de CC (no se muestra).

35 La FIG. 3 es un diagrama de flujo que muestra un flujo de procesamiento de la unidad 130 de control para realizar un ejemplo del control de tensión de CC constante.

Primero, la unidad 130 de control detecta la tensión de CC  $V_{CC}$  entre las trayectorias LN1 y LN2 del rectificador 113 al inversor 120 (etapa S11).

40 Después, la unidad 130 de control determina si la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (etapa S12). Cuando se determina que la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (etapa S12: Sí), la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor reductor (etapa S13) mediante la conmutación del conmutador 231e para introducir el valor de salida del restador 231d al comparador 231f en el primer interruptor 231 reductor (véase la FIG. 2(a)), y después el procedimiento va a la etapa S15. Es decir, en esta operación de interruptor reductor, la relación de trabajo (relación de conducción)  $d$  en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  se realiza superior que la relación de trabajo (relación de conducción)  $d$  en el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$ . En este ejemplo, la unidad 130 de control detiene el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  (operación de interruptor de aumento), lo que hace que el segundo conmutador semiconductor  $S_2$  y el segundo diodo  $D_2$  estén en el estado APAGADO.

50 Por otro lado, cuando se determina que la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que (o no mayor que) el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (etapa S12: No), la unidad 130 de control detiene el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  en el primer dispositivo 200 de almacenamiento de energía, conmutando el conmutador 231e para introducir el valor "0" al comparador 231f en el primer interruptor 231 reductor (véase la FIG. 2(a)), deteniendo así la operación del interruptor reductor (etapa S14), y así el procedimiento va a la etapa S15.

55 Después, la unidad 130 de control determina si la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (etapa S15). Cuando se determina que la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (etapa S15: Sí), la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor de aumento (etapa S16) conmutando el conmutador 241d para introducir el valor de salida del divisor 241c al comparador 241e en el

primer interruptor 241 de aumento (véase la FIG. 2(b)), entonces el procedimiento va a la etapa S18. Es decir, en esta operación de interrupción de aumento, la relación de trabajo (relación de conducción)  $d$  en el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  se realiza superior que la relación de trabajo (relación de conducción)  $d$  en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$ . En este ejemplo, la unidad 130 de control detiene el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  (operación de interruptor reductor), lo que hace que el primer conmutador semiconductor  $S_1$  y el primer diodo  $D_1$  estén en el estado APAGADO.

Por otro lado, cuando se determina que la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que (o no menor que) el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (etapa S15: No), la unidad 130 de control detiene el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  en el dispositivo 200 de almacenamiento de energía, mediante la conmutación del conmutador 241d para introducir el valor "0" en el comparador 241e en el primer interruptor 241 de aumento (véase la FIG. 2(b)), deteniendo así la operación del interruptor de aumento (etapa S17), y así el procedimiento va a la etapa S18.

La unidad 130 de control realiza repetidamente el procesamiento de las etapas S11 a S18 a menos que reciba una instrucción para detener la operación (etapa S18: No), y cuando recibe la instrucción para detener la operación (etapa S18: Sí), detiene la operación.

De esta manera, es posible mantener una tensión de CC  $V_{CC}$  como valor de comando de tensión de CC constante  $V_{CC}^*$ .

-Resultados de evaluación del control de tensión de CC constante-

A continuación, se proporciona la descripción de la evaluación del control de tensión de CC constante en referencia a las FIGS. 4 y 5.

En la evaluación del control de tensión de CC constante, el valor de comando de tensión de CC se estableció en un valor  $V_{CC}^*$  en el regulador de tensión automático (AVR) del generador 112 y el dispositivo 200 de almacenamiento de energía, y el control se realizó por lo que la tensión de CC  $V_{CC}$  igualó al valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  cuando se realizó el cambio de sin carga a carga completa.

Las FIGS. 4 y 5 son gráficos que muestran los resultados de evaluación del control de tensión de CC constante. La FIG. 4(a) es un gráfico que muestra un cambio temporal en la tensión de CC  $V_{CC}$  cuando el dispositivo 200 de almacenamiento de energía no se añade al generador 100 a motor, mientras la FIG. 4(b) es un gráfico que muestra un cambio temporal en la velocidad rotativa del motor cuando el dispositivo 200 de almacenamiento de energía no se añade al generador 100 a motor. La FIG. 5(a) es un gráfico que muestra un cambio temporal en la tensión de CC  $V_{CC}$  cuando el dispositivo 200 de almacenamiento de energía se añade al generador 100 a motor, mientras la FIG. 5(b) es un gráfico que muestra un cambio temporal en la velocidad rotativa del motor cuando el dispositivo 200 de almacenamiento de energía se añade al generador 100 a motor.

Como se muestra en la FIG. 4, cuando se cambia la carga del estado sin carga a carga completa en el caso donde el dispositivo 200 de almacenamiento de energía no se añade al generador 100 a motor, la velocidad rotativa del motor 111 (véase la FIG. 4(b)) se cambia considerablemente. Por otro lado, como se muestra en la FIG. 5, cuando se cambia la carga de sin carga a carga completa en el caso donde el dispositivo 200 de almacenamiento de energía se añade al generador 100 a motor, el cambio en la velocidad rotativa del motor 111 (véase la FIG. 5(b)) se suprime de manera notable mediante el dispositivo 200 de almacenamiento de energía.

(Segunda realización)

-Control de tensión de CC con zona muerta-

En el control de tensión de CC constante de la primera realización, es necesario operar de manera continua el dispositivo 200 de almacenamiento de energía para mantener la tensión de CC  $V_{CC}$  constante. En comparación, en el control de tensión de CC con una zona muerta de la segunda realización, la unidad 130 de control controla el dispositivo 200 de almacenamiento de energía para que opere solo cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  se desvía de la zona muerta. Esto es para evitar que el dispositivo 200 de almacenamiento de energía opere continuamente y para reducir la pérdida en el dispositivo 200 de almacenamiento de energía.

Las FIGS. 6 son diagramas de bloque de control del interruptor 230 reductor y el interruptor 240 de aumento que incluye el control de tensión de CC con la zona muerta. La FIG. 6(a) muestra un ejemplo del segundo interruptor 232 reductor y la FIG. 6(b) muestra un ejemplo del segundo interruptor 242 de aumento. Debe apreciarse que la FIG. 6(a) muestra un estado en el que la operación de interruptor reductor se realiza mientras la FIG. 6(b) muestra un estado en el que se realiza la operación de interruptor de aumento.

El interruptor 230 reductor incluye el segundo interruptor 232 reductor y el interruptor 240 de aumento incluye el segundo interruptor 242 de aumento. El segundo interruptor 232 reductor y el segundo interruptor 242 de aumento son para realizar el control de tensión de CC con la zona muerta.

Como se muestra en la FIG. 6(a), el segundo interruptor 232 reductor se constituye por: un divisor 232a que divide una tensión EDLC  $V_{EDLC}$  que es una tensión del EDLC 210 mediante el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ ; un conmutador 232b que conmuta un valor para introducirse entre el valor "0" y un valor de salida del divisor 232a; y un comparador 232c en el que un valor de salida del conmutador 232b y la onda de triángulo se introducen.

5 Como se muestra en la FIG. 6(b), el segundo interruptor 242 de aumento se constituye por: un restador 242a que resta la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  del valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ ; un divisor 242b que divide un valor de salida del restador 242a mediante el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ ; y un conmutador 242c que conmuta un valor para introducir entre el valor "0" y un valor de salida del divisor 242b; y el comparador 242d en el que el valor de salida del conmutador 242c y la onda del triángulo se introducen.

10 Debe apreciarse que en la FIG. 6,  $d^*$  representa un valor de comando de relación de trabajo (relación de conducción) y  $\Delta V_{CC}$  representa el intervalo de zona muerta. La frecuencia  $f_b$  de la onda de triángulo que se introduce en los comparadores 232c y 242d puede ajustarse apropiadamente. El intervalo de zona muerta  $\Delta V_{CC}$  se pre-almacena (se preajusta) en la unidad 132 de almacenamiento (memoria no volátil) de la unidad 130 de control.

15 Después, las señales de salida (señales de control) de los comparadores 232c y 242d se introducen respectivamente en el lado de entrada de señal de control (en este ejemplo, lado base) del primer conmutador semiconductor  $S_1$  (véase la FIG. 1) y el lado de entrada de señal de control (en este ejemplo, lado base) del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  (véase la FIG. 1).

La unidad 130 de control detecta la tensión de CC  $V_{CC}$ . Cuando la tensión de CC detectada  $V_{CC}$  es mayor que un valor añadido ( $V_{CC}^* + \Delta V_{CC}$ ) obtenido añadiendo el intervalo de zona muerta  $\Delta V_{CC}$  al valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (tensión objetivo de la tensión de CC  $V_{CC}$ ), la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor reductor (véase la FIG. 6(a)) para que el EDLC 210 absorba la energía, disminuyendo así la tensión de CC  $V_{CC}$ . Por otro lado, cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  detectada es menor que un valor restado ( $V_{CC}^* - \Delta V_{CC}$ ) obtenido restando el intervalo de zona muerta  $\Delta V_{CC}$  del valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ , la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor de aumento (véase la FIG. 6(b)) para que el EDLC 210 libere la energía, aumentando así la tensión de CC  $V_{CC}$ . La unidad 130 de control puede detectar la tensión de CC  $V_{CC}$  usando una unidad de detección de tensión de CC (no se muestra).

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que muestra un flujo de procesamiento de la unidad 130 de control para realizar un ejemplo del control de tensión de CC con la zona muerta.

30 Primero, la unidad 130 de control detecta la tensión de CC  $V_{CC}$  entre las trayectorias LN1 y LN2 del rectificador 113 al inversor 120 (etapa S21).

Después, la unidad 130 de control determina si la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que el valor añadido ( $V_{CC}^* + \Delta V_{CC}$ ) obtenido añadiendo el intervalo de zona muerta  $\Delta V_{CC}$  al valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (etapa S22). Cuando se determina que la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que el valor añadido ( $V_{CC}^* + \Delta V_{CC}$ ) (etapa S22: Sí), la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor reductor (etapa S23) mediante la conmutación del conmutador 232b para introducir el valor de salida del divisor 232a al comparador 232c en el segundo interruptor 232 reductor (véase la FIG. 6(a)) y luego el procedimiento continúa en la etapa S25. Es decir, en la operación de interruptor reductor, la relación de trabajo (relación de conducción)  $d$  en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  se realiza superior que la relación de trabajo (relación de conducción)  $d$  en el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$ . En este ejemplo, la unidad 130 de control detiene el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  (operación de interruptor de aumento), lo que hace que el segundo conmutador semiconductor  $S_2$  y el segundo diodo  $D_2$  estén en el estado APAGADO.

40 Por otro lado, cuando se determina que la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que (o no mayor que) el valor añadido ( $V_{CC}^* + \Delta V_{CC}$ ) (etapa S22: No), la unidad 130 de control detiene el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  en el dispositivo 200 de almacenamiento de energía, conmutando el conmutador 232b para introducir el valor "0" al comparador 232c en el segundo interruptor 232 reductor (véase la FIG. 6(a)), deteniendo así la operación de interruptor reductor (etapa S24), y así el procedimiento va a la etapa S25. En este momento, la operación de interruptor de aumento también se detiene.

50 Es posible transmitir la energía desde el enlace CC al EDLC 210 realizando la operación de interruptor reductor, visto desde el lado de enlace CC, mediante el primer conmutador semiconductor  $S_1$  y el primer diodo  $D_1$  mostrado en la FIG. 1. En este caso, la tensión de CC  $V_{CC}$  y la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  tienen la relación representada por la expresión (1) a continuación.  
[Matemática 1]

$$V_{EDLC} = dV_{CC} \quad \dots \text{Expresión (1)}$$

En la anterior expresión (1),  $d$  representa la relación de trabajo (relación de conducción).

55 A continuación, la unidad 130 de control determina si la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que el valor restado ( $V_{CC}^* - \Delta V_{CC}$ ) obtenido sustrayendo el intervalo de zona muerta  $\Delta V_{CC}$  del valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (etapa

S25). Cuando se determina que la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que el valor restado ( $V_{CC}^* - \Delta V_{CC}$ ) (etapa S25: Sí), la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor de aumento (etapa S26) mediante la conmutación del conmutador 242c para introducir el valor de salida del divisor 242b al comparador 242d en el segundo interruptor 242 de aumento (véase la FIG. 6(b)), y luego el procedimiento va en la etapa S28. Es decir, en esta operación de interruptor de aumento, la relación de trabajo (relación de conducción)  $d$  en el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  es mayor que la relación de trabajo (relación de conducción)  $d$  en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$ . En este ejemplo, la unidad 130 de control detiene el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  (operación de interruptor reductor), lo que hace que el primer conmutador semiconductor  $S_1$  y el primer diodo  $D_1$  estén en el estado APAGADO.

5  
10  
15

Por otro lado, cuando se determina que la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que (o no menor que) el valor sustraído ( $V_{CC}^* - \Delta V_{CC}$ ) (etapa S25: No), la unidad 130 de control detiene el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  en el dispositivo 200 de almacenamiento de energía, conmutando el conmutador 242c para introducir el valor "0" al comparador 242d en el segundo interruptor 242 de aumento (véase la FIG. 6(b)), deteniendo así la operación de interruptor de aumento (etapa S27), y así el procedimiento va a la etapa S28. En este momento, la operación de interruptor reductor también se detiene.

Es posible transmitir la energía desde el EDLC 210 al enlace DC realizando la operación de interruptor de aumento, visto desde el lado del EDLC 210, mediante el segundo conmutador semiconductor  $S_2$  y el segundo diodo  $D_2$  mostrado en la FIG. 1. En este, la tensión de CC  $V_{CC}$  y la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  tienen la relación representada por la expresión (2) a continuación.

20 [Matemática 2]

$$V_{CC} = 1/(1-d) \times V_{EDLC} \quad \dots \text{Expresión (2)}$$

A partir de las expresiones (1) y (2), los valores de comando de la relación de trabajo (relación de conducción)  $d^*$  en la operación de interruptor reductor y la operación de interruptor de aumento se representan, respectivamente, por las expresiones (3) y (4) a continuación.

25 [Matemática 3]

$$d^* = V_{EDLC}/V_{CC}^* \quad \dots \text{Expresión (3)}$$

[Matemática 4]

$$d^* = (V_{CC}^* - V_{EDLC})/V_{CC}^* \quad \dots \text{Expresión (4)}$$

30 La unidad 130 de control realiza respectivamente el procesamiento de las etapas S21 a S28 a menos que recibe una instrucción para detener la operación (etapa S28: No), y cuando recibe la instrucción de detener la operación (etapa S28: Sí), detiene la operación.

-Zona muerta-

35 Cuando se realiza el control de tensión de CC con la zona muerta de la segunda realización, como se ha mencionado antes, la unidad 130 de control controla el dispositivo 200 de almacenamiento de energía para que opere solo cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  se desvía de la zona muerta mediante el cambio en la carga para reducir la pérdida en el dispositivo 200 de almacenamiento de energía. En la unidad 132 de almacenamiento (memoria no volátil) de la unidad 130 de control, una zona muerta (intervalo de zona muerta  $\Delta V_{CC}$ ) de la tensión de CC  $V_{CC}$  se preajusta. Cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  cambia de acuerdo con el cambio en la carga, y cuando tal cambio provoca la desviación de la tensión de CC  $V_{CC}$  desde la zona muerta, la unidad 130 de control opera y controla el dispositivo 40 200 de almacenamiento de energía para que el dispositivo 200 de almacenamiento de energía libere la energía o absorba la energía.

45 Los respectivos valores de comando de relación de trabajo (relación de conducción)  $d^*$  del segundo interruptor 232 reductor (véase la FIG. 6(a)) y el segundo interruptor 242 de aumento (véase la FIG. 6(b)) se obtienen mediante las expresiones (3) y (4) antes mencionadas, sin embargo, si el segundo interruptor 232 reductor y el segundo interruptor 242 de aumento operan o no se determina mediante la zona muerta (intervalo de zona muerta  $\Delta V_{CC}$ ).

En este sentido, la unidad 130 de control del generador 100 a motor se configura para establecer una zona muerta constante independientemente de la magnitud (valor) de la energía de carga  $P$ , o para cambiar la zona muerta en relación con la energía de carga  $P$ .

<Configuración en la que se establece la zona muerta constante>

50 En primer lugar, se proporcionará la descripción de un caso en el que una zona muerta constante se establece en la unidad 130 de control del generador 100 a motor.

Cuando la zona muerta se establece, la unidad 130 de control no realiza el control de tensión de CC constante de la primera realización. Así, cuando la cantidad de carga cambia, la tensión de CC  $V_{CC}$  también cambia dentro de la zona muerta. La tensión de CC  $V_{CC}$  se vuelve máxima durante la falta de carga, y la tensión de CC  $V_{CC}$  se vuelve

mínima durante la carga completa.

Después, en la unidad 132 de almacenamiento (memoria no volátil) de la unidad 130 de control, un límite inferior y un límite superior de la zona muerta se pre-almacenan (preajustan) basándose en la onda de la tensión de CC  $V_{CC}$  durante la carga completa y el estado sin carga.

- 5 Además, el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  es una media del límite superior y el límite inferior.

De esta manera, independientemente de la magnitud de la energía de carga P, el intervalo de zona muerta constante  $\Delta V_{CC}$  se establece en la unidad 132 de almacenamiento de la unidad 130 de control. Por consiguiente, la unidad 130 de control no opera el dispositivo 200 de almacenamiento de energía cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  cae dentro del intervalo de zona muerta constante, y opera el dispositivo 200 de almacenamiento de energía cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  se desvía del intervalo de zona muerta constante.

<Configuración en la que cambia la zona muerta>

A continuación, se proporciona la descripción de un caso en el que la zona muerta cambia en relación con la energía de carga P en la unidad 130 de control del generador 100 a motor.

15 Cuando la zona muerta se hace constante mediante la unidad 130 de control, la tensión de CC  $V_{CC}$  no se desvía frecuentemente de la zona muerta (en particular durante el periodo de transición) dependiendo de la magnitud del intervalo de zona muerta  $\Delta V_{CC}$ , lo que tiene como resultado que el dispositivo 200 de almacenamiento de energía no opere frecuentemente. Igualmente, cuando el dispositivo 200 de almacenamiento de energía no opera, la energía de compensación disminuye, de acuerdo con lo cual la suspensión del cambio en la velocidad rotativa no puede esperarse.

20 Por tanto, la unidad 130 de control se configura para detectar la energía de carga P y para cambiar la zona muerta y el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  en relación con la energía de carga detectada P. De esta manera, la unidad 130 de control puede cambiar la tensión de CC  $V_{CC}$  (en particular, la tensión de CC  $V_{CC}$  durante el periodo de transición) en relación con la energía de carga P. Así, en comparación con el caso en el que la zona muerta es constante, es posible mejorar el efecto de supresión del cambio en la velocidad rotativa del motor 111. La unidad 25 130 de control puede detectar la energía de carga P usando la unidad de detección de energía de carga (no mostrada).

Específicamente, la unidad 130 de control incluye una unidad 133 de cálculo de intervalo de zona muerta (véase la FIG. 9(a) descrita a continuación) que calcula el límite superior y el límite inferior de la zona muerta y el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  basándose en el valor de la energía de carga P. Así, el límite superior y el límite inferior de la zona muerta y el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  pueden obtenerse mediante la unidad 133 de cálculo de intervalo de zona muerta basándose en el valor de la energía de carga P.

La FIG. 8 muestra valores máximos, valores mínimos y valores medios de la tensión de CC  $V_{CC}$  y sus respectivas curvas aproximadas cuando la energía de carga P se cambia.

35 En este caso, la expresión de curva aproximada del valor máximo, la expresión de curva aproximada del valor mínimo y la expresión de curva aproximada del valor medio se prealmacenan (predeterminan) en la unidad 132 de almacenamiento (memoria no volátil) en la unidad 130 de control.

Las FIGS. 9 son diagramas explicativos para explicar el procesamiento de retraso para cambiar la zona muerta en relación con la energía de carga P con un retraso correspondiente a la constante de tiempo  $\tau$  que no es menor que un valor predeterminado. La FIG. 9(a) es un diagrama de bloque de control del procesamiento de retraso. La FIG. 40 9(b) es un diagrama de flujo del procesamiento de retraso a realizar antes del procesamiento en la etapa S22 del diagrama de flujo de la FIG. 7.

La unidad 133 de cálculo de intervalo de zona muerta calcula el límite superior y el límite inferior de la zona muerta y el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ , basándose en el valor de la energía de carga P, de acuerdo con las expresiones de curva aproximadas respectivas de valor máximo, el valor mínimo y el valor medio de la tensión de CC  $V_{CC}$  en relación con la energía de carga P (véase la FIG. 8). En lugar de las expresiones de curva aproximadas respectivas, pueden usarse tablas de conversión para convertir el valor de la energía de carga P en el límite superior y el límite inferior de la zona muerta y el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ .

La unidad 130 de control incluye un elemento 134 de retardo (véase la FIG. 9(a)) que cambia la zona muerta en relación con la energía eléctrica de Carga P con un retraso correspondiente en la constante de tiempo no menor que el valor predeterminado.

50 Como se muestra en la FIG. 9(a), el elemento 134 de retardo se proporciona en el lado exterior de la unidad 133 de cálculo de intervalo de zona muerta. El procesamiento de retraso de las etapas S20a a S20c mostrado en la FIG. 9(b) se realiza antes del procesamiento de la etapa S22 en el diagrama de flujo mostrado en la FIG. 7. Debe apreciarse que el procesamiento de retraso de las etapas S20a a S20c puede realizarse después del procesamiento

de la etapa S21 siempre que se realice antes del procesamiento de la etapa S22.

Como se muestra en la FIG. 9(b), en el procesamiento de retraso de las etapas S20a a S20c, la energía de carga P se detecta (etapa S20a), el límite superior y el límite inferior de la zona muerta y el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  se calculan mediante la unidad 133 de cálculo de intervalo de zona muerta (etapa S20b), y la zona muerta cambia en relación con la energía de carga P con el retraso correspondiente a la constante de tiempo  $\tau$  mediante el elemento 134 de retardo (etapa S20c). Igualmente, el cambio de la constante de tiempo de retraso  $\tau$  puede cambiar la velocidad de respuesta de la zona muerta en relación con el cambio en la carga. Así, es posible cambiar el ritmo de desviación de la tensión de CC  $V_{CC}$  de la zona muerta cambiando la velocidad de respuesta de la zona muerta, lo que tiene como resultado una mejora del efecto de supresión de la velocidad rotativa del motor 111.

10 -Resultados de evaluación del control de tensión de CC con la zona muerta-

A continuación, se dará la descripción de la evaluación del control de tensión de CC con la zona muerta en referencia a las FIGS. 10 y 11.

En la evaluación del control de tensión de CC con la zona muerta, la tensión de CC  $V_{CC}$  se controló en las condiciones respectivas 1 a 3 a continuación descritas cuando se cambia la carga de sin carga a carga completa:

- 15       Condición 1: sin dispositivo 200 de almacenamiento de energía;  
           Condición 2: zona muerta constante; y  
           Condición 3: zona muerta cambiante.

Las FIGS. 10 y 11 son gráficos que muestran resultados de evaluación del control de tensión de CC con la zona muerta. Las FIGS. 10(a) y 11(a) son gráficos que muestran cambios temporales respectivos en la tensión de CC  $V_{CC}$  en las condiciones 2 y 3, y las FIGS. 10(b) y 11(b) son gráficos que muestran respectivos cambios temporales en la velocidad rotativa del motor en las condiciones 2 y 3. Las FIGS. 10(a) y 11(a) también muestran el límite superior y el límite inferior de la zona muerta y el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ .

En el caso donde el dispositivo 200 de almacenamiento de energía no se añade (véase la FIG. 4), la tensión de CC  $V_{CC}$  (véase la FIG. 4(a)) cambia considerablemente.

25 Por otro lado, en el caso donde el dispositivo 200 de almacenamiento de energía se añade (véanse las FIGS. 10 y 11), el circuito 220 interruptor opera cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  se desvía de la zona muerta. Además, como se muestra en la FIG. 11(a), puede confirmarse que la zona muerta cambia de acuerdo con el cambio en la carga.

Al comparar el caso donde el dispositivo 200 de almacenamiento de energía no se añade (véase la FIG. 4(b)) con el caso donde el dispositivo 200 de almacenamiento de energía (véanse las FIGS. 10(b) y 11(b)), puede verse que en el caso donde el dispositivo 200 de almacenamiento de energía se añade, el cambio en la velocidad rotativa del motor 111 puede suprimirse.

Además, al comparar la FIG. 10 con la FIG. 11, puede verse que en el caso mostrado en la FIG. 11, el cambio en la velocidad rotativa del motor 111 puede suprimirse de manera máxima. Se considera que la razón es que cuando el intervalo de la zona muerta cambia lentamente, la tensión de CC  $V_{CC}$  se desvía más frecuentemente del límite inferior de la zona muerta, lo que causa que el dispositivo 200 de almacenamiento de energía opere más frecuentemente.

Es decir, en el control de tensión de CC con la zona muerta de la segunda realización, el efecto de supresión del cambio en la velocidad rotativa del motor 111 es pequeño en comparación con el control de tensión de CC constante de la primera realización. Sin embargo, cuando la zona muerta cambia lentamente en relación con el cambio en la energía de carga P, es posible prolongar el periodo de tiempo en el que la tensión de CC  $V_{CC}$  se desvía de la zona muerta, lo que tiene como resultado la prolongación del periodo de tiempo en el que el dispositivo 200 de almacenamiento de energía opera. Así, es posible incrementar la energía liberada por el dispositivo 200 de almacenamiento de energía. Esto puede mejorar el efecto de supresión del cambio en la velocidad rotativa del motor 111, aumentando así la cantidad de carga que puede aplicarse.

Además, cuando se opera continuamente el dispositivo 200 de almacenamiento de energía para realizar el control de tensión de CC constante como se describe en la primera realización, la pérdida de conmutación o pérdida de conducción se generan constantemente en los elementos semiconductores del circuito 220 interruptor. En este sentido, el control de tensión de CC con la zona muerta de la segunda realización es eficaz.

(Control de recuperación de tensión EDLC)

50 Existe el problema de que una vez que la carga cambia, el EDLC 210 se carga/descarga y de esta manera la cantidad de energía que el EDLC 210 puede acumular también cambia en comparación con el estado antes del cambio en la carga, lo que tiene como resultado la dificultad en responder al siguiente cambio en la carga.

Para resolver el anterior problema, la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se recupera a una tensión de carga (tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ ) en el estado inicial (es decir, el estado en el que el EDLC 210 se precarga) después del cambio en la carga.

Específicamente, la unidad 130 de control realiza el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  o el segundo conmutador semiconductor  $S_2$  para que la tensión del dispositivo 200 de almacenamiento de energía se recupere a la tensión predeterminada.

5 A continuación, se proporciona la descripción del control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$ , por separado en el caso se realiza donde el control de tensión de CC con la zona muerta de la segunda realización y en el caso donde se realiza el control de tensión de CC constante de la primera realización.

<Control de recuperación de tensión EDLC aplicado cuando se realiza el control de tensión de CC con zona muerta>

10 Para recuperar la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  a la tensión de carga (tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ ) en el estado inicial (es decir, el estado en el que el EDLC 210 se precarga) después del cambio en la carga, es necesario cargar o descargar el dispositivo 200 de almacenamiento de energía.

Por este motivo, en el momento de realizar el control de tensión de CC con la zona muerta, la unidad 130 de control realiza el control para provocar que el dispositivo 200 de almacenamiento de energía opere cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  cae dentro de la zona muerta y la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  no se recupera en el estado inicial, y para provocar que el dispositivo 200 de almacenamiento de energía no opere cuando el EDLC 210 se recupera en el estado inicial.

15 Las FIGS. 12 son diagramas de bloque de control del interruptor 230 reductor y el interruptor 240 de aumento que incluye el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$ , que se aplica en el momento de realizar el control de tensión de CC con una zona muerta. La FIG. 12(a) muestra un ejemplo de un tercer interruptor 233 reductor, y la FIG. 12(b) muestra un ejemplo de un tercer interruptor 243 de aumento. Debe apreciarse que la FIG. 12(a) muestra un estado en el que la operación de la recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se realiza en el lado del límite superior de la zona muerta, y la FIG. 12(b) muestra un estado en el que la operación de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se realiza en el lado del límite inferior de la zona muerta.

20 El interruptor 230 reductor incluye el tercer interruptor 233 reductor en el lugar del segundo interruptor 232 reductor, mostrado en la FIG. 6(a), y el interruptor 240 de aumento incluye el tercer interruptor 243 de aumento en lugar del segundo interruptor 242 de aumento mostrado en la FIG. 6(b). El tercer interruptor 233 reductor y el tercer interruptor 243 de aumento son para realizar el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  en el momento de realizar el control de tensión de CC con la zona muerta.

25 Como se muestra en la FIG. 12(a), el tercer interruptor 233 reductor se constituye por: un divisor 233a que divide la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  mediante el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ ; un conmutador 233b que conmuta un valor para introducir entre el valor "0" y un valor de salida del divisor 233a; un conmutador 233c que conmuta un valor para introducir entre el valor "0" y un valor de salida del conmutador 233b; un divisor 233d que divide la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  mediante el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ ; un conmutador 233e que conmuta un valor para introducirse entre un valor de salida del conmutador 233c y un valor de salida del divisor 233d; y un comparador 233f en el que un valor de salida del conmutador 233e y la onda de triángulo se introducen.

30 Como se muestra en la FIG. 12(b), el tercer interruptor 243 de aumento se constituye por: un restador 243a que sustrae la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  del valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ ; un divisor 243b que divide un valor de salida del restador 243a mediante la tensión EDLC  $V_{EDLC}$ ; un conmutador 243c que conmuta un valor para introducirse entre el valor "0" y un valor de salida del divisor 243b; un conmutador 243d que conmuta un valor para introducirse entre el valor "0" y un valor de salida del conmutador 243c; un restador 243e que resta la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  del valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ ; un divisor 243f que divide un valor de salida del restador 243e mediante la tensión EDLC  $V_{EDLC}$ ; un conmutador 243g que conmuta un valor para introducirse entre un valor de salida del conmutador 243d y un valor de salida del divisor 243f; y un comparador 243h en el que un valor de salida del conmutador 243g y la onda de triángulo se introducen.

35 De apreciarse que, en las FIGS. 12,  $d^*$  representa un valor de comando de relación de trabajo (relación de conducción),  $\Delta V_{CC}$  representa el intervalo de zona muerta,  $\Delta V_{CC1}$  ( $V_{CC}^* < \Delta V_{CC1} < \Delta V_{CC}$ ) representa un intervalo de zona muerta del lado del límite superior, y  $\Delta V_{CC2}$  ( $V_{CC}^* < \Delta V_{CC2} < \Delta V_{CC}$ ) representa un intervalo de zona muerta del lado del límite inferior. La frecuencia  $f_c$  de la onda de triángulo que se introduce en los comparadores 233f y 243h puede ajustarse apropiadamente. La tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ , el intervalo de zona muerta del lado del límite superior  $\Delta V_{CC1}$  y el intervalo de zona muerta del lado del límite inferior  $\Delta V_{CC2}$  se prealmacenan (preajustan) en la unidad 132 de almacenamiento (memoria no volátil) de la unidad 130 de control.

40 Después, las señales de salida (señales de control) de los comparadores 233f y 243h se introducen respectivamente en el lado de entrada de señal de control (en este ejemplo, lado base) del primer conmutador semiconductor  $S_1$  (véase la FIG. 1) y el lado de entrada de señal de control (en este ejemplo, lado base) del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  (véase la FIG. 1).

45 La unidad 130 de control detecta la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía. En el caso donde la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  detectada es menor que la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ , la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor reductor cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  cae dentro de la zona muerta, por lo que el EDLC 210 se carga. Por otro lado, en el caso donde la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  detectada es mayor que la tensión de

ajuste  $V_{EDLC}^*$ , la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor de aumento cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  cae dentro de la zona muerta, por lo que el EDLC 210 se descarga. La unidad 130 de control puede detectar la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  usando una unidad de detección de tensión EDLC (no se muestra).

5 Específicamente, la unidad 130 de control realiza el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  cae dentro del intervalo de zona muerta y cuando la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía es menor que la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$  (la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  en el estado inicial) y detiene el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  cuando la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se recupera a la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ . Por otro lado, la unidad 130 de control realiza el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  cae dentro del intervalo de zona muerta y cuando la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía es mayor que la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ , y detiene el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  cuando la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se recupera a la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ . En esta realización, la unidad 130 de control realiza el control, cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  cae dentro de la zona muerta, para ejecutar la operación de interrupción después del paso de un tiempo predeterminado desde el cambio en la tensión EDLC  $V_{EDLC}$ . Esto es para recuperar la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  después de que la tensión de CC  $V_{CC}$  converja en el estado estacionario.

El procesamiento del interruptor 230 reductor y el interruptor 240 de aumento mostrado en las FIGS. 12 puede ser básicamente similar al procesamiento mostrado en el diagrama de flujo de la FIG. 7, excepto por las etapas S24 y S27.

20 Es decir, en la etapa S22 mostrada en la FIG. 7, cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que el valor añadido ( $V_{CC}^* + \Delta V_{CC}$ ) (etapa S22: Sí), la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor reductor (etapa S23) conmutando el conmutador 233e para introducir el valor de salida del divisor 233d en el comparador 233f en el tercer interruptor 233 reductor (véase la FIG. 12(a)) y luego el procedimiento continúa en la etapa S25.

25 Por otro lado, en la etapa S22 mostrada en la FIG. 7, cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que (o no mayor que) el valor añadido ( $V_{CC}^* + \Delta V_{CC}$ ) (etapa S22: No), la unidad 130 de control realiza el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  (etapa S24) mediante la conmutación del conmutador 233e para introducir el valor de salida del conmutador 233c en el comparador 233f en el tercer interruptor 233 reductor (véase la FIG. 12(a)) y después el procedimiento continúa en la etapa S25. En este momento, la operación de interrupción de aumento se detiene. Después, la unidad 130 de control conmuta el conmutador 233c para introducir el valor de salida del conmutador 233b cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que un valor añadido del lado del límite superior ( $V_{CC}^* + \Delta V_{CC1}$ ) usando el intervalo de zona muerta del lado de límite superior,  $\Delta V_{CC1}$  ( $V_{CC}^* < \Delta V_{CC1} < \Delta V_{CC}$ ), y también conmuta el conmutador 233b para introducir el valor de salida del divisor 233a después del paso de un tiempo predeterminado desde el punto del tiempo en el que la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  es menor que la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ . Por otro lado, la unidad 130 de control conmuta el conmutador 233b para introducir el valor "0" cuando la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  es mayor que (o no menor que) la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ . Además, la unidad 130 de control conmuta el conmutador 233c para introducir el valor "0" cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que (o no mayor que) el valor añadido del lado del límite superior ( $V_{CC}^* + \Delta V_{CC1}$ ).

40 Además, en la etapa S25 mostrada en la FIG. 7, cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que el valor restado ( $V_{CC}^* - \Delta V_{CC}$ ) (etapa S25: Sí), la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor de aumento (etapa S26) mediante la conmutación del conmutador 243g para introducir el valor de salida del divisor 243f en el comparador 243h en el tercer interruptor 243 de aumento (véase la FIG. 12(b)), y luego el procedimiento continúa en la etapa S28.

45 Por otro lado, en la etapa S25 mostrada en la FIG. 7, cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que (o no menor que) el valor restado ( $V_{CC}^* - \Delta V_{CC}$ ) (etapa S25: No), la unidad 130 de control realiza el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  (etapa S27) mediante la conmutación del conmutador 243g para introducir el valor de salida del conmutador 243d en el comparador 243h en el tercer interruptor 243 de aumento (véase la FIG. 12(b)), y luego el procedimiento continúa en la etapa S28. En este momento, la operación de interruptor reductor se detiene. Después, la unidad 130 de control conmuta el conmutador 243d para introducir el valor de salida del conmutador 243c cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que un valor restado del lado del límite inferior ( $V_{CC}^* - \Delta V_{CC2}$ ) usando el intervalo de zona muerta del lado del límite inferior  $\Delta V_{CC2}$  ( $V_{CC}^* < \Delta V_{CC2} < \Delta V_{CC}$ ) y también conmuta el conmutador 243c para introducir el valor de salida del divisor 243b después del paso de un tiempo predeterminado desde el punto en el tiempo en el que la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  es mayor que la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ . Por otro lado, la unidad 130 de control conmuta el conmutador 243c para introducir el valor "0" cuando la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  es menor que (o no mayor que) la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ . Además, la unidad 130 de control conmuta el conmutador 243d para introducir el valor "0" cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que (o no menor que) el valor restado del lado del límite inferior ( $V_{CC}^* - \Delta V_{CC2}$ ).

60 Las FIGS. 13 son gráficos que muestran ondas de la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  cuando la carga cambia del estado sin carga a carga completa. La FIG. 13(a) es un gráfico que muestra la onda en el caso donde el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  no se realiza. La FIG. 13(b) es un gráfico que muestra la onda en el caso donde el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se realiza. Debe apreciarse que las FIGS. 13 muestran ejemplos en los que el EDLC 210 se precarga y la carga cambia del estado sin carga a carga completa.

Como se muestra en la FIG. 13(a), cuando el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  no se realiza, la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  desciende, lo que significa que la energía que puede acumularse se reduce. Por otro lado, como se muestra en la FIG. 13(b), cuando el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se realiza, puede confirmarse que la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se recupera a la tensión de carga (tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ ) en el estado inicial (es decir, el estado en el que el EDLC 210 se precarga). Así, es posible responder al siguiente cambio en la carga.

<Control de recuperación de tensión EDLC aplicado cuando se realiza un control de tensión de CC constante>

El control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  como se muestra en la FIG. 12 requiere la condición en la que la tensión de CC  $V_{CC}$  cae dentro de la zona muerta en el estado estacionario y además el dispositivo 200 de almacenamiento de energía no opera. Por consiguiente, el mismo control de recuperación de tensión no puede aplicarse cuando se realiza el control de tensión de CC constante sin la zona muerta.

De esta manera, en el momento de realizar el control de tensión de CC constante, la unidad 130 de control realiza el control de recuperación de tensión diferente del control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  mostrado en las FIGS. 12.

Las FIGS. 14 son diagramas de bloques de control del interruptor 230 reductor y el interruptor 240 de aumento que incluyen el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$ , que se aplica en el momento de realizar el control de tensión de CC constante. La FIG. 14(a) muestra un ejemplo de un cuarto interruptor 234 reductor y la FIG. 14(b) muestra un ejemplo de un cuarto interruptor 244 de aumento. Debe apreciarse que la FIG. 14(a) muestra el estado en el que el control de interruptor reductor se realiza mientras que el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se realiza, y la FIG. 14(b) muestra el estado en el que el control del interruptor de aumento se realiza mientras que el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se realiza.

El interruptor 230 reductor incluye el cuarto interruptor 234 reductor en el lugar del primer interruptor 231 reductor mostrado en la FIG. 2(a), y el interruptor 240 de aumento incluye el cuarto interruptor 244 de aumento en lugar del primer interruptor 241 de aumento mostrado en la FIG. 2(b). El cuarto interruptor 234 reductor y el cuarto interruptor 244 de aumento son para realizar el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  mientras se realiza el control de tensión de CC constante.

Tal como se muestra en la FIG. 14(a), el cuarto interruptor 234 reductor se constituye por: un restador 234a que resta la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  de la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ ; un controlador 234b; un sumador 234c que añade un valor de salida del controlador 234b a un valor normal del valor de comando de relación de trabajo (relación de conducción)  $d^*$  (es decir, el valor de comando de relación de trabajo cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  se controla para ser constantemente el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ ) (véase la constante a en la FIG. 14(a)) en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía; un conmutador 234d que conmuta un valor para introducirse entre el valor "0" y un valor de salida del sumador 234c; y un comparador 234e en el que un valor de salida del conmutador 234d y la onda de triángulo se introducen.

Como se muestra en la FIG. 14(b), el cuarto interruptor 244 de aumento se constituye por: un restador 244a que resta la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  de la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ ; un controlador 244b; un sumador 244c que añade un valor de salida del controlador 244b a un valor normal del valor de comando de relación de trabajo (relación de conducción)  $d^*$  (es decir, el valor de comando de relación de trabajo cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  se controla para ser constantemente el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ ) (véase la constante b en la FIG. 14(b)) en el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía; un restador 244d que resta un valor de salida del sumador 244c del valor "1"; un conmutador 244e que conmuta un valor a introducir entre el valor "0" y un valor de salida del restador 244d; y un comparador 244f en el que un valor de salida del conmutador 244e y la onda de triángulo se introducen.

Debe apreciarse que en las FIGS. 14,  $d^*$  representa un valor de comando de relación de trabajo (relación de conducción). La frecuencia  $f_d$  de la onda de triángulo que se introduce en los comparadores 234e y 244f puede ajustarse apropiadamente.

Después, las señales de salida (señales de control) de los comparadores 234e y 244f se introducen respectivamente en un lado de entrada de señal de control (en este ejemplo, lado base) del primer conmutador semiconductor  $S_1$  (véase la FIG. 1) y un lado de entrada de señal de control (en este ejemplo, lado base) del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  (véase la FIG. 1).

La unidad 130 de control detecta la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  del dispositivo 200 del almacenamiento de energía. Cuando la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  detectada es menor que la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$  (tensión EDLC  $V_{EDLC}$  en el estado inicial), en el estado en el que la tensión de CC  $V_{CC}$  converge en el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (tensión objetivo de la tensión de CC  $V_{CC}$ ), la unidad 130 de control hace que la relación de trabajo (relación de conducción)  $d$  en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía sea superior que el valor normal (véase la constante a en la FIG. 14(a)), y así cambia, en la relación de distribución [a : b] de la relación de trabajo en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  y del segundo conmutador semiconductor  $S_2$ , la distribución [a] en el lado del primer conmutador semiconductor  $S_1$ .

Después, cuando la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se recupera a la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ , la unidad 130 de control restaura la relación de trabajo  $d$  en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  al valor normal. Por otro lado, cuando la tensión EDLC detectada  $V_{EDLC}$  es mayor que la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ , en el estado en el que la tensión de CC  $V_{CC}$  converge en el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$ , la unidad 130 de control hace que la relación de trabajo (relación de conducción)  $d$  en el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía sea mayor que el valor normal (véase la constante  $b$  en la FIG. 14(b)), y de esta manera cambia, en la relación de distribución  $[a : b]$  de la relación de trabajo en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  y el segundo conmutador semiconductor  $S_2$ , la distribución  $[b]$  en el lado del segundo conmutador semiconductor  $S_2$ . Después, cuando la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se recupera a la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ , la unidad 130 de control restaura la relación de trabajo  $d$  en el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  al valor normal. La unidad 130 de control puede detectar la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  usando una unidad de detección de tensión EDLC (no se muestra).

De esta manera, la unidad 130 de control puede mantener la tensión de CC  $V_{CC}$  y la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  constante.

El procesamiento del interruptor 230 reductor y el interruptor 240 de aumento mostrados en las FIGS. 14 puede ser básicamente similar al procesamiento mostrado en el diagrama de flujo de la FIG. 3, excepto por las etapas S13 y S16.

Es decir, en la etapa S12 mostrada en la FIG. 3, cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (etapa S12: Sí), la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor reductor mediante la conmutación del conmutador 234d para introducir el valor de salida del sumador 234c en el comparador 234e en el cuarto interruptor 234 reductor (véase la FIG. 14(a)), mientras se realiza el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  (etapa S13). Después, el procedimiento continúa en la etapa S15.

Por otro lado, en la etapa S12 mostrada en la FIG. 3, cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que (o no mayor que) el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (etapa S12: No), la unidad 130 de control detiene el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  en el dispositivo 200 de almacenamiento de energía, conmutando el conmutador 234d para introducir el valor "0" en el comparador 234e en el cuarto interruptor 234 reductor (véase la FIG. 14(a)), deteniendo así la operación de interruptor reductor (etapa S14), y así el procedimiento continúa en la etapa S15.

Además, en la etapa S15 mostrada en la FIG. 3, cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (etapa S15: Sí), la unidad 130 de control realiza la operación de interruptor de aumento mediante la conmutación del conmutador 244e para introducir el valor de salida del restador 244d en el comparador 244f en el cuarto interruptor 244 de aumento (véase la FIG. 14(b)), mientras se realiza el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  (etapa S16). Después, el procedimiento continúa en la etapa S18.

Por otro lado, en la etapa S15 mostrada en la FIG. 3, cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que (o no menor que) el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (etapa S15: No), la unidad 130 de control detiene el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  en el dispositivo 200 de almacenamiento de energía, conmutando el conmutador 244e para introducir el valor "0" en el comparador 244f en el cuarto interruptor 244 de aumento (véase la FIG. 14(b)), deteniendo así la operación de interruptor de aumento (etapa S17), y así el procedimiento continúa en la etapa S18.

La FIG. 15 es un gráfico que muestra una onda de la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  cuando la carga cambia del estado sin carga a carga completa en el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  que se aplica en el momento de realizar el control de tensión constante CC. Debe apreciarse que la FIG. 15 muestra un ejemplo en el que el EDLC 210 se precarga y la carga cambia del estado sin carga a carga completa.

Como se muestra en la FIG. 15, cuando el control de recuperación de tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se realiza, puede confirmarse que la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  se recupera a la tensión de carga (tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ ) en el estado inicial (es decir, el estado en el que el EDLC 210 se precarga). Así, es posible responder al siguiente cambio en la carga.

(Efecto de la primera realización)

En el control de carga/descarga de acuerdo con la primera realización, la unidad 130 de control detecta la tensión de CC  $V_{CC}$  entre las trayectorias LN1 y LN2 desde el rectificador 113 al inversor 120. Cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (tensión objetivo), la relación de trabajo  $d$  en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía es superior que la relación de trabajo  $d$  en el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía. Cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (tensión objetivo), la relación de trabajo  $d$  en el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía es superior que la relación de trabajo  $d$  en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía. Así, no existe necesidad de calcular la falta de energía a suministrar a la carga Lo. Por tanto, es posible suprimir el cambio en la velocidad rotativa del motor 111 en el generador 100 a motor durante la operación autónoma sin

calcular la falta de la energía a suministrar a la carga  $L_o$ , permitiendo así incrementar la cantidad de carga que puede aplicarse.

Además, en la primera realización, la unidad 130 de control realiza el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  o el segundo conmutador semiconductor  $S_2$  para recuperar la tensión del dispositivo 200 de almacenamiento de energía a la tensión predeterminada. Así, la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  puede recuperarse a la tensión de carga (tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ ) en el estado inicial (es decir, el estado en el que el EDLC 210 se precarga) después del cambio en la carga, lo que hace posible responder al siguiente cambio en la carga. Por ejemplo, cuando la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía es menor que la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ , en el estado en el que la tensión de CC  $V_{CC}$  converge en el valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (tensión objetivo), la unidad 130 de control hace que la relación de trabajo  $d$  en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía sea superior que el valor normal, y de esta manera cambia, en la relación de distribución [a : b] de la relación de trabajo  $d$  en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  y el segundo conmutador semiconductor  $S_2$ , la distribución [a] en el lado del primer conmutador semiconductor  $S_1$ . Así, en el caso donde el dispositivo 200 de almacenamiento de energía se descarga, es posible recuperar la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía a la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ .

(Efecto de la segunda realización)

En el control de carga/descarga de acuerdo con la segunda realización, la unidad 130 de control detecta la tensión de CC  $V_{CC}$  entre las trayectorias LN1 y LN2 del rectificador 113 al inversor 120. Cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es mayor que el valor obtenido añadiendo el intervalo de zona muerta  $\Delta V_{CC}$  al valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (tensión objetivo), la relación de trabajo  $d$  en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía se realiza superior que la relación de trabajo  $d$  en el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía. Cuando la tensión de CC  $V_{CC}$  es menor que el valor obtenido restando el intervalo de zona muerta  $\Delta V_{CC}$  del valor de comando de tensión de CC  $V_{CC}^*$  (tensión objetivo), la relación de trabajo  $d$  en el control de conmutación del segundo conmutador semiconductor  $S_2$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía es superior que la relación de trabajo  $d$  en el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía. Así, no existe necesidad de calcular la falta de la energía a suministrar a la carga  $L_o$ . Por tanto, es posible mantener el cambio en la velocidad rotativa del motor 111 en el generador 100 a motor durante la operación autónoma dentro del intervalo de velocidad rotativa aceptable predeterminado sin calcular la falta de la energía a suministrar a la carga  $L_o$ , permitiendo así el incremento de la cantidad de carga que puede aplicarse.

Además, en la segunda realización, la energía de carga  $P$  se detecta, y la zona muerta se cambia en relación con la energía de carga  $P$ , con el retraso correspondiente a la constante de tiempo  $\tau$  que no es menor que el valor predeterminado. Así, es posible mejorar el efecto de supresión del cambio en la velocidad rotativa del motor 111 en el generador 100 a motor sin calcular la falta de la energía a suministrar a la carga  $L_o$ .

Además, en la segunda realización, la unidad 130 de control realiza el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  o el segundo conmutador semiconductor  $S_2$  para recuperar la tensión del dispositivo 200 de almacenamiento de energía a la tensión predeterminada. Así, la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  puede recuperarse a la tensión de carga (tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ ) en el estado inicial (es decir, el estado en el que el EDLC 210 se precarga) después del cambio en la carga, lo que hace posible responder al siguiente cambio en la carga. Por ejemplo, en el caso donde el dispositivo 200 de almacenamiento de energía se descarga, cuando la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  del dispositivo 200 del almacenamiento de energía es menor que la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$  mientras la tensión de CC  $V_{CC}$  cae dentro del intervalo de zona muerta, la unidad 130 de control realiza el control de conmutación del primer conmutador semiconductor  $S_1$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía para cargar el dispositivo 200 de almacenamiento de energía. Así, la tensión EDLC  $V_{EDLC}$  del dispositivo 200 de almacenamiento de energía puede recuperarse a la tensión de ajuste  $V_{EDLC}^*$ .

La presente invención no se limita a las anteriores realizaciones, y puede incorporarse en otras formas sin apartarse del punto básico o características esenciales de la misma. Las anteriores realizaciones deben por tanto considerarse en todos los sentidos como ilustrativas y no limitantes. El alcance de la invención se indica mediante las reivindicaciones adjuntas en lugar de por la anterior descripción.

Esta solicitud reclama la prioridad basándose en la Solicitud de Patente N.º 2013-179794 presentada en Japón el 30 de agosto de 2013.

### **Aplicabilidad industrial**

La presente invención se refiere a un generador a motor que está provisto de un dispositivo de almacenamiento de energía que incluye un condensador y similar en el lado CC, que es específicamente para suprimir el cambio en la velocidad rotativa del motor durante la operación autónoma sin calcular la falta de energía a suministrar a la carga. Así, la presente invención puede aplicarse con el fin de incrementar la cantidad de carga que puede aplicarse.

### **Descripción de números de referencia**

## ES 2 654 059 T3

	100	Generador a motor
	111	Motor
	112	Generador
	113	Rectificador
5	120	Inversor
	130	Unidad de control
	200	Dispositivo de almacenamiento de energía
	210	EDLC (condensador eléctrico de doble capa)
	220	Circuito interruptor
10	230	Interruptor reductor
	231	Primer interruptor reductor
	232	Segundo interruptor reductor
	233	Tercer interruptor reductor
	234	Cuarto interruptor reductor
15	240	Interruptor de aumento
	241	Primer interruptor de aumento
	242	Segundo interruptor de aumento
	243	Tercer interruptor de aumento
	244	Cuarto interruptor de aumento
20	LN 1	Trayectoria de electrodo positivo
	LN2	Trayectoria de electrodo negativo
	Lo	Carga
	P	Energía de carga
	S <sub>1</sub>	Primer conmutador semiconductor (ejemplo de conductor de carga)
25	S <sub>2</sub>	Segundo conmutador semiconductor (ejemplo de conductor de descarga)
	V <sub>CC</sub>	Tensión de CC
	V <sub>CC</sub> *	Valor de comando de tensión de CC (tensión objetivo)
	V <sub>EDLC</sub>	Tensión EDLC
	V <sub>EDLC</sub> *	Tensión de ajuste
30	$\Delta V_{CC}$	Intervalo de zona muerta
	d	Relación de trabajo (relación de corriente)
	d*	Valor de comando de relación de trabajo (relación de corriente)
	$\tau$	Constante de tiempo de retraso

**REIVINDICACIONES**

1. Un generador a motor que comprende:

un motor;

un generador configurado para ser accionado por el motor;

5 un rectificador configurado para rectificar una salida del generador;

un inversor configurado para convertir una energía eléctrica de CC del rectificador en una energía eléctrica de CA; y

10 un dispositivo de almacenamiento de energía proporcionado en paralelo con el generador en una trayectoria del rectificador al inversor, incluyendo el dispositivo de almacenamiento de energía un conductor de carga y un conductor de descarga,

en el que el generador a motor está configurado para controlar la conducción del conductor de carga y el conductor de descarga para controlar así la carga/descarga del dispositivo de almacenamiento de energía,

15 en el que se detecta una tensión de CC en la trayectoria del rectificador al inversor controlando la carga/descarga, en el que una relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de carga del dispositivo de almacenamiento de energía se establece superior a una relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de descarga del dispositivo de almacenamiento de energía cuando la tensión de CC es mayor que un valor obtenido añadiendo un intervalo de zona muerta a una tensión objetivo de la tensión de CC,

20 en el que la relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de descarga del dispositivo de almacenamiento de energía se establece superior a la relación de trabajo en el control de conmutación del conductor de carga del dispositivo de almacenamiento de energía cuando la tensión de CC es menor que un valor obtenido restando el intervalo de zona muerta de la tensión objetivo, y en el que se detecta una energía de carga para cambiar así la zona muerta a un valor relativo a la energía de carga con un retraso correspondiente a una constante de tiempo no menor que un valor predeterminado.

25 2. El generador a motor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que, cuando una tensión del dispositivo de almacenamiento de energía es menor que una tensión de ajuste en un estado en el que la tensión de CC cae dentro del intervalo de zona muerta, se realiza el control de conmutación del conductor de carga del dispositivo de almacenamiento de energía.

30 3. El generador a motor de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el control de conmutación del conductor de descarga o del conductor de carga se realiza para recuperar una tensión del dispositivo de almacenamiento de energía a una tensión predeterminada.

FIG.1

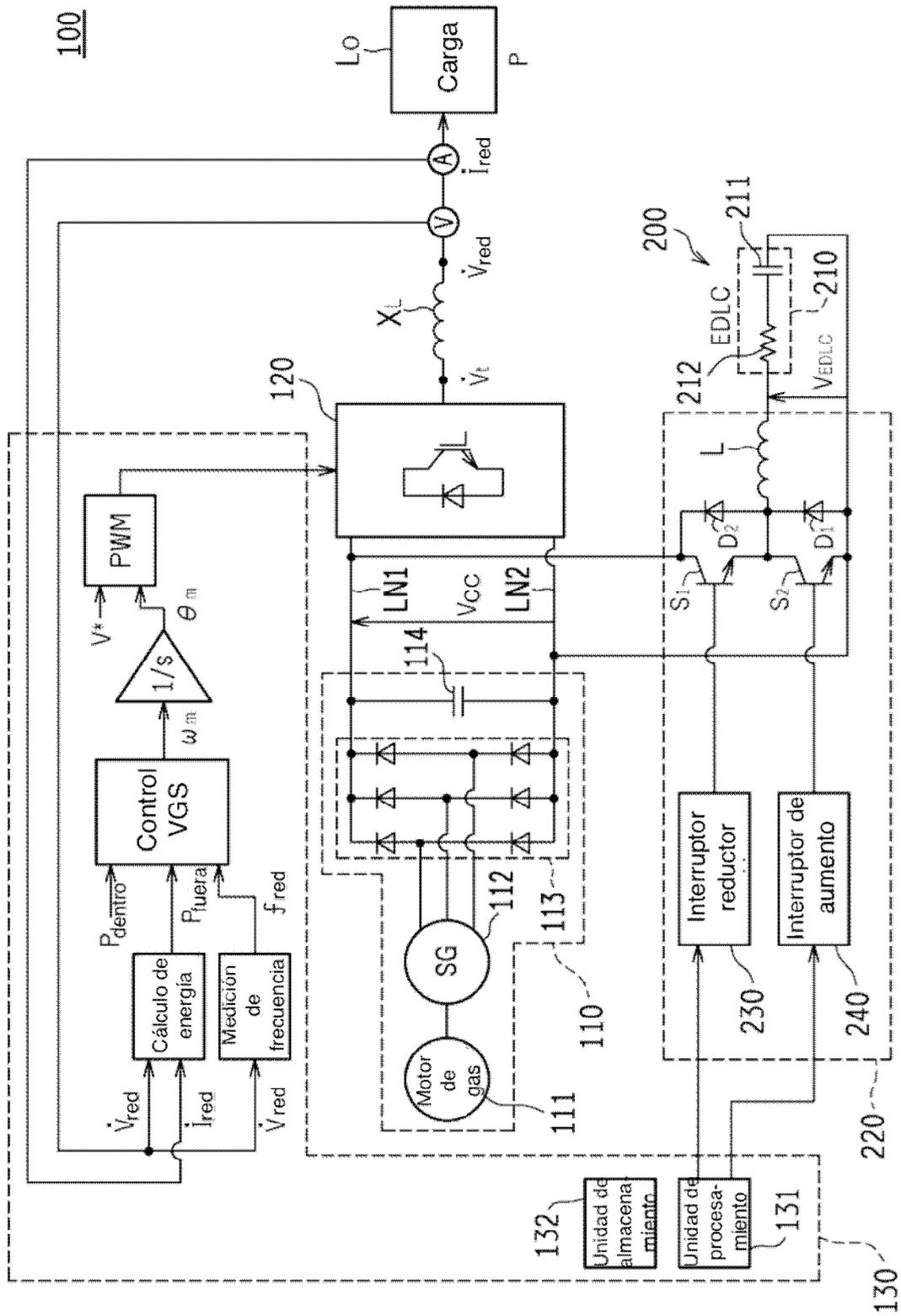
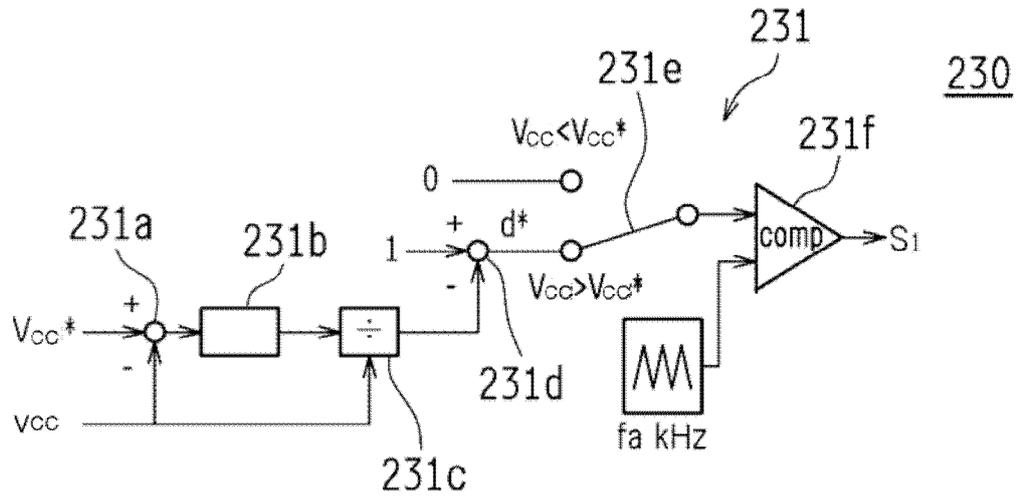


FIG.2

(a)



(b)

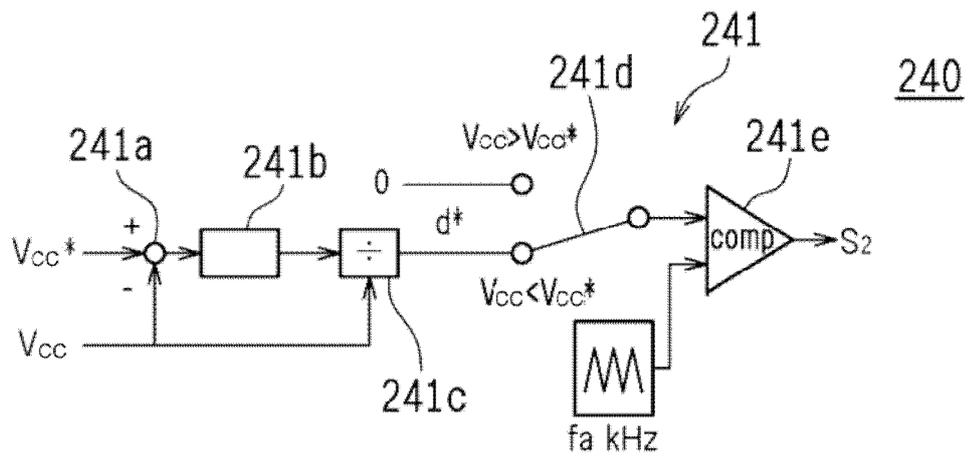


FIG.3

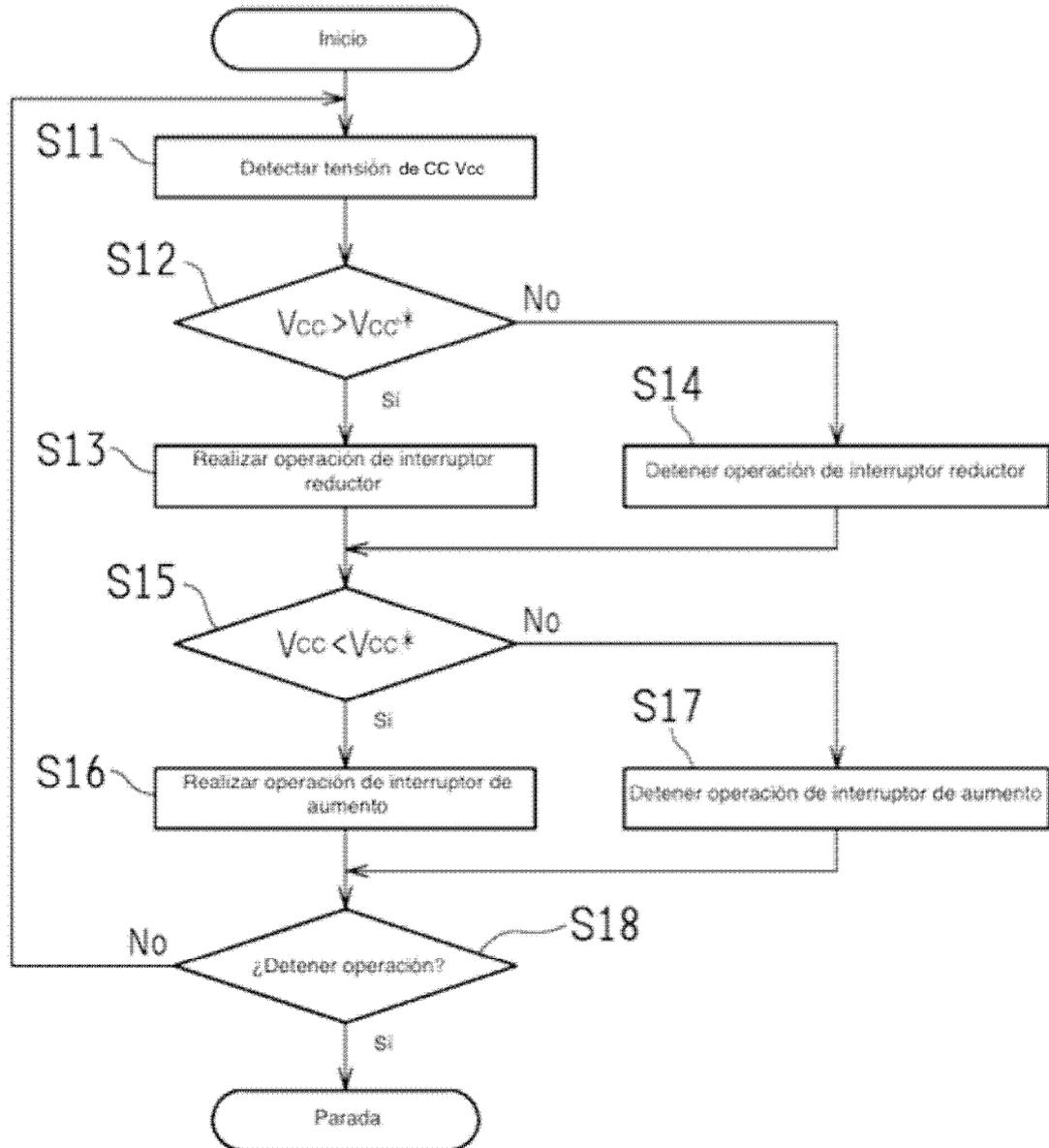
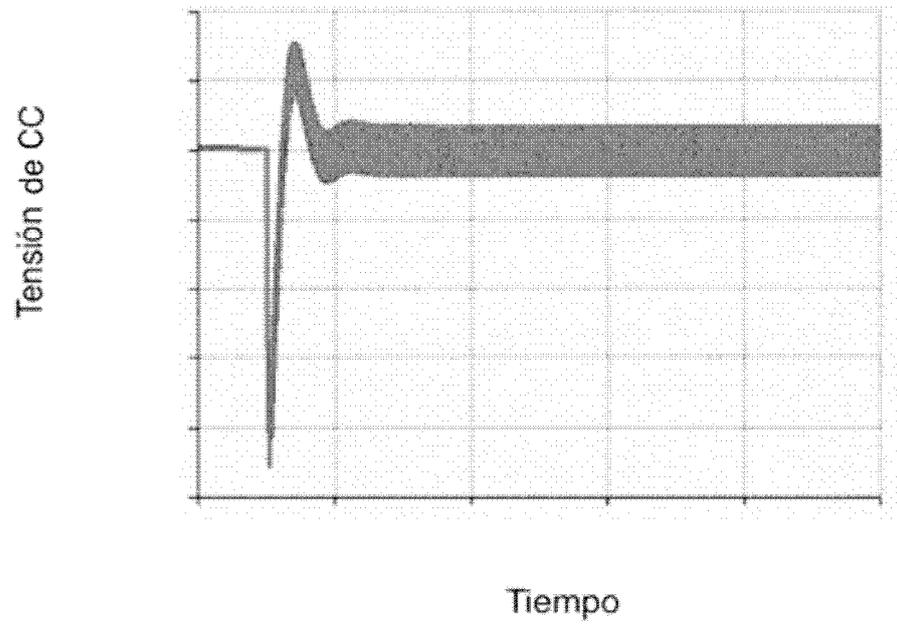


FIG.4

(a)



(b)

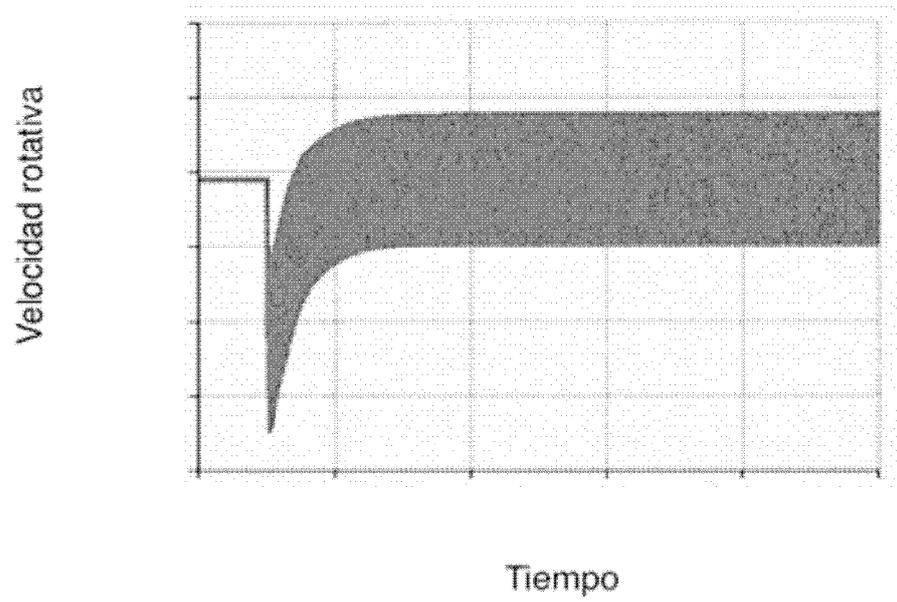
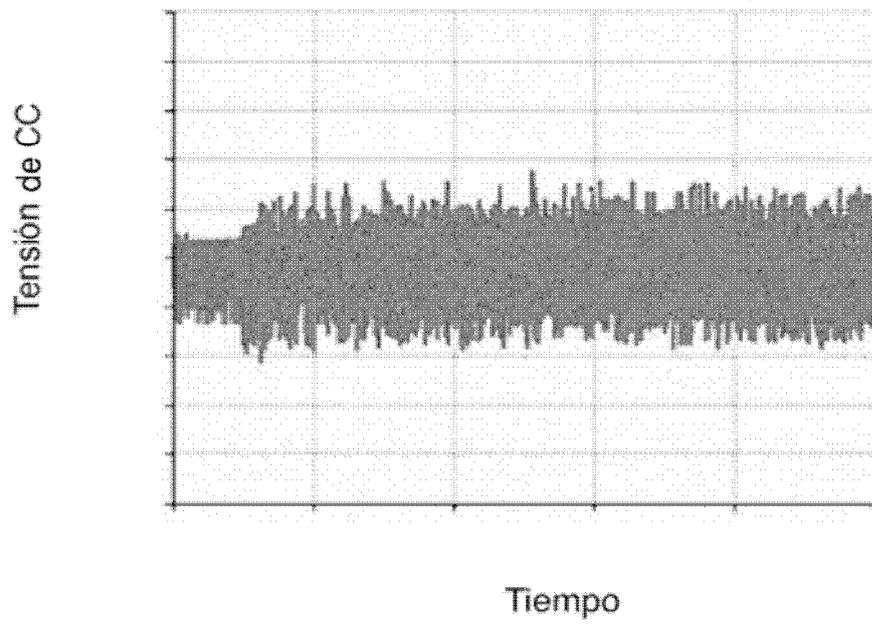


FIG.5

(a)



(b)

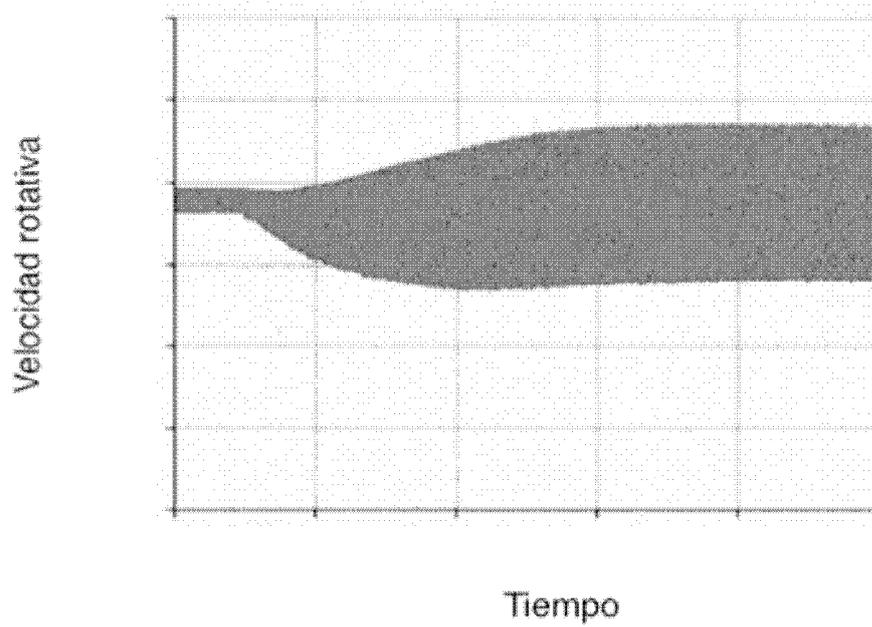
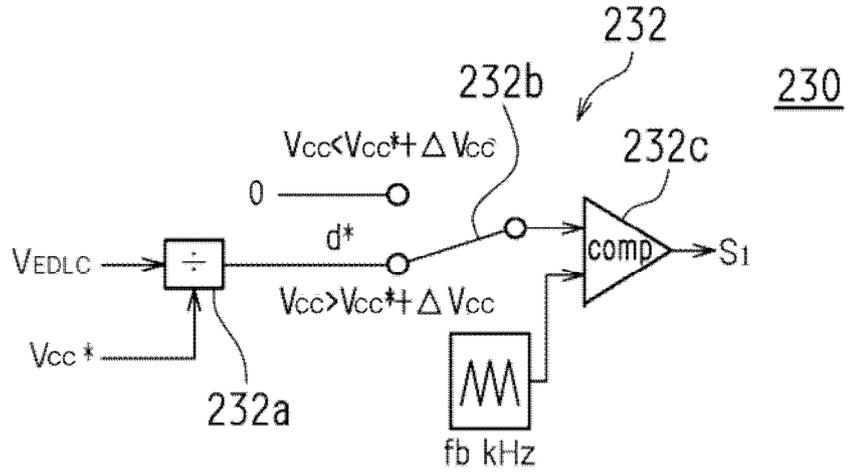


FIG.6

(a)



(b)

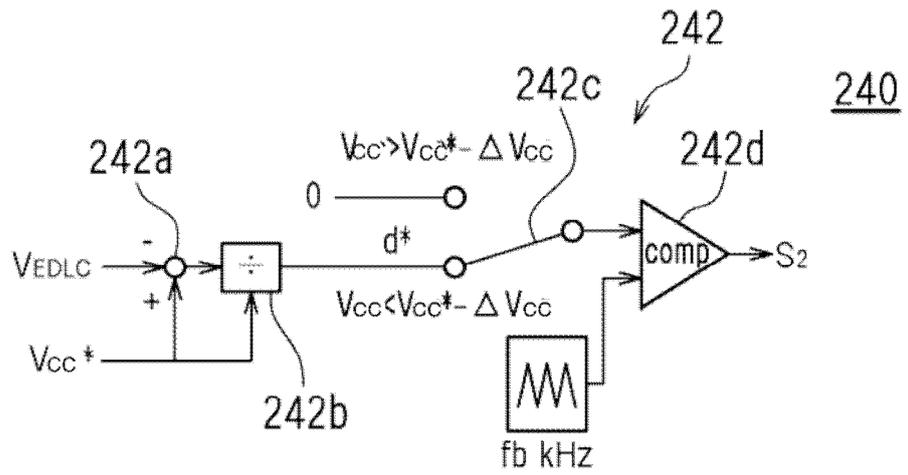
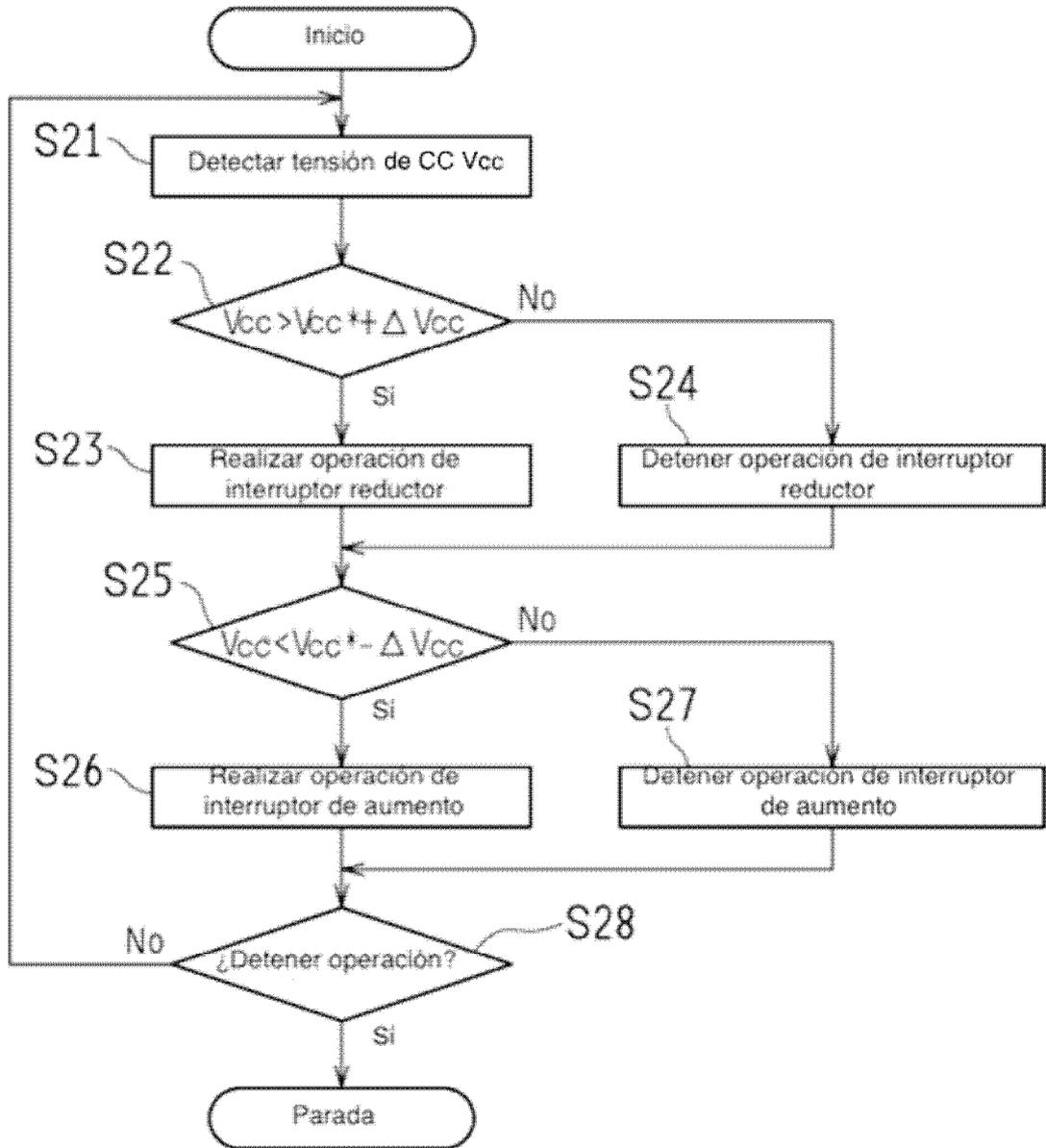


FIG.7



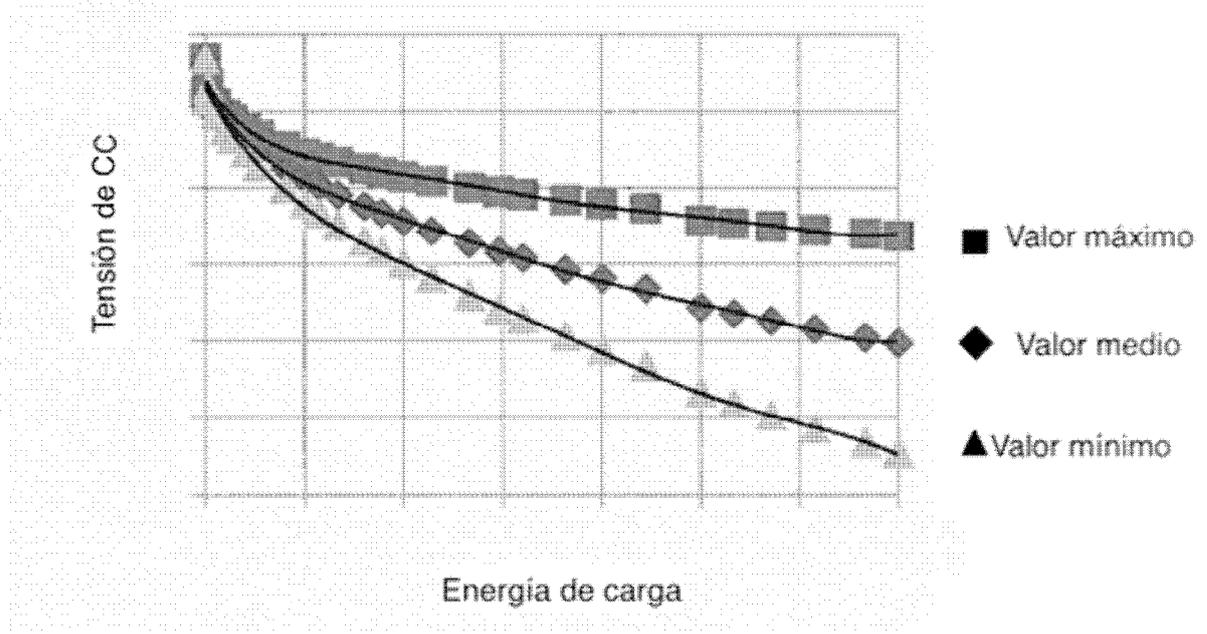
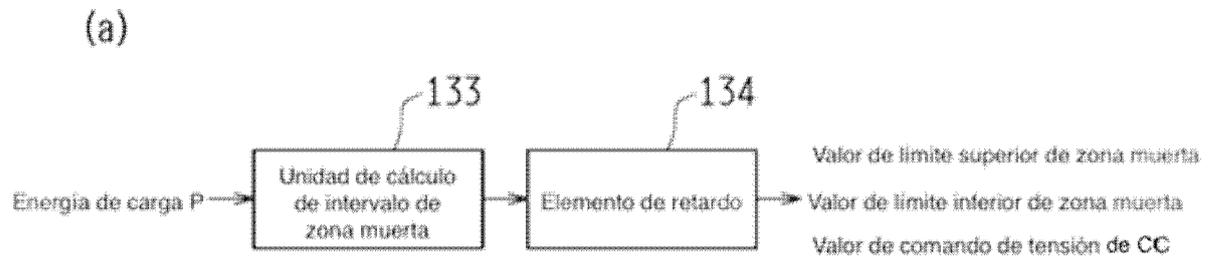


FIG.9



(b)

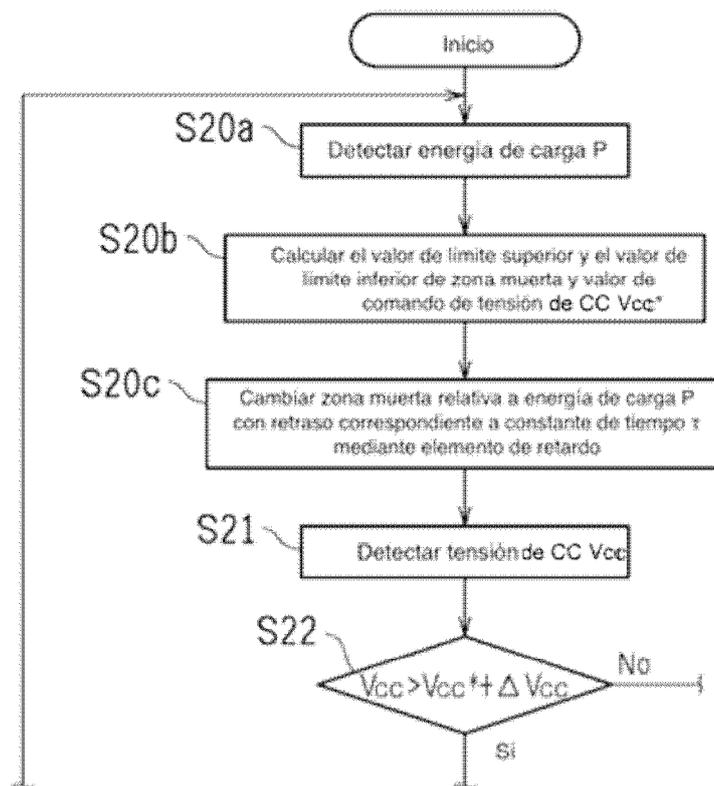
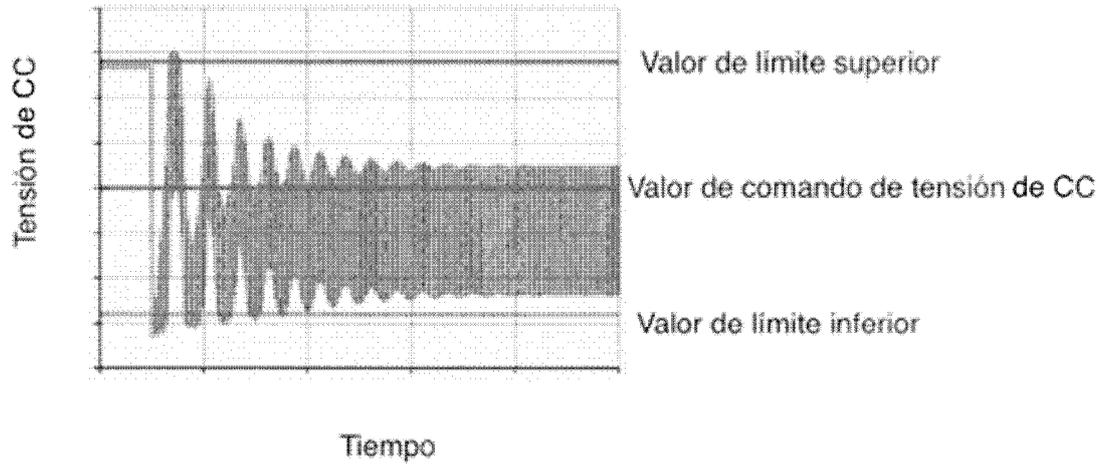


FIG.10

(a)



(b)

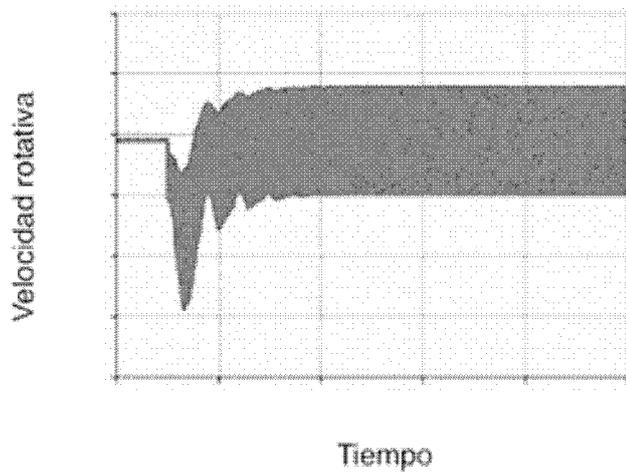
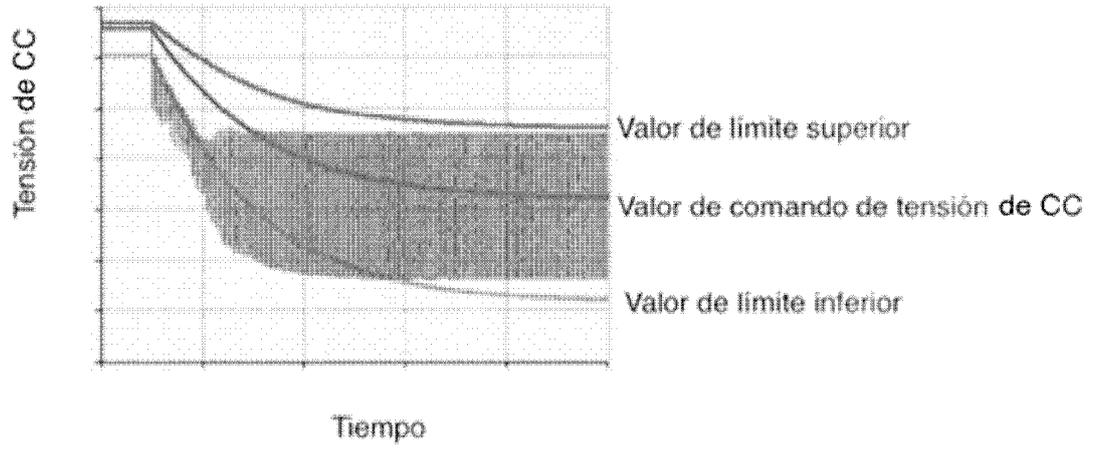


FIG.11

(a)



(b)

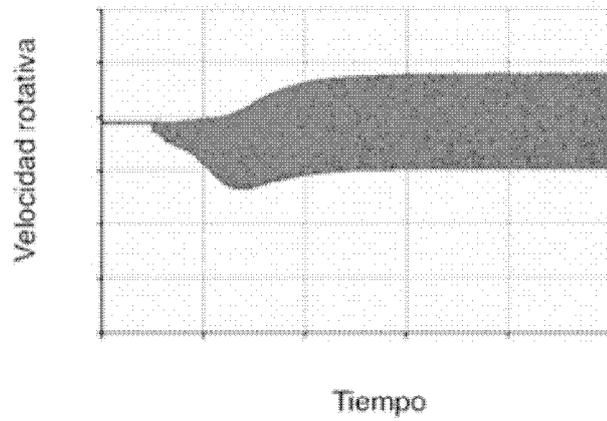
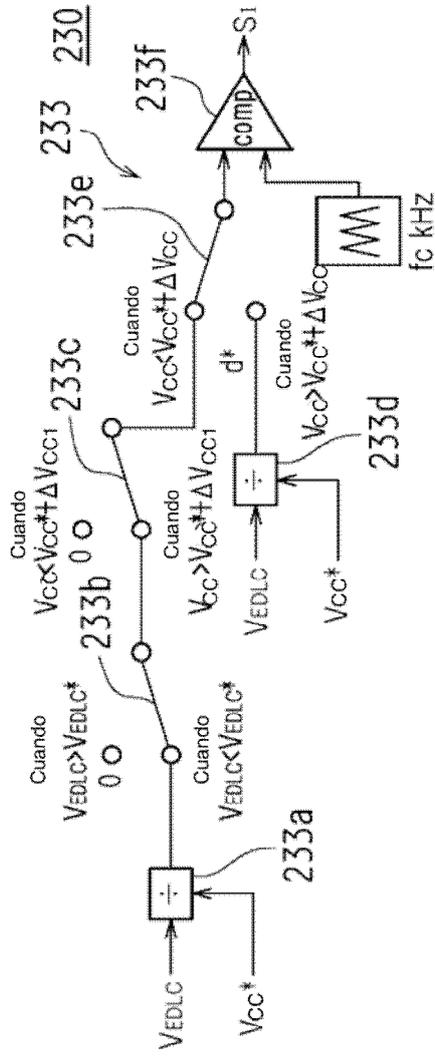


FIG.12 (a)



(b)

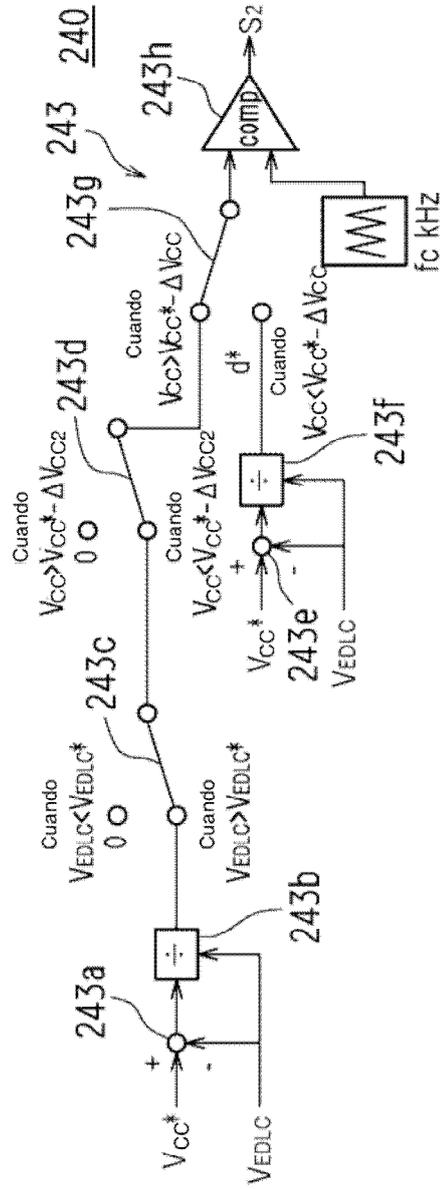
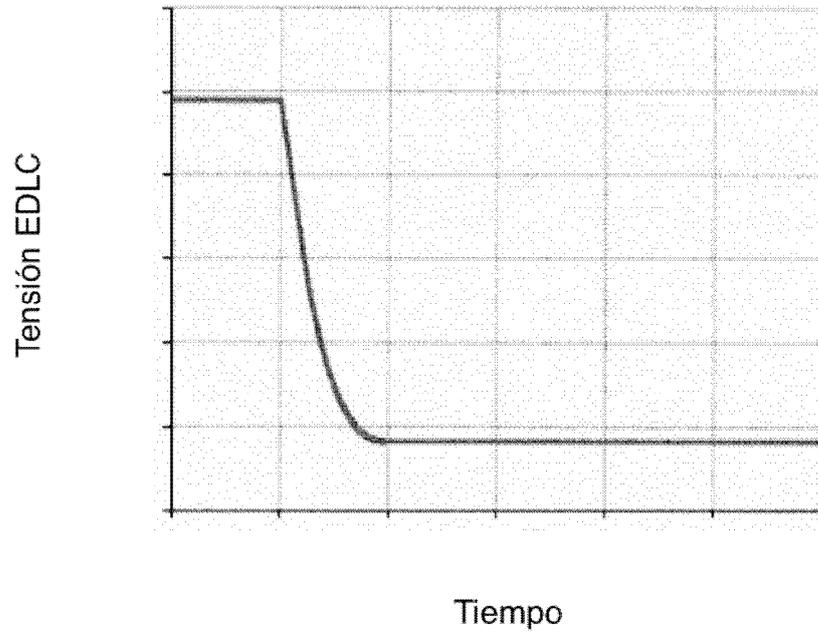


FIG.13

(a)



(b)

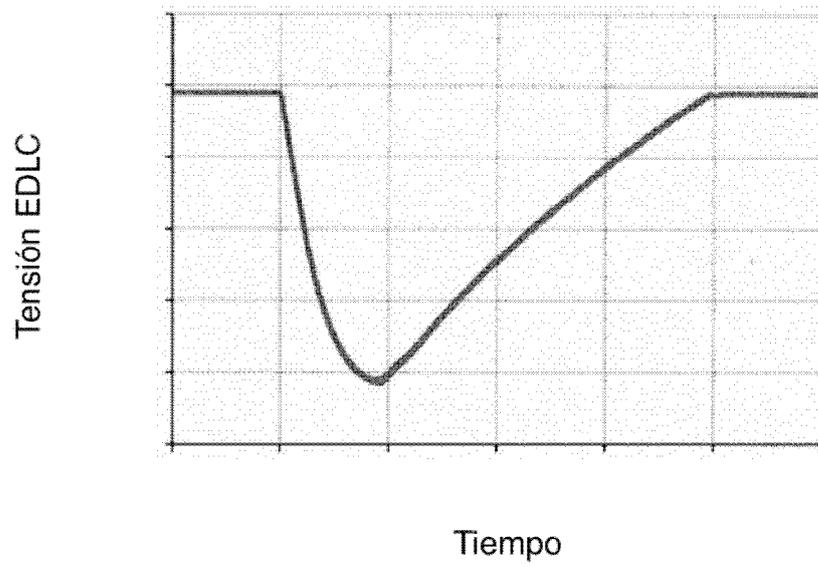
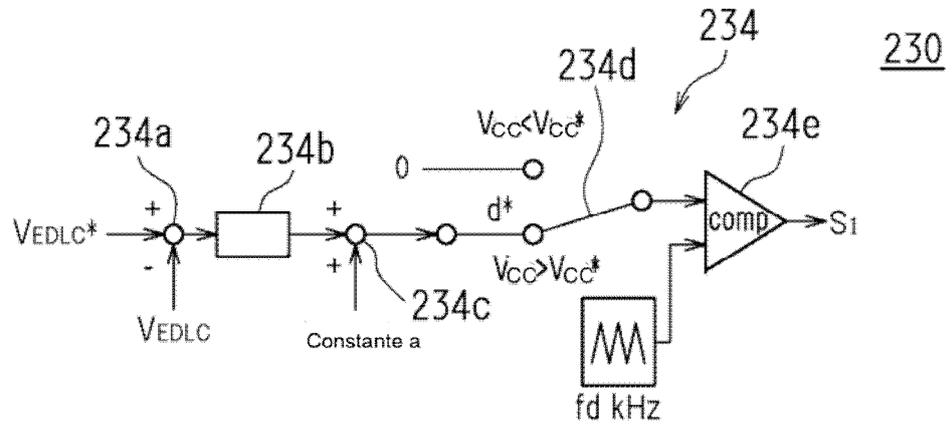


FIG.14

(a)



(b)

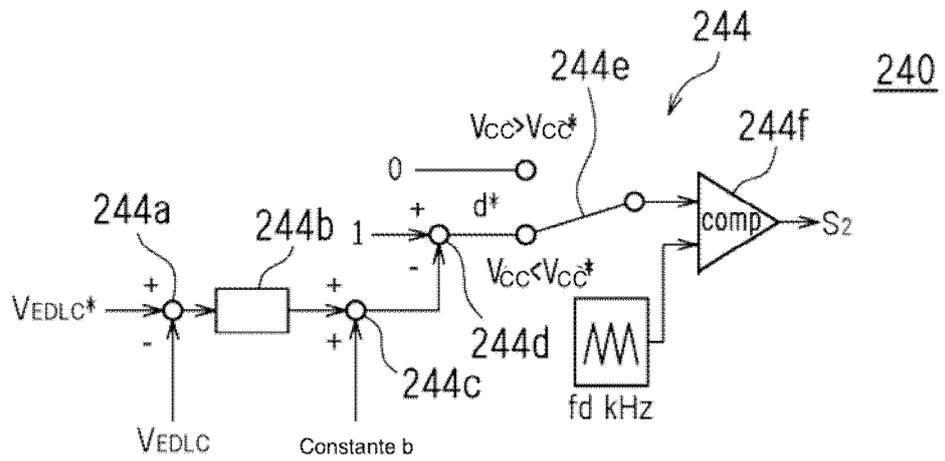


FIG.15

