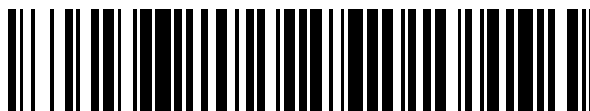


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 219**

51 Int. Cl.:

**H02M 7/48** (2007.01)

**H02M 7/12** (2006.01)

**H02M 3/06** (2006.01)

**H02M 5/40** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.04.2007 PCT/JP2007/058630**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2017 WO07123204**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2007 E 07742065 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 2012420**

54 Título: **Aparato de conversion directa de energía de CA**

30 Prioridad:

**24.04.2006 JP 2006119123**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.01.2018**

73 Titular/es:

**DAIKIN INDUSTRIES, LTD. (100.0%)  
UMEDA CENTER BLDG., 4-12 NAKAZAKI-NISHI 2-  
CHOME KITA-KU  
OSAKA-SHI, OSAKA 530-8323, JP**

72 Inventor/es:

**SAKAKIBARA, KENICHI**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 650 219 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Aparato de conversión directa de energía de CA

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a aparatos de conversión directa de energía de CA y, más particularmente, a un aparato de conversión directa de energía de CA que tiene un circuito de sujeción en una parte de enlace de CC.

**10 Antecedentes de la técnica**

Como una construcción de circuito principal típico para inversores, se utilizan generalmente circuitos de conversión de energía de CA indirectos que convierte una corriente CA comercial en una corriente CC a través de un circuito rectificador y un circuito de suavizado y obtiene una salida de CA mediante un convertidor de tipo de tensión. Mientras tanto, como método para obtener una salida de CA directamente a partir de una tensión de CA, se conocen aparatos de conversión directa de corriente CA tipificados por convertidores de matriz. En este caso, dado que son innecesarios condensadores y reactores grandes para suavizar pulsaciones de tensión por frecuencias comerciales, se puede esperar la miniaturización del convertidor y, por lo tanto, los aparatos de conversión directa de energía de CA han ido ganando cada vez más atenciones como aparatos de conversión de energía de próxima generación.

También, como un circuito de conversión directa con un enlace de CC, un método de circuito y un principio de modulación que no tienen circuito de suavizado en el circuito intermedio de inversores convencionales se han propuesto en el Documento 1 (Lixiang. Weigh, Thomas.A. Lipo, "Investigation of 9-switch Dual-bridge Matrix Converter Operating under Low Output Power Factor", U.S.A., IEEE ISA2003, vol.1, pp.176-181), y el documento 2 (USP 6.995.992). Estos documentos 1 y 2 revelan que una corriente (tensión) promedio de la parte del enlace de CC se controla en una corriente pulsante, una corriente del lado del convertidor se controla en una forma de onda trapezoidal y además la PWM del lado del inversor (modulación de ancho de pulso) está sincronizada con el lado del convertidor, lo que permite lograr la conversión directa de una corriente alterna comercial en una salida de CA sin generar una cierta tensión de CC.

En un circuito de conversión tales directo con el enlace de CC, ya que no se proporciona ninguna función regenerativa en el lado del convertidor, un circuito de sujeción de absorción de energía eléctrica se hace necesaria para la parte de enlace de CC.

En el circuito de conversión directa con la parte de enlace de CC, desde un condensador de CA está conectado a la parte de enlace de CC, la tensión de un tiempo de  $\sqrt{3}$  más grande se aplica al condensador usado en el circuito de filtro LC del lado de entrada, que implica el uso de un condensador que tenga una alta tensión soportada. Esto lleva a un aumento en el coste como un problema.

Además, en el circuito de conversión directa con el enlace de CC, dado que el condensador en el circuito de sujeción está descargado, un elemento activo y un circuito de control son necesarios, resultando en una construcción de circuito complicado.

Otra técnica de fondo se describe en los siguientes documentos.

El documento DE 10 343 925 A1 divulga una herramienta de energía eléctrica de mano que tiene un motor eléctrico que está conectado a la electrónica de energía de una unidad de control de motor. Este último tiene un circuito intermedio de tensión de corriente continua con un primer condensador de circuito intermedio con dos conexiones eléctricas externas. El circuito intermedio de corriente continua tiene un segundo condensador de circuito intermedio adicional con dos conexiones eléctricas externas.

El documento US 3.743.914 divulga un circuito eléctrico donde un banco de condensadores se carga de manera controlable en serie y luego se descarga en paralelo mediante la interacción de un divisor de tensión, un rectificador controlado de silicio y elementos de circuito de diodo para transformar una tensión de línea sinusoidal en un pulso de media onda. La magnitud del pulso es una función de la entrada de tensión de línea RMS y la cantidad de condensadores en el banco. Esta función puede expresarse como  $1/(k) \cdot V/n$ , donde V es la entrada de tensión de línea RMS, n es el número de condensadores en los bancos y k es la constante de error de transformación y redondeo.

El documento US 3.602.795 divulga un circuito de suministro de energía que recibe como entrada una tensión de línea de CA rectifica la tensión de línea a CC y transforma la tensión hacia abajo a un nivel mucho más bajo. No se emplea transformador, sino que el circuito de suministro de energía incluye una pluralidad de condensadores que se cargan en serie mediante la tensión de línea y se descargan en paralelo a través de la carga. La carga y la descarga se controlan mediante un diodo y un transistor conectados a cada condensador y entre sí de modo que el diodo conduzca durante la carga y luego mantenga el transistor no conductor y el transistor conduzca durante la descarga

cuando el diodo no sea conductor.

**Sumario de la invención**

5 Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato de conversión directa de energía de CA que hace posible reducir la tensión soportada del condensador que se utilizará para el circuito de sujeción con una construcción simple. Soluciones para lograr el objeto.

10 Con el fin de lograr el objeto, la presente invención proporciona un aparato de conversión directa de energía de CA según la reivindicación 1. Las características opcionales se establecen en las reivindicaciones dependientes.

**Breve descripción de los dibujos**

15 La figura 1 es una vista en construcción de un aparato de conversión directa de energía de CA de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

La figura 2 es un gráfico que muestra una tensión de CC del aparato de conversión directa de energía de CA.

La figura 3 es una vista en construcción de un aparato de conversión de energía directa de CA de acuerdo con una segunda realización de la presente invención.

20 La figura 4 incluye gráficos que muestran resultados de simulación del aparato de conversión directa de energía de CA.

La figura 5 incluye gráficos que muestran las relaciones entre la corriente de entrada y la corriente continua mediante formas de onda de secciones individuales con respecto a un estado regenerativo bajo un factor de energía de 1 del aparato de conversión directa de energía de CA.

25 La figura 6 incluye gráficos que muestran las relaciones entre la corriente de entrada y la corriente continua mediante formas de onda de secciones individuales con respecto a un estado regenerativo bajo un factor de energía de 0,7 del aparato de conversión directa de energía de CA.

La figura 7 es un gráfico que muestra el resultado de determinar una relación entre el factor de energía de carga y el nivel de tensión del aparato de conversión directa de energía de CA.

30 La figura 8 es una vista constructiva de un circuito de sujeción de un aparato de conversión directa de energía de CA de acuerdo con una tercera realización de la invención;

La figura 9 es una vista en construcción de un aparato de conversión directa de energía de CA de acuerdo con una técnica anterior. y

35 La figura 10 incluye gráficos que muestran resultados de simulación del aparato de conversión directa de energía de CA.

**Descripción de realizaciones**

40 A continuación, se describirán en detalle los aparatos de conversión directa de energía de CA según las realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

Se describe en lo siguiente un aparato de conversión directa de energía de CA de acuerdo con una realización de la presente invención, que comprende:

45 una sección de convertidor para convertir una tensión de entrada de CA trifásica en una tensión de CC; una sección del inversor para convertir la tensión de CC, que es un resultado de conversión por la sección del convertidor, en una tensión de salida de CA trifásica especificada;

una primera sección de enlace de CC en un lado de ánodo y una segunda sección de enlace de CC en un lado de cátodo para conectar la sección de convertidor y la sección de inversor entre sí; y

50 un circuito de sujeción que está conectado entre la primera sección de enlace de CC y la segunda sección de enlace de CC y que tiene al menos dos elementos de capacitancia, donde en el circuito de sujeción,

con los elementos de capacitancia conectados en serie entre la primera sección de enlace de CC y la segunda sección de enlace de CC, los elementos de capacitancia individuales se cargan mediante una corriente regenerativa derivada de la sección del inversor, y

55 con los elementos de capacitancia individuales conectados en paralelo entre la primera sección de enlace de CC y la segunda sección de enlace de CC, los elementos de capacitancia se descargan.

60 Se observa que el término, tensión de CC, incluye tales tensiones cuando los componentes de tensión CA se superponen a los componentes de tensión continua.

65 En este caso, con los elementos de capacitancia conectados en serie entre la primera sección de circuito intermedio y la segunda sección de enlace de CC, los elementos de capacitancia individuales se cargan por una corriente regenerativa derivada de la sección del inversor. Por otro lado, con los elementos de capacitancia conectados en paralelo entre la primera sección de enlace de CC y la segunda sección de enlace de CC, los elementos de capacitancia se descargan. En la carga de los elementos de capacitancia por la corriente regenerativa derivada de la sección del inversor, se divide la tensión entre la primera y la segunda sección del enlace de CC mientras los

elementos de capacitancia están conectados en serie. Por lo tanto, al usar un circuito condensador no lineal de este tipo, la tensión soportada de los condensadores usados para el circuito de sujeción puede reducirse con una construcción simple.

5 En el aparato de conversión directa de energía de CA de una realización,

el circuito de sujeción tiene:

10 un primer elemento de capacitancia que tiene un extremo conectado a la primera sección de enlace de CC;  
 un segundo elemento de capacitancia que tiene un extremo conectado a la segunda sección de enlace de CC;  
 un elemento de diodo conectado en la dirección de avance entre el otro extremo del primer elemento de capacitancia y el otro extremo del segundo elemento de capacitancia;  
 un primer circuito de conmutación que está conectado entre un punto de conexión del elemento de diodo y el  
 15 segundo elemento de capacitancia y la primera sección de enlace de CC, y que se activa durante la descarga del segundo elemento de capacitancia; y  
 un segundo circuito de conmutación que está conectado entre un punto de conexión del elemento de diodo y el primer elemento de capacitancia y la segunda sección de enlace de CC, y que se activa durante la descarga del primer elemento de capacitancia.

20 En esta realización, puesto que el nivel de descarga se puede controlar por el primero, segundo circuitos de conmutación, la tensión de la sujeción, que es el nivel de carga, puede ser controlada.

En el aparato de conversión directa de energía de CA de una realización, el circuito de sujeción tiene:

25 un primer elemento de capacitancia que tiene un extremo conectado a la primera sección de enlace de CC;  
 un segundo elemento de capacitancia que tiene un extremo conectado a la segunda sección de enlace de CC;  
 un primer elemento de diodo conectado en la dirección de avance entre el otro extremo del primer elemento de capacitancia y el otro extremo del segundo elemento de capacitancia;  
 30 un segundo elemento de diodo conectado en sentido inverso entre un punto de conexión del primer elemento de diodo y el segundo elemento de capacitancia y la primera sección de enlace de CC; y  
 un tercer elemento de diodo conectado en sentido inverso entre un punto de conexión del primer elemento de diodo y el primer elemento de capacitancia y la segunda sección de enlace de CC.

35 En esta realización, mediante la aplicación de diodos para la trayectoria de descarga, se hace posible eliminar la necesidad de cualquier elemento activo o circuito de control, lo que permite una construcción amortiguadora pasiva a ser adoptada.

En el aparato de conversión directa de energía de CA de una realización, el circuito de sujeción tiene:

40 un primer elemento de capacitancia que tiene un extremo conectado a la primera sección de enlace de CC;  
 un primer elemento de diodo que tiene un extremo conectado al otro extremo del primer elemento de capacitancia;  
 45 un segundo elemento de capacitancia que tiene un extremo conectado al otro extremo del primer elemento de diodo;  
 un segundo elemento de diodo que tiene un extremo conectado al otro extremo del segundo elemento de capacitancia;  
 un tercer elemento de capacitancia que tiene un extremo conectado al otro extremo del segundo elemento de diodo y que tiene el otro extremo conectado al otro extremo de la segunda sección de enlace de CC;  
 50 un tercer elemento de diodo conectado en sentido inverso entre un punto de conexión del primer elemento de diodo y el primer elemento de capacitancia y la segunda sección de enlace de CC;  
 un cuarto elemento de diodo conectado en sentido inverso entre un punto de conexión del primer elemento de diodo y el segundo elemento de capacitancia y la primera sección de enlace de CC;  
 55 un quinto elemento de diodo conectado en sentido inverso entre un punto de conexión del segundo elemento de diodo y el segundo elemento de capacitancia y la segunda sección de enlace de CC; y  
 un sexto elemento de diodo conectado en sentido inverso entre un punto de conexión del segundo elemento de diodo y el tercer elemento de capacitancia y la primera sección de enlace de CC; y donde  
 el primer elemento de diodo está conectado en la dirección de avance entre el primer elemento de capacitancia y  
 60 el segundo elemento de capacitancia, y  
 el segundo elemento de diodo está conectado en la dirección de avance entre el segundo elemento de capacitancia y el tercer elemento de capacitancia.

65 En esta realización, cuando del primer al tercer elementos de capacitancia se cargan con una corriente regenerativa derivada de la sección del inversor, la tensión entre la primera, segunda secciones de enlace DC se divide con los elementos de capacitancia conectados en serie. Por lo tanto, la tensión soportada de los condensadores que se

utilizarán para el circuito de sujeción se puede reducir aún más. Además, la tensión de carga es aproximadamente 1,5 veces mayor que en el caso donde dos condensadores del circuito de sujeción están conectados en serie, mientras que el nivel de descarga es equivalente a la misma. Como resultado, la descarga ocurre mientras la tensión de la fuente de energía (fluctuación de tensión de la tensión de entrada de CA trifásico) está bajo una tensión

5 mínimo, pero la carga y la descarga no ocurren mientras la tensión de la fuente de energía no es menor que la tensión mínima. Por lo tanto, la ocurrencia de pérdidas debidas a cargas y descargas innecesarias puede evitarse contra las fluctuaciones de tensión de la tensión de entrada de CA trifásica.

Como es evidente de la descripción anterior, de acuerdo con los aparatos de conversión directa de energía de CA de las realizaciones, en virtud de la aplicación de los circuitos de condensador no lineales, el condensador de tensión no disruptiva del circuito de fijación puede reducirse a una mitad. Además, la aplicación de diodos a la ruta de descarga elimina la necesidad de cualquier dispositivo activo o circuito de control, lo que permite adoptar una construcción de amortiguador pasivo.

15 **(Primera realización)**

La figura 1 muestra una vista de construcción de un aparato de conversión directa de energía de CA de acuerdo con una primera realización de la invención.

20 El aparato de conversión de energía directa CA de esta primera realización, como se muestra en la figura 1, incluye una sección de convertidor 1 compuesto de transistores  $S_{rp}$ ,  $S_m$ ,  $S_{sp}$ ,  $S_{sn}$ ,  $S_{tp}$ ,  $S_{tn}$  y diodos  $D_{rp}$ ,  $D_m$ ,  $D_{sp}$ ,  $D_{sn}$ ,  $D_{tp}$ ,  $D_{tn}$ , una sección de inversor 2 compuesta de transistores  $S_{up}$ ,  $S_{un}$ ,  $S_{vp}$ ,  $S_{vn}$ ,  $S_{wp}$ ,  $S_{wn}$  y diodos  $D_{up}$ ,  $D_{un}$ ,  $D_{vp}$ ,  $D_{vn}$ ,  $D_{wp}$ ,  $D_{wn}$ , y una sección de control (no se muestra) para emitir señales de control para encender y apagar los transistores  $S_{rp}$ ,  $S_m$ ,  $S_{sp}$ ,  $S_{sn}$ ,  $S_{tp}$ ,  $S_{tn}$  de la sección del convertidor 1 y los transistores  $S_{up}$ ,  $S_{un}$ ,  $S_{vp}$ ,  $S_{vn}$ ,  $S_{wp}$ ,  $S_{wn}$  de la sección del

25 inversor 2.

La sección del convertidor 1 introduce una tensión de fase  $v_r$  derivado de una fuente de energía de CA trifásica 5 a un colector del transistor  $S_{rp}$  y un emisor del transistor  $S_m$  a través de una bobina L11. La sección de convertidor 1 también introduce una tensión de fase  $v_s$  derivada de la fuente de energía de CA trifásica 5 a un colector del transistor  $S_{sp}$  y un emisor del transistor  $S_{sn}$  a través de una bobina L12. Además, la sección del convertidor 1 introduce una tensión de fase  $v_t$  derivada de la fuente de energía de CA trifásica 5 a un colector del transistor  $S_{tp}$  y un emisor del transistor  $S_{tn}$  a través de una bobina L13. Los emisores de los transistores  $S_{rp}$ ,  $S_{sp}$ ,  $S_{tp}$  están conectados a los ánodos de los diodos  $D_{rp}$ ,  $D_{sp}$ ,  $D_{tp}$ , respectivamente, los cátodos de esos diodos  $D_{rp}$ ,  $D_{sp}$ ,  $D_{tp}$  están conectados a una primera sección de enlace CC L1. Por otro lado, los colectores de los transistores  $S_m$ ,  $S_{sn}$ ,  $S_{tn}$  están conectados a los cátodos de los diodos  $D_m$ ,  $D_{sn}$ ,  $D_{tn}$ , respectivamente, y los ánodos de esos diodos  $D_m$ ,  $D_{sn}$ ,  $D_{tn}$  están cada uno conectado a una segunda sección de enlace CC L2.

30

Se observa que un extremo de un condensador C11 está conectado entre la bobina L11 y el colector del transistor  $S_{rp}$ , un extremo del condensador C12 está conectado entre la bobina L12 y el colector del transistor  $S_{sp}$ , y un extremo de un condensador C13 está conectado entre la bobina L13 y el colector del transistor  $S_{tp}$ . Los otros extremos de los condensadores C11, C12, C13 están conectados entre sí. Las bobinas L11, L12, L13 y los condensadores C11, C12, C13 forman un circuito de filtro LC 6.

40

Además, la sección del inversor 2 conecta el emisor del transistor  $S_{up}$  el colector del transistor  $S_{un}$  a un terminal de salida a un terminal de salida de una tensión de fase  $v_u$  de una tensión de salida de CA trifásica, conecta el emisor del transistor  $S_{vp}$  y el colector del transistor  $S_{vn}$  a un terminal de salida de una tensión de fase  $v_v$ , y conecta el emisor del transistor  $S_{wp}$  y el colector del transistor  $S_{wn}$  a un terminal de salida de una tensión de fase  $v_w$ . Los colectores de los transistores  $S_{up}$ ,  $S_{vp}$ ,  $S_{wp}$  están conectados cada uno a la primera sección de enlace CC L1, mientras que los emisores de los transistores  $S_{un}$ ,  $S_{vn}$ ,  $S_{wn}$  están conectados cada uno a la segunda sección de enlace CC L2. Además, los diodos  $D_{up}$ ,  $D_{vp}$ ,  $D_{wp}$  están conectados entre los colectores y los emisores de los transistores  $S_{up}$ ,  $S_{vp}$ ,  $S_{wp}$  en direcciones inversas, respectivamente, mientras que los diodos  $D_{un}$ ,  $D_{vn}$ ,  $D_{wn}$  están conectados entre los colectores y emisores de los transistores  $S_{un}$ ,  $S_{vn}$ ,  $S_{wn}$  en direcciones inversas, respectivamente.

50

Las cargas trifásicas conectadas en estrella (bobinas L21, L22 L23 y resistencias R21, R22, R23) están conectadas a terminales de salida de la tensión de fase  $v_u$ ,  $v_v$ ,  $v_w$  de la sección inversora 2, respectivamente.

55

Además, un extremo de un condensador C1 como un ejemplo de un primer elemento de capacitancia está conectado a la primera sección de enlace de CC L1, y un ánodo de un diodo D1 como un ejemplo de un elemento de diodo está conectado al otro extremo del condensador C1. Un extremo de un condensador C2 como un ejemplo de un segundo elemento de capacitancia está conectado a un cátodo del diodo D1, y el otro extremo del condensador C2 está conectado a la segunda sección de enlace de CC L2. Además, un colector de un transistor Q1 está conectado al cátodo del diodo D1, y un emisor del transistor Q1 está conectado a un ánodo de un diodo D11. Un cátodo del diodo D11 está conectado a la primera sección de enlace de CC L1. Un emisor de un transistor Q2 está conectado al ánodo del diodo D1, y el colector del transistor Q1 está conectado a un cátodo de un diodo D12. Entonces, un ánodo del diodo D12 se conecta a la segunda sección de enlace CC L2. Los condensadores C1, C2, los diodos D1, D2, D3 y los transistores Q1, Q2 constituyen un circuito de sujeción 3. El transistor Q1 y el diodo D11

60

65

constituyen un primer circuito de conmutación. Además, el transistor Q2 y el diodo D12 constituyen un segundo circuito de conmutación.

El aparato de conversión directa de energía de CA también incluye un amplificador diferencial 4 a la que se aplica una tensión  $V_{cl}$  (tensión a través del condensador C2) en su terminal de entrada no inversora mientras que una tensión de referencia  $V_{-ésima}$  se aplica a su terminal de entrada inversora, de modo que una la señal de control  $S_{cl}$  emitida desde el amplificador diferencial 4 se introduce en las bases de los transistores Q1, Q2. La tensión de referencia  $V_{-ésima}$  es una tensión de referencia para encender los transistores Q1, Q2 cuando se inicia la descarga de los condensadores C1, C2.

Como se muestra en la figura 1, dado que una tensión entre la primera, segunda secciones de enlace, DC L1, L2 se divide mediante los dos condensadores C1, C2 conectados en serie, las tensiones aplicadas a los condensadores C1, C2 pueden ser reducidas a aproximadamente  $\sqrt{3}/2$ , en comparación con las tensiones aplicadas de los condensadores C11 - C13 del circuito de filtro LC del lado de entrada 6.

En el aparato de conversión directa de energía de CA de la primera realización descrita anteriormente, dado que el nivel de descarga de la figura 2 se puede controlar, se convierte en implementable para controlar la tensión de la sujeción, que está a un nivel de carga  $V1$ . En este caso, como se muestra en la figura 2, teniendo en cuenta que el valor máximo de una tensión máxima se convierte en el doble de un valor mínimo de la tensión intermedia en valores instantáneos de la tensión del circuito intermedio, el circuito de sujeción 3 se emplea como amortiguador que descarga con una tensión media.

De acuerdo con el aparato de conversión directa de energía de CA construido como se describió anteriormente, cuando los condensadores C1, C2 se cargan con una corriente regenerativa derivada de la sección del inversor 2, la tensión entre la primera, segunda secciones de enlace DC L1, L2 se divide con los condensadores C1, C2 conectados en serie. Por lo tanto, la tensión soportada de los condensadores que se utilizarán para el circuito de sujeción se puede reducir con una construcción simple.

Además, como el nivel de descarga se puede controlar por los primeros circuitos, el segundo lugar de conmutación (Q1, D11, Q2, D12), se convierte en implementable para controlar la tensión de la sujeción que es el nivel de carga  $V1$ .

### (Segunda realización)

La figura 3 muestra una vista de construcción de un aparato de conversión directa de energía de CA de acuerdo con una segunda realización de la invención. El aparato de conversión directa de energía de CA de esta segunda realización es similar en construcción al aparato de conversión directa de energía de CA de la primera realización excepto el circuito de sujeción. Por lo tanto, al igual que los miembros constituyentes se designan con los mismos números de referencia, y se omite su descripción.

Un extremo de un condensador C1 como un ejemplo de un primer elemento de capacitancia está conectado a la primera sección de enlace L1 DC, y un ánodo de un diodo D1 como un ejemplo de un primer elemento de diodo está conectado al otro extremo del condensador C1. Un extremo de un condensador C2 como un ejemplo de un segundo elemento de capacitancia está conectado a un cátodo del diodo D1, y el otro extremo del condensador C2 está conectado a la segunda sección de enlace de CC L2. Además, un ánodo de un diodo D2 como un ejemplo de un segundo elemento de diodo está conectado al cátodo del diodo D1, y un cátodo del diodo D2 está conectado a la primera sección de enlace de CC L1. Entonces, un cátodo de un diodo D3 como un ejemplo de un tercer elemento de diodo se conecta al ánodo del diodo D1, y un ánodo del diodo D3 se conecta a la segunda sección de enlace de CC L2. Los condensadores C1, C2 y los diodos D1, D2, D3 constituyen un circuito de sujeción 13.

En el aparato de conversión directa de energía de CA de la segunda realización descrita anteriormente, ya que el nivel de descarga de la figura conversión. 2 está determinado por un período requerido para la descarga, el nivel de carga supera el valor de pico de la tensión máxima, pero la tensión del condensador actúa para obtener equilibrio porque el período de acción como tensión intermedia durante la descarga se prolonga por el aumento de tensión durante la carga.

La figura 9 muestra una construcción de un aparato de conversión directa de energía de CA de acuerdo con un método de la técnica anterior para comparar. En la figura 9, los números de referencia  $S_{am}$ ,  $S_{bm}$ ,  $S_{cm}$  indican transistores del lado del convertidor,  $S_{up}$ ,  $S_{vp}$ ,  $S_{wp}$ ,  $S_{un}$ ,  $S_{vn}$ ,  $S_{wn}$  denotan transistores del lado del inversor, y  $S_c$  denota un transistor del circuito de sujeción. Además, la figura 10 muestra los resultados de la simulación bajo una carga de factor de energía de retardo de 0,62 ( $51,5^\circ$ ) en el aparato de conversión directa de energía de CA mostrado en la figura 9. La figura 10(a) muestra una corriente de entrada, la figura 10(b) muestra una corriente de salida, la figura 10(c) muestra una corriente de CC, la figura 10(d) muestra una tensión de capacitor de sujeción y una tensión de CC, la figura 10(e) muestra una corriente de diodo de sujeción activa, y la figura 10(f) muestra una corriente de sujeción activa IGBT (transistor bipolar de puerta aislada).

Además, la figura 4 muestra los resultados de simulación bajo una carga de factor de energía de retardo de 0,62 (51,5 °) en el aparato de conversión directa de energía de CA de esta segunda realización. La figura 4(a) muestra una corriente de entrada, la figura 4(b) muestra una corriente de salida, la figura 4(c) muestra una corriente de CC, la figura 4(d) muestra una tensión de la Serie C, una CC tensión de enlace y una tensión C en paralelo de sujeción, la figura 4(e) muestra una corriente de carga de sujeción pasiva, y la figura 4(f) muestra una corriente de descarga de sujeción pasiva.

En el aparato de conversión directa de energía de CA de la técnica anterior mostrado en la figura 9, a causa de la sujeción a una tensión umbral de 350 V, la carga y descarga a la tensión de la sujeción se repiten. En la segunda realización, por otra parte, dado que la tensión de descarga está determinada por el período durante el cual la tensión intermedia se mantiene en un mínimo, puede obtenerse una tensión de sujeción doble de la tensión de descarga, de modo que puede realizarse una operación de sujeción de tensión constante sin control.

El documento 1 anteriormente mencionado ("Investigation of 9-switch Dual-bridge Matrix Converter Operating under Low Output Power Factor") muestra que se regenera una corriente a la sección de enlace CC en regiones donde el ángulo de fase de una corriente de salida es de no menos de  $\pi/6$ .

Una explicación de la relación entre el período de regeneración y la tensión de sujeción se dará a continuación.

Las figuras 5(a) a 5(e) muestran una relación entre la corriente de entrada y la corriente continua por formas de onda de las secciones individuales con respecto a un estado regenerativo bajo un factor de energía de 1 del aparato de conversión directa de energía de CA de la segunda realización. Las figuras 6(a) a 6(e) muestran una relación entre la corriente de entrada y la corriente continua por formas de onda de las secciones individuales con respecto a un estado regenerativo bajo un retraso de  $\pi/4$  y un factor de energía de 0,7. Se observa que la figura 5(a) y la figura 6(a) muestran formas de onda de tensión de fase introducidas, la figura 5(b) y la figura 6(b) muestran tensiones de CC, la figura 5(c) y la figura 6(c) muestran las corrientes de línea, la figura 5(d) y la figura 6(d) muestran las corrientes de CC, y la figura 5(e) y la figura 6(e) muestran relaciones de tiempo  $t_4$ ,  $t_6$ , respectivamente.

En las secciones del circuito intermedio (primera, segunda secciones de enlace de DC L1, L2), corrientes de línea de dos fases fluyen a través del mismo por dos vectores seleccionados. En un modo 1 en la figura 5, se puede entender que, puesto que un brazo superior ( $S_{up}$ ) de la fase U en el inversor sección 2 se pone en ENCENDIDO durante un período  $V_4$ , una línea de corriente  $I_u$  fluye a través de las secciones del CC, haciendo que un brazo inferior ( $S_{wn}$ ) de la fase W en la sección inversora 2 se pone en ENCENDIDO durante un período  $V_6$ , de modo que una corriente de línea  $-I_w$  fluya a través de la sección del enlace CC (ver figura 5(c)). También se puede leer a partir de las formas de onda que la tensión del circuito intermedio mantiene un valor positivo hasta una fase de retardo de  $n/6$  (véase la figura 5(c)).

Mientras tanto, las figuras 6(a) a 6(e) muestra un caso de un retraso de  $n/4$  (factor de energía de 0,7) del aparato de conversión directa de energía de CA de la segunda realización. En este caso, la corriente durante un período  $\pi/12$  en el período  $V_6$  se vuelve negativa, y una corriente de carga fluye al circuito de sujeción 13 solo en esa región (véase la figura 6(c), la figura 6(d)).

En tales circunstancias, los condensadores C1, C2 del circuito de sujeción 13 mantienen una tensión constante del doble de la tensión de descarga, y descarga en el momento cuando la tensión de enlace de CC se convierte en una tensión intermedia EMID a través de la conmutación de la sección de convertidor 1. Se observa que la tensión que debe mantenerse llega a un equilibrio al equilibrar entre la fase de descarga y la fase de carga en el lado de la sección del inversor 2.

Con respecto a la carga eléctrica en la carga en la figura 6, donde se aplica la modulación PWM en las proporciones de tiempo  $t_4$ ,  $t_6$  que se muestra en la figura 6(e), la corriente promedio puede ser determinada multiplicando el valor actual (figura 6(d)) y la relación de tiempo (figura 6(e)) juntas.

En una corriente continua  $I_{v6}$  que aparece durante un período  $t_6$ , donde aparece una corriente de la fase W cuando se invierte, y dado un ángulo de fase de retardo actual (ángulo de factor de energía)  $\phi$ , la corriente DC  $I_{v6}$  resultados en:

$$\begin{aligned} I_{v6} &= \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3} - \phi\right) \\ &= -\sin\left(\theta + \frac{2\pi}{3} + \frac{\pi}{2} - \phi\right) \\ &= \sin\left(\theta + \frac{\pi}{6} - \phi\right) \end{aligned}$$

Ahora, si la onda sinusoidal se considera por aproximación lineal debido a un pequeño ángulo de fase de retardo, entonces el valor actual y la relación de tiempo pueden expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$I_{v6} = \frac{3}{\pi}(\theta - (\phi - \frac{\pi}{6})), \quad t_6 = \frac{3}{\pi}\theta$$

5 Por lo tanto, la corriente promedio  $I_{v6} t_6$  es

$$I_{v6} t_6 = \frac{9}{\pi^2}(\theta^2 - (\phi - \frac{\pi}{6})\theta)$$

10 y la carga  $q_c$  para la carga puede determinarse integrando la corriente promedio  $I_{v6} t_6$ :

$$q_c = \int_0^{\phi - \pi/6} I_{v6} t_6 d\theta = -\frac{3(\phi - \frac{\pi}{6})^3}{2\pi^2}$$

15 Mientras tanto, con respecto a cargar para descargar, los condensadores C1, C2 del circuito de fijación 13 libera carga durante el periodo de conexión a la tensión intermedia, es decir, durante un período (corriente de la fase S en el modo 1) donde la corriente de entrada está en la fase intermedia debido al control con un factor de energía de entrada de 1. Por lo tanto, es suficiente determinar la relación entre la fase de descarga y la carga.

20 Del mismo modo, la determinación de la relación entre la fase de descarga y la carga por aproximación lineal resulta en

$$q_d = 2 \int_0^{\phi_d} I_u d\theta = \frac{3}{\pi} \phi_d^2$$

25 A continuación, mediante la determinación de la fase de descarga de modo que la carga  $q_c$  para la carga y la carga  $q_d$  para la descarga se hacen iguales entre sí, se puede determinar el nivel de tensión de descarga.

La relación entre la carga para la carga y la carga para la descarga varía entre el factor de energía de carga y la tensión de salida de factor de control  $k_s$ , y por lo tanto se corrige mediante la siguiente ecuación:

$$30 \quad q_c = q_d k_s \cos\phi$$

Además, la relación entre la fase de descarga resultante y el nivel de tensión es, a partir de la forma de onda de enlace de CC, como sigue:

$$35 \quad V_{baja} = \text{sen}(\phi_d + \pi/6), V_{alta} = 2V_{baja}$$

40 Un resultado de la relación entre el factor de energía de carga y el nivel de tensión determinado de acuerdo con la ecuación relacional anterior se muestra en la figura 7. La figura 7 muestra las variaciones del nivel de descarga, el nivel de carga y el factor de energía de carga en relación con un ángulo de fase de carga obtenido con una entrada de una tensión de entrada trifásica de CA de 200 V. En la figura 7, las marcas blancas del círculo indican el nivel de descarga (V), las marcas negras del círculo indican el nivel de carga (V) y las marcas triangulares indican los factores de energía de carga.

45 Como se muestra en la figura 7, a más aumenta el ángulo de fase de carga, más el factor de energía de carga disminuye mientras que el nivel de descarga y el nivel de carga aumentan.

50 Como se describió anteriormente, la carga para la carga es determinada por el factor de energía de carga, y el nivel de descarga se determina únicamente por la carga para la carga. Por lo tanto, se puede entender que en este método, la tensión de la sujeción está equilibrada incluso con el uso de circuitos pasivos.

55 De acuerdo con el aparato de conversión directa de energía de CA construido como se describió anteriormente, cuando los condensadores C1, C2 se cargan con una corriente regenerativa derivada de la sección del inversor 2, la tensión entre la primera, segunda secciones de enlace DC L1, L2 se divide con los condensadores C1, C2 conectados en serie. Por lo tanto, la tensión soportada de los condensadores que se utilizarán para el circuito de sujeción se puede reducir con una construcción simple.

Además, mediante la aplicación de diodos a la trayectoria de descarga puede eliminar la necesidad de cualquier elemento activo o circuito de control, puede ser adoptada una construcción amortiguadora pasiva.



**(Tercera realización)**

La figura 8 es una vista constructiva de un circuito de sujeción en un aparato de conversión directa de energía de CA de acuerdo con una tercera realización de la invención. El aparato de conversión directa de energía de CA de esta  
 5 tercera realización es similar en construcción al aparato de conversión directa de energía de CA de la primera realización excepto el circuito de sujeción. Por lo tanto, al igual que los elementos constituyentes se designan con los mismos números de referencia, con su descripción omitida, y la figura 1 se usa también en este caso.

Un extremo de un condensador C1 como un ejemplo de un primer elemento de capacitancia está conectado a la  
 10 primera sección de enlace L1 DC, y un ánodo de un diodo D1 como un ejemplo de un primer elemento de diodo está conectado al otro extremo del condensador C1. Un extremo de un condensador C2 como un ejemplo de un segundo elemento de capacitancia está conectado a un cátodo del diodo D1, y el otro extremo del condensador C2 está conectado a un ánodo de un diodo D2 como un ejemplo de un segundo elemento de diodo. Además, un cátodo del diodo D2 está conectado a un extremo de un condensador C3 como un ejemplo de un tercer elemento de  
 15 capacitancia, y el otro extremo del condensador C3 está conectado a la segunda sección de enlace de CC L2. También, un cátodo de un diodo D3 como un ejemplo de un tercer elemento de diodo se conecta a un ánodo del diodo D1, y un ánodo del diodo D3 se conecta a la segunda sección de enlace de CC L2. Un ánodo de un diodo D4 como un ejemplo de un cuarto elemento de diodo está conectado al cátodo del diodo D1, y un cátodo del diodo D4 está conectado a la primera sección de enlace de CC L1. También, un cátodo de un diodo D5 como un ejemplo de  
 20 un quinto elemento de diodo se conecta al ánodo del diodo D2, y un ánodo del diodo D5 se conecta a la segunda sección de enlace de CC L2. Además, un ánodo de un diodo D6 como un ejemplo de un sexto elemento de diodo está conectado al cátodo del diodo D2, y a un ánodo del diodo D6 está conectado a la primera sección de enlace de CC L1. Los condensadores C1 - C3 y los diodos D1- D6 constituyen un circuito de sujeción 23.

El aparato de conversión directa de energía de CA de esta tercera realización tiene los mismos efectos que los del  
 25 aparato de conversión directa de energía de CA de la segunda realización, y por otra parte la tensión soportada de los condensadores C1 - C3 usada para el circuito de sujeción 23 puede ser más bajo. Además, como se muestra en la figura 2, el nivel de carga V2 en esta tercera realización es aproximadamente 1,5 veces mayor que el nivel de carga V1 del caso donde dos condensadores del circuito de sujeción están conectados en serie, mientras que el  
 30 nivel de descarga es equivalente entre aquellas realizaciones. Como resultado, la descarga ocurre mientras la tensión de la fuente de energía (fluctuación de tensión de la tensión de entrada de CA trifásico) está bajo una tensión mínimo, pero la carga y la descarga no ocurren mientras la tensión de la fuente de energía no es menor que la tensión mínimo. Por lo tanto, la ocurrencia de pérdidas debidas a cargas y descargas innecesarias puede evitarse  
 35 contra las fluctuaciones de tensión de la tensión de entrada de CA trifásica.

El aparato de conversión directa de energía de CA incluyendo la sección de convertidor 1 y la sección del inversor 2  
 se han descrito en las anteriores realizaciones primera a tercera. Sin embargo, la construcción del circuito de la  
 40 sección del convertidor y la sección del inversor no está limitada a las mismas. La invención también se puede aplicar a aparatos de conversión de corriente AC directa que incluyen una sección de convertidor para convertir una tensión de entrada de CA trifásica en una tensión de CC, una sección de inversor para convertir la tensión de CC, que es un resultado de conversión por la sección de convertidor, en una tensión de salida de CA trifásica especificada, los aparatos de conversión de corriente CA directa no teniendo filtro de uso de suavizado en la sección del enlace de CC que conecta la sección del convertidor y la sección del inversor entre sí.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato de conversión directa de energía de CA que comprende:

5 una sección de convertidor (1) para convertir una tensión de entrada de CA trifásica en una tensión de CC que incluye componentes de tensión de CA superpuestos a componentes de tensión de CC;  
 una sección de inversor (2) para convertir la tensión de CC, que incluye los componentes de tensión de CA superpuestos en los componentes de tensión de CC, y que es un resultado de conversión por la sección de convertidor (1) en una tensión de salida de CA trifásica especificada;  
 10 una primera sección de enlace de CC (L1) en un lado del ánodo y una segunda sección de enlace de CC (L2) en un lado del cátodo para conectar la sección del convertidor (1) y la sección del inversor (2) entre sí; y  
 un circuito de sujeción (3, 13, 23) que está conectado entre la primera sección de enlace de CC (L1) y la segunda sección de enlace de CC (L2) y que tiene al menos dos elementos de capacitancia (C1, C2, C3), donde  
 15 la sección del convertidor (1) y la sección del inversor (2) están dispuestas para convertir la tensión de entrada de CA en la tensión de salida de CA sin generar ninguna tensión de CC suavizada,  
 en el circuito de sujeción (3, 13, 23),  
 con los elementos de capacitancia (C1, C2, C3) conectados en serie entre la primera sección de enlace de CC (L1) y la segunda sección de enlace de CC (L2), los elementos de capacitancia individuales (C1, C2, C3) se cargan mediante una corriente regenerativa derivada de la sección del inversor (2), y  
 20 con los elementos de capacitancia individuales (C1, C2, C3) conectados en paralelo entre la primera sección de enlace de CC (L1) y la segunda sección de enlace de CC (L2), los elementos de capacitancia (C1, C2, C3) se descargan.

25 2. El aparato de conversión directa de energía de CA según la reivindicación 1, donde el circuito de sujeción (3) tiene:

un primer elemento de capacitancia (C1) que tiene un extremo conectado a la primera sección de enlace de CC (L1);  
 un segundo elemento de capacitancia (C2) que tiene un extremo conectado a la segunda sección de enlace de CC (L2);  
 30 un elemento de diodo (D1) conectado en la dirección de avance entre el otro extremo del primer elemento de capacitancia (C1) y el otro extremo del segundo elemento de capacitancia (C2);  
 un primer circuito de conmutación (Q1, D11) que está conectado entre un punto de conexión del elemento de diodo (D1) y el segundo elemento de capacitancia (C2) y la primera sección de enlace de CC (L1) y que se enciende durante la descarga del segundo elemento de capacitancia (C2); y  
 35 un segundo circuito de conmutación (Q2, D12) que está conectado entre un punto de conexión del elemento de diodo (D1) y el primer elemento de capacitancia (C1) y la segunda sección de enlace de CC (L2) y que se enciende durante la descarga del primer elemento de capacitancia (C1).

40 3. El aparato de conversión directa de energía de CA según la reivindicación 1, donde el circuito de sujeción (13) tiene:

un primer elemento de capacitancia (C1) que tiene un extremo conectado a la primera sección de enlace de CC (L1);  
 45 un segundo elemento de capacitancia (C2) que tiene un extremo conectado a la segunda sección de enlace de CC (L2);  
 un primer elemento de diodo (D1) conectado en la dirección de avance entre el otro extremo del primer elemento de capacitancia (C1) y el otro extremo del segundo elemento de capacitancia (C2);  
 un segundo elemento de diodo (D2) conectado en sentido inverso entre un punto de conexión del primer elemento de diodo (D1) y el segundo elemento de capacitancia (C2) y la primera sección de enlace de CC (L1); y  
 50 un tercer elemento de diodo (D3) conectado en sentido inverso entre un punto de conexión del primer elemento de diodo (D1) y el primer elemento de capacitancia (C1) y la segunda sección de enlace de CC (L2).

55 4. El aparato de conversión directa de energía de CA según la reivindicación 1, donde el circuito de sujeción (23) tiene:

un primer elemento de capacitancia (C1) que tiene un extremo conectado a la primera sección de enlace de CC (L1);  
 un primer elemento de diodo (D1) que tiene un extremo conectado al otro extremo del primer elemento de capacitancia (C1);  
 60 un segundo elemento de capacitancia (C2) que tiene un extremo conectado al otro extremo del primer elemento de diodo (D1);  
 un segundo elemento de diodo (D2) que tiene un extremo conectado al otro extremo del segundo elemento de capacitancia (C2);  
 65 un tercer elemento de capacitancia (C3) que tiene un extremo conectado al otro extremo del segundo elemento de diodo (D2) y que tiene el otro extremo conectado al otro extremo de la segunda sección de enlace de CC (L2);

## ES 2 650 219 T3

- un tercer elemento de diodo (D3) conectado en sentido inverso entre un punto de conexión del primer elemento de diodo (D1) y el primer elemento de capacitancia (C1) y la segunda sección de enlace de CC (L2).
- un cuarto elemento de diodo (D4) conectado en sentido inverso entre un punto de conexión del primer elemento de diodo (D1) y el segundo elemento de capacitancia (C2) y la primera sección de enlace de CC (L1);
- 5 un quinto elemento de diodo (D5) conectado en sentido inverso entre un punto de conexión del segundo elemento de diodo (D2) y el segundo elemento de capacitancia (C2) y la segunda sección de enlace de CC (L2);  
y
- 10 un sexto elemento de diodo (D6) conectado en sentido inverso entre un punto de conexión del segundo elemento de diodo (D2) y el tercer elemento de capacitancia (C3) y la primera sección de enlace de CC (L1), y donde el primer elemento de diodo (D1) está conectado en la dirección de avance entre el primer elemento de capacitancia (C1) y el segundo elemento de capacitancia (C2), y el segundo elemento de diodo (D2) está conectado en la dirección de avance entre el segundo elemento de capacitancia (C2) y el tercer elemento de capacitancia (C3).

Fig.1

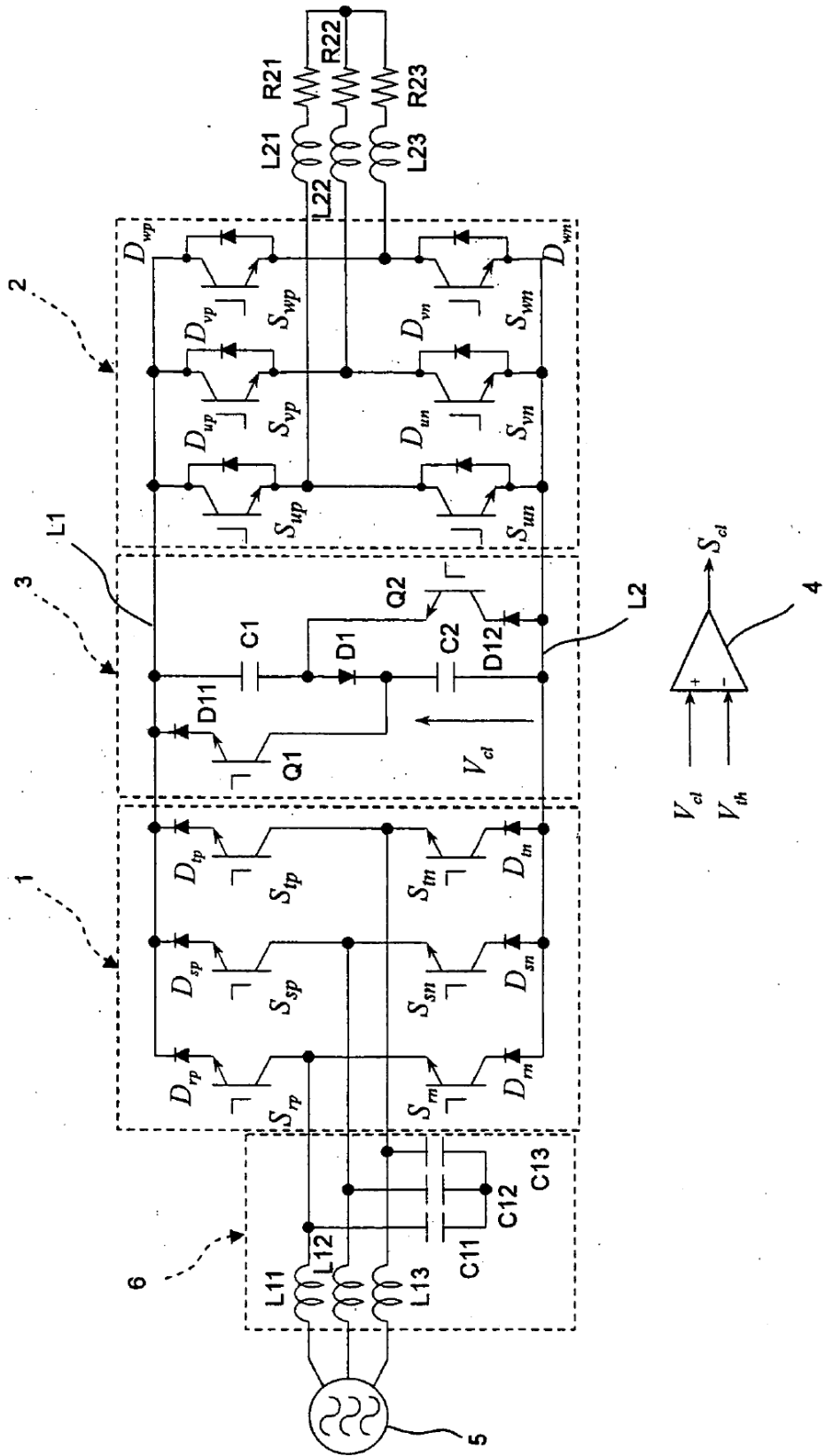


Fig.2

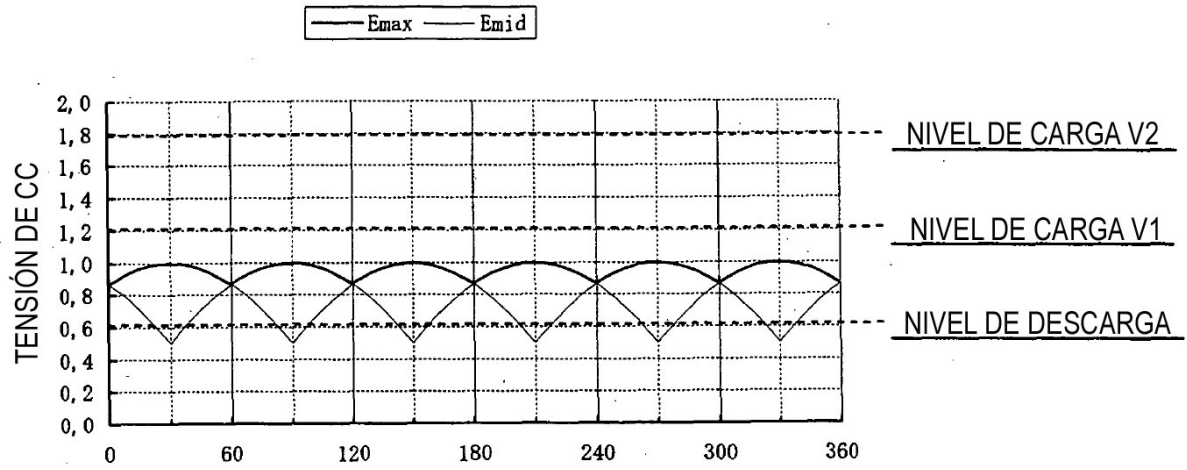


Fig.3

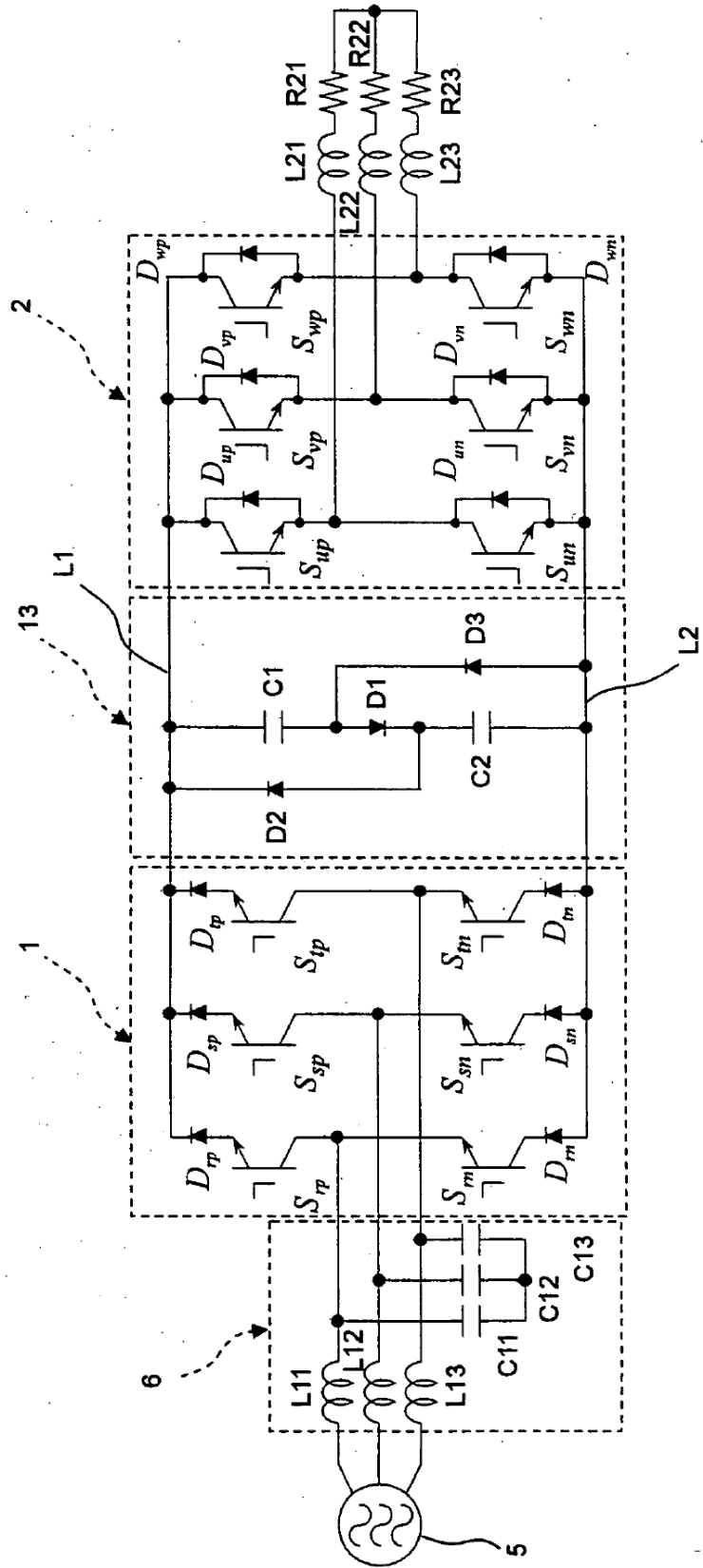


Fig.4

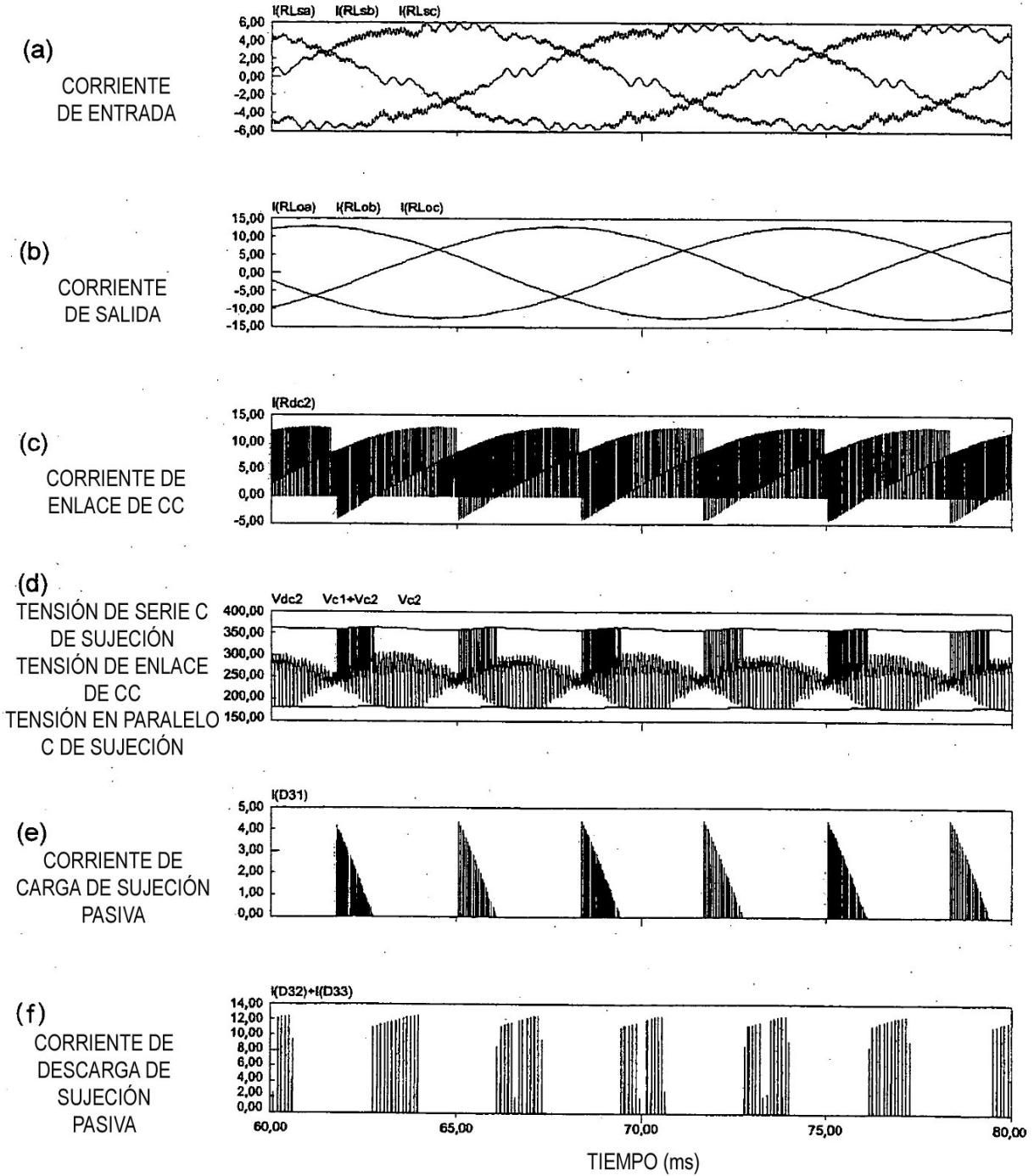


Fig.5

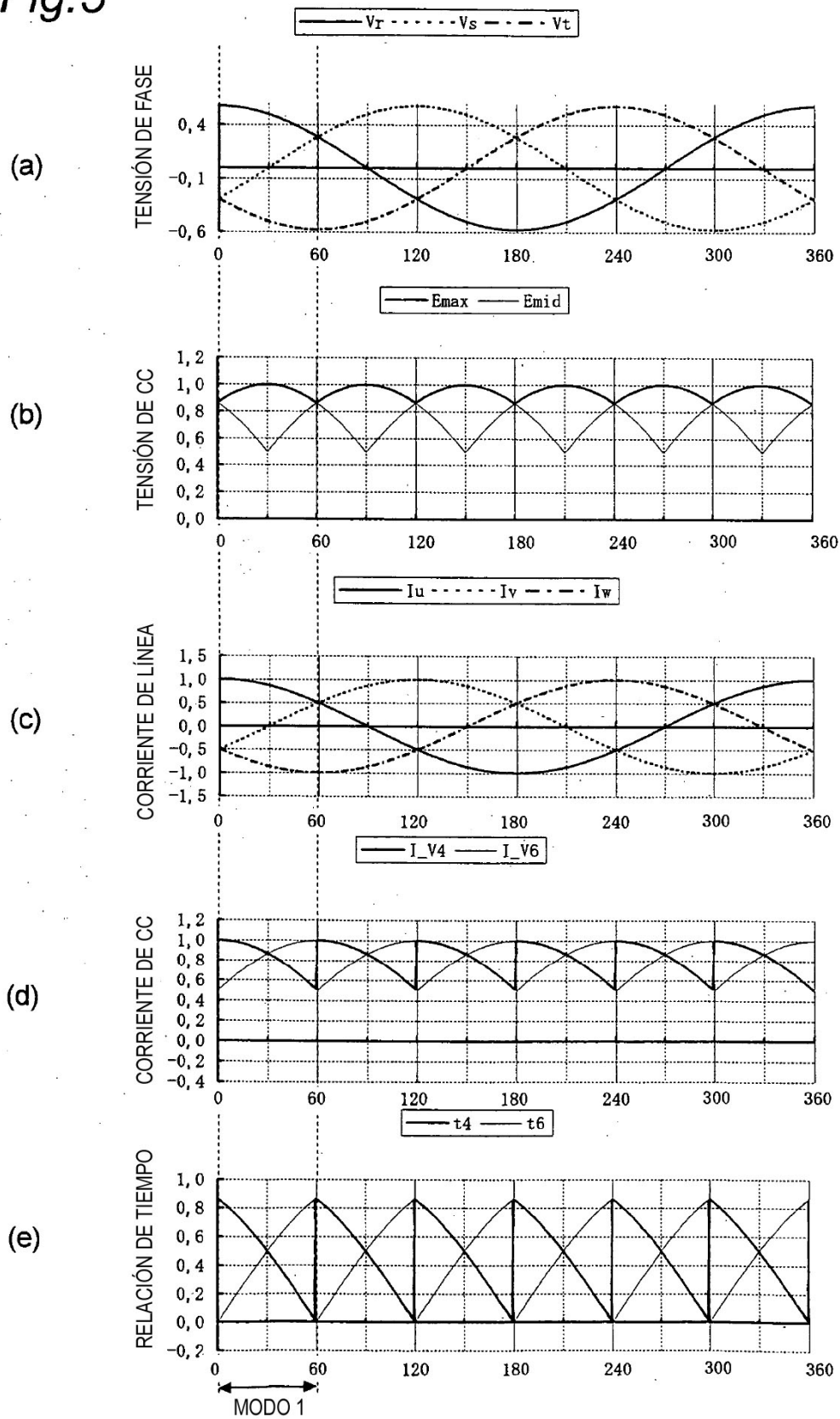




Fig.6

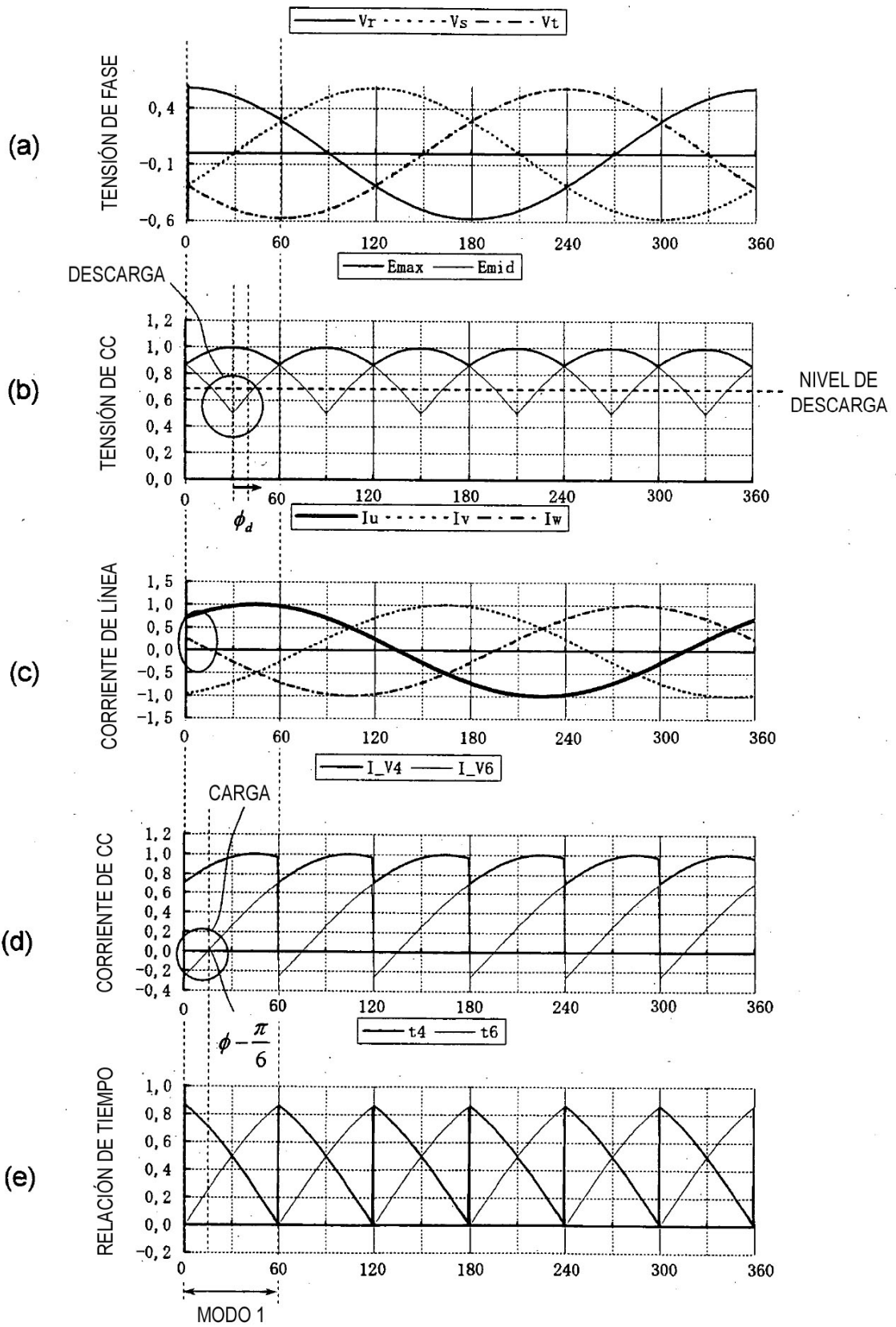


Fig.7

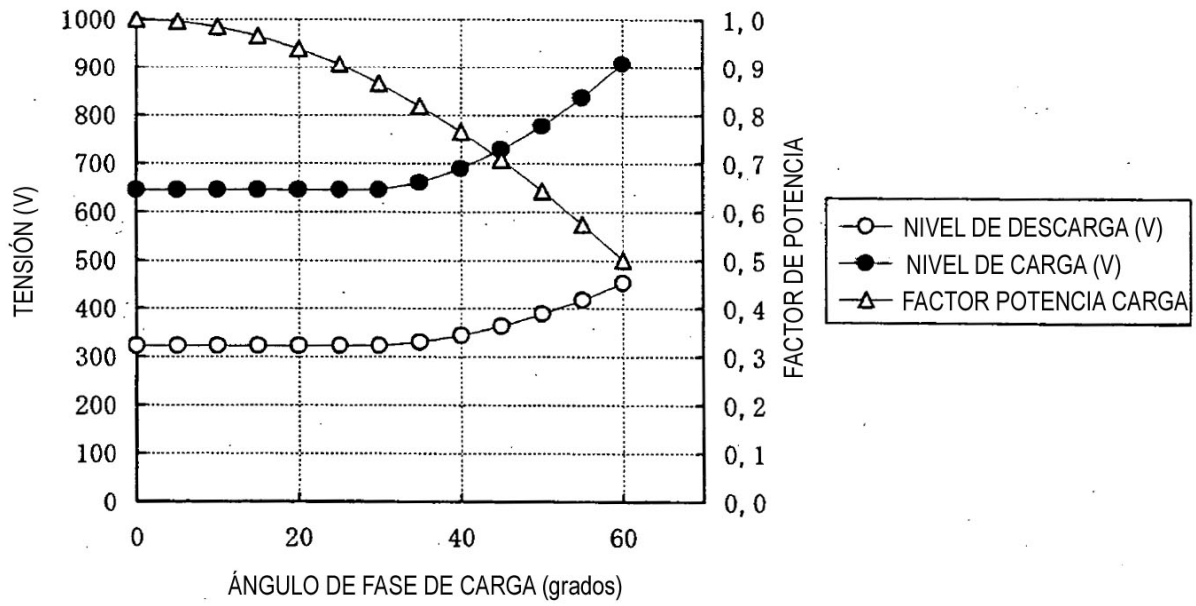


Fig. 8

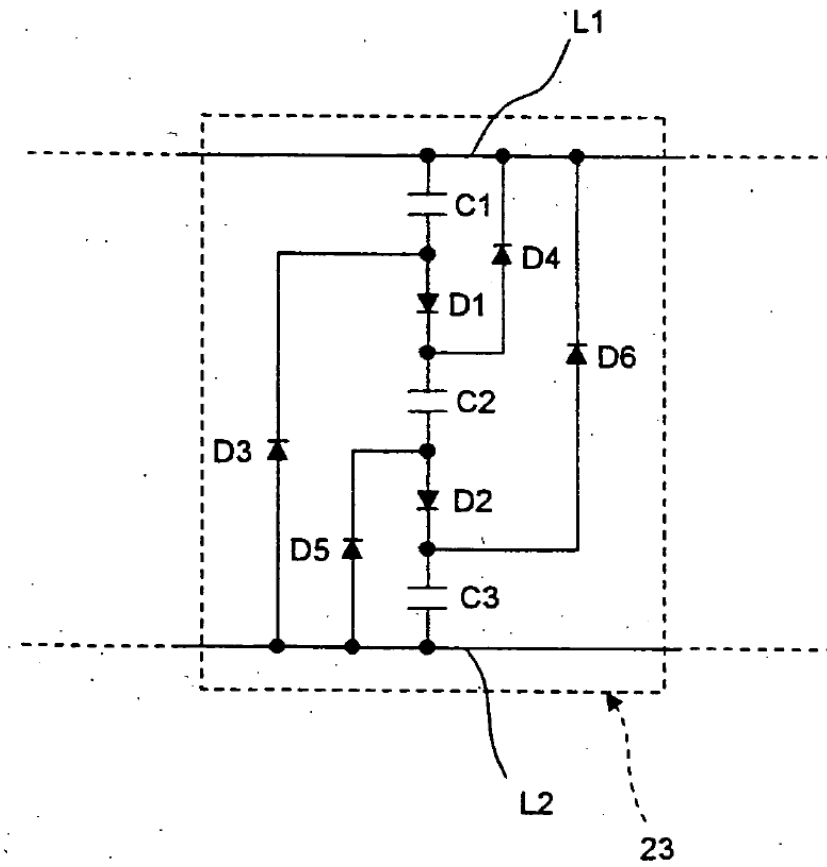


Fig.9

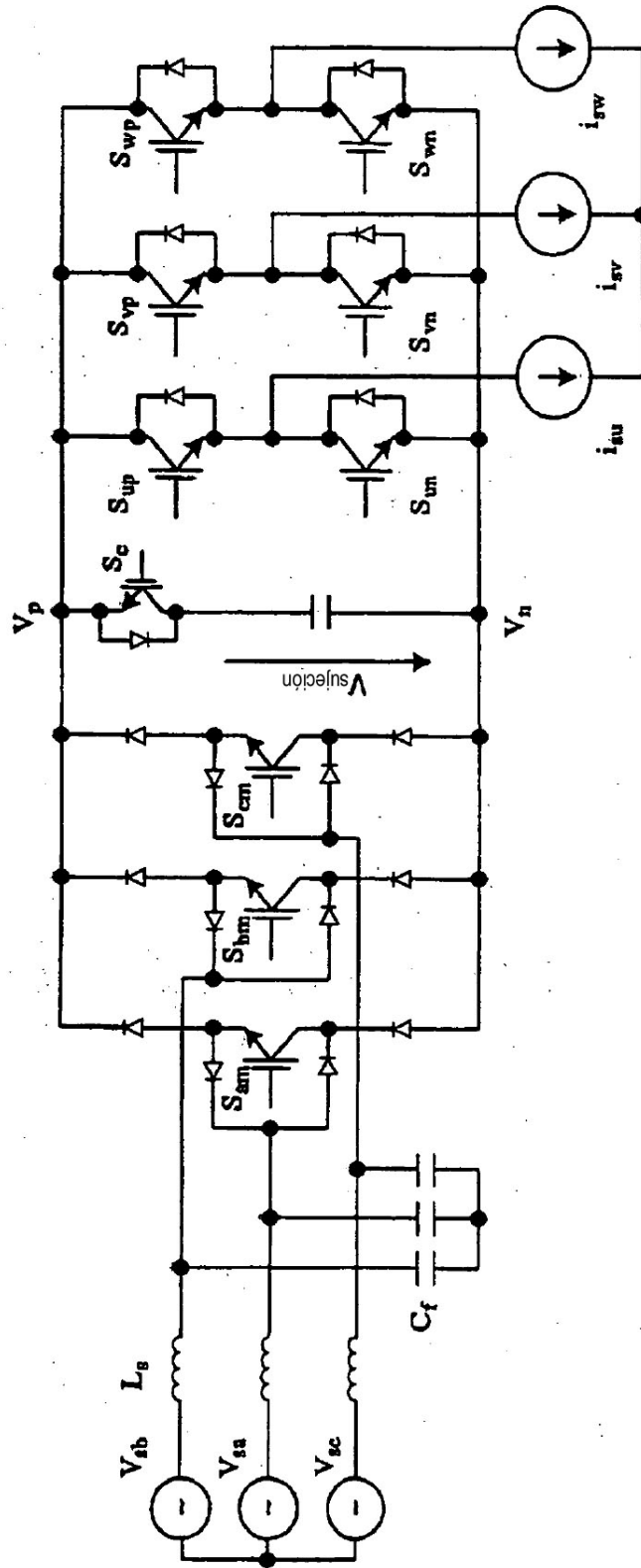


Fig.10

