

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 629**

51 Int. Cl.:

H02J 7/00 (2006.01)

H02M 3/07 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2005 E 05795874 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **23.07.2008 EP 1947752**

54 Título: **Dispositivo de almacenamiento de carga que usa condensadores y su método de control**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.02.2013

73 Titular/es:

**LIMITED COMPANY TM (100.0%)
24-3, Harumidai 2-cho Minami-ku
Sakai-shi, Osaka 590-0113 , JP**

72 Inventor/es:

**TAKEDA, HARUMI y
TOYAMA, KAZUKI**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 394 629 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

Dispositivo de almacenamiento de carga que usa condensadores y su método de control

CAMPO TÉCNICO

5 La presente invención se refiere a un sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa condensadores tales como condensadores eléctricos de doble capa (EDLC, del inglés "Electric Double Layer Capacitor"), y un método de control de un sistema de almacenamiento de energía eléctrica de este tipo.

ANTECEDENTES TÉCNICOS

10 Recientemente, condensadores eléctricos de doble capa (EDLC) han atraído atención como nuevo dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica para ocupar un papel de baterías secundarias debido a características tales como una vida útil de muchos ciclos y un rango de temperaturas de operación amplio. Sin embargo, los condensadores varían en tensión de salida en proporción a la carga eléctrica almacenada, y la tensión de salida es baja cuando se usa un único condensador. De acuerdo con ello, es habitual usar tales condensadores conectando más de un condensador en serie o en serie-paralelo.

15 Un método conocido con el fin de suministrar una tensión estable a una carga de consumo cuando los condensadores son conectados en serie o en serie-paralelo consiste en que una pluralidad de condensadores EDLC son conmutados entre serie y serie-paralelo usando conmutadores complejos.

20 En un sistema de almacenamiento de energía eléctrica constituido por una pluralidad de condensadores EDLC conectados en serie-paralelo, con el fin de mejorar la eficiencia de carga/descarga, se usan habitualmente al mismo tiempo dos técnicas de control denominadas "conmutación de bancos" y "circuito de igualación de tensiones". En lo que sigue se explican resumidamente estas técnicas de control, y se describen problemas que surgen cuando estas técnicas son usadas conjuntamente.

[Conmutación de bancos]

25 La técnica convencionalmente propuesta de "conmutación de bancos" (se hace referencia por ejemplo a la patente japonesa públicamente disponible nº 11-215695) es controlar una pluralidad de conmutadores que están dispuestos junto con una pluralidad de condensadores EDLC en múltiples etapas como se muestra en la figura 1A, conmutando con ello secuencialmente estados de conexión de condensadores EDLC como se muestra en las figuras 1B, 1C y 1D. En la siguiente descripción, un grupo de condensadores que constituyen una etapa es denominado "bloque". Además, cada condensador ilustrado en los dibujos puede estar constituido por más de un condensador conectado en serie-paralelo.

30 En un proceso de descarga, por ejemplo, de un sistema de almacenamiento de energía eléctrica convencional como se muestra en la figura 1, cada vez que una tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica cae y se acerca a una tensión de entrada mínima de un inversor al reducirse la tensión de cada condensador (EDLC) debido a la descarga, una conexión entre condensadores EDLC en un bloque en el que los condensadores EDLC están conectados en paralelo es conmutada a una conexión en serie secuencialmente bloque a bloque en el orden de las figuras 1A, 1B, y 1C. Mediante esto, la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica es controlada de modo que caiga dentro de un rango de entrada del inversor, y el sistema de almacenamiento de energía eléctrica proporciona de salida la energía eléctrica hasta que todos los condensadores EDLC están finalmente conectados en serie como se muestra en la figura 1D. Obsérvese que los condensadores EDLC de un bloque en el que los condensadores EDLC han sido conmutados a la conexión en serie no son conmutados de vuelta a la conexión en paralelo.

45 Además, en un proceso de carga, cada vez que la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica se eleva y se acerca a una tensión de entrada máxima de un inversor cuando la tensión de cada condensador (EDLC) se incrementa, la conexión entre condensadores EDLC en un bloque en el que los condensadores EDLC están conectados en serie es conmutada a la conexión en paralelo secuencialmente bloque a bloque en un orden inverso al orden en el proceso de descarga. Obsérvese que los condensadores EDLC de un bloque en el que los condensadores EDLC han sido conmutados a la conexión en paralelo no son conmutados de vuelta a la conexión en serie.

Aunque la técnica de "conmutación de bancos" convencional anteriormente descrita es efectiva para mejorar las características de carga/descarga o de profundidad de descarga, se han observado los siguientes problemas.

50 (1) Variación en tensiones inter-terminales entre bloques

En el proceso de carga, por ejemplo, debido a que la cantidad de carga acumulada en cada condensador EDLC en un bloque en el que los condensadores EDLC están conectados en paralelo es la mitad de la cantidad de carga acumulada en cada condensador EDLC de un bloque con condensadores EDLC conectados en serie, cuando los

condensadores EDLC conectados en serie en un bloque en el que los condensadores EDLC son conmutados a una conexión en paralelo, se provoca una variación en la tensión inter-terminales de condensador EDLC entre los bloques. Cuando se provoca una variación en la tensión inter-terminales de condensador EDLC, los condensadores EDLC en el bloque en el que los condensadores EDLC están conectados en serie son sobrecargados salvo que las tensiones inter-terminales de los condensadores EDLC en el bloque en el que los condensadores EDLC están conectados en serie sean mantenidas en un valor igual o menor que la tensión soportable hasta que los condensadores EDLC en el bloque con condensadores EDLC conmutados a una conexión en paralelo están plenamente cargados.

(2) Diferencia en características de proceso de carga debido a una diferencia en los números de condensadores EDLC que constituyen bloques

Generalmente, el sistema debe ser construido de modo que el número de condensadores EDLC que constituyen cada bloque sea idéntico. Sin embargo, en algunos casos, el número de condensadores EDLC en cada bloque es inevitablemente diferente. En un caso así, en el proceso de carga, cuando la conexión de los condensadores EDLC de un bloque con el mayor número de condensadores EDLC es conmutada de serie a paralelo, la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica se reduce extremadamente y puede requerirse entonces una gran cantidad de tiempo hasta que los condensadores EDLC que han sido conmutados a paralelo estén cargados y se produzca la conmutación subsiguiente. En el peor caso, la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica puede caer por debajo del rango de tensión de entrada del inversor.

Además, incluso si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica no cae por debajo del rango de tensión de entrada del inversor, las tensiones inter-terminales de condensador EDLC de los bloques se vuelven muy variadas, y en consecuencia, las tensiones de los condensadores EDLC que han sido plenamente cargados pueden exceder la tensión soportable al avanzar el proceso de carga, causando con ello una ruptura.

(3) Corriente de flujo lateral

Como se muestra en la figura 2, en un proceso de carga, cuando la conexión de los condensadores EDLC en un bloque es conmutada desde una conexión en serie como se muestra en la figura 2A a una conexión en paralelo como se muestra en la figura 2B, si hay una variación entre la tensión inter-terminales V_1 de un condensador (EDLC) C_1 y una tensión inter-terminales V_2 de un condensador (EDLC) C_2 , se genera una corriente de flujo lateral. Por lo tanto, en un caso en que un conmutador de semiconductores es usado como el conmutador de la figura 2, la corriente de flujo lateral generada es expresada como $(V_2 - V_1) / R$ [A], donde una resistencia en conducción (*ON resistance*) del conmutador de semiconductores es R [Ω], y esto podría destruir el conmutador de semiconductores.

Para evitar que se genera la corriente de flujo lateral, es necesario suprimir la variación en las tensiones inter-terminales de los condensadores EDLC que están conectados en paralelo.

Con los problemas anteriormente descritos, es difícil construir un sistema de almacenamiento de energía eléctrica usando sólo "conmutación de bancos". Sin embargo, estos problemas pueden evitarse tomando las siguientes medidas.

(1) Añadir un circuito de control que evita que la tensión inter-terminales de los condensadores EDLC exceda la tensión soportable.

(2) Añadir un circuito de control que suprime una variación en tensión inter-terminales de los condensadores EDLC en todo momento.

(3) Hacer que el número de condensadores EDLC que constituyen cada bloque sea lo más idéntico posible.

Con el fin de realizar las medidas (1) y (2) anteriores, se usa un circuito denominado "circuito de igualación de tensiones".

[Circuito de igualación de tensiones]

El circuito de igualación de tensiones es un circuito de control que suprime una variación en la tensión inter-terminales de cada condensador EDLC y sirve para mejorar la seguridad de un sistema de almacenamiento de energía eléctrica.

En un sistema de almacenamiento de energía eléctrica basado en la conmutación de bancos, los factores de generación de una variación en las tensiones inter-terminales de condensador EDLC incluyen "diferencia de capacitancia de cada condensador EDLC", "diferencia en características de auto-descarga de cada condensador EDLC" y "diferencia en la cantidad de carga que fluye a cada condensador EDLC causada por la conmutación de bancos". Cuando estos múltiples factores son combinados, aparecen los tres problemas anteriormente descritos: (1) una variación de tensión inter-terminales entre bloques, (2) diferencia en características de proceso de carga debido a diferencia en los números de condensadores EDLC que constituyen bloques, y (3) una corriente de flujo lateral

grande. La supresión de la tensión inter-terminales de condensador EDLC mediante un “circuito de igualación de tensiones” será descrita posteriormente.

(1) Prevención de sobrecarga

5 La prevención de sobrecarga de un condensador EDLC mediante el circuito de igualación de tensiones es llevada a cabo disponiendo un resistor y un conmutador entre los terminales de cada condensador EDLC. Específicamente, la tensión inter-terminales de cada condensador EDLC es vigilada y el conmutador conectado a un condensador EDLC en el que la tensión soportable está a punto de ser excedida, es activado, descargando con ello de forma forzada, y evitando la sobrecarga. Usando el circuito de igualación de tensiones, la tensión inter-terminales de un condensador EDLC que ha alcanzado el estado de carga plena más rápido que otros condensadores EDLC, es mantenida en un valor igual o menor que la tensión soportable, con lo que el proceso de carga puede ser realizado de forma segura sin sobrecarga. El ajuste de la tensión inter-terminales de todos los condensadores EDLC al mismo valor tanto como sea posible de este modo se denomina en lo que sigue “igualación de tensiones”. Adicionalmente, una pérdida causada por mantener la tensión inter-terminales de condensador EDLC en un valor igual o menor que la tensión soportable se denomina “pérdida por igualación de tensiones”.

15 (2) Prevención de variación en tensiones inter-terminales de condensadores (EDLC)

El circuito de igualación de tensiones es también usado para suprimir la variación en las tensiones inter-terminales de condensador EDLC. De un modo convencional, la igualación de tensiones (“inicialización” en la patente japonesa públicamente disponible nº 2003-111286) para reducir la variación en tensiones inter-terminales de condensadores es realizada sólo para una tensión para conmutación serie-paralelo (véase la patente japonesa públicamente disponible nº 2003-111286, por ejemplo). De este modo, usando el “circuito de igualación de tensiones” en conjunción con la “conmutación de bancos”, la “conmutación de bancos” puede ser realizada de forma segura para repetir procesos de carga y descarga de los condensadores EDLC.

20 Sin embargo, en los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica anteriormente descritos, aparecen los siguientes problemas cuando se usan en conjunción “conmutación de bancos” y “circuito de igualación de tensiones”.

Los condensadores EDLC reales tienen errores en las capacitancias. En consecuencia, en el “sistema de conmutación de bancos convencional” en el que el estado de conexión sólo puede ser conmutado en un orden de bloques predeterminado, aparecen los siguientes problemas debido a errores en las capacitancias totales de los bloques.

30 Se toman como ejemplo dos bloques que están en un estado de conexión en paralelo en un proceso de carga. Cuando una capacitancia total de un bloque es mayor que la de otro bloque, lleva más tiempo al bloque con la capacitancia total más grande cargarse plenamente. En contraste, lleva menos tiempo al bloque con la capacitancia total más pequeña cargarse plenamente. Consecuentemente, hasta que el bloque con la capacitancia total más grande esté totalmente cargado, la tensión inter-terminales de condensador EDLC en el bloque con la capacitancia total más pequeña debe ser mantenida en un valor igual o menor que la tensión soportable. Así, el periodo de tiempo para la prevención de sobrecarga mediante el “circuito de igualación de tensiones” se hace mayor y se realiza una descarga forzada de forma inútil, provocando un problema de incremento de la pérdida por igualación de tensiones.

40 También, cuando hay sólo un condensador EDLC con una capacitancia menor dentro de cada bloque, la variación en la tensión inter-terminales de otros condensadores EDLC que pertenecen a este mismo bloque es suprimida sobre la base de la tensión inter-terminales de un condensador EDLC. De acuerdo con ello, se realiza una descarga forzada de forma inútil, provocando un problema de deterioro de las características de carga/descarga.

45 Además, en la manera convencional, la igualación de tensiones (“inicialización” en el documento nº 2003-111286) para reducir la variación en tensiones inter-terminales de condensadores se realiza sólo para una tensión para conmutación serie-paralelo con el fin de evitar la variación en las tensiones inter-terminales de condensador EDLC. Sin embargo, cuando la variación en las tensiones inter-terminales es excesivamente grande en el momento en el que se lleva a cabo la igualación de tensiones, lleva más tiempo igualar las tensiones, provocando con ello un problema de incremento de la pérdida por igualación de tensiones.

50 El documento EP0609101 A1 da a conocer un dispositivo de acumulación de energía eléctrica que utiliza una agrupación en paralelo y/o en serie de baterías secundarias plurales, que comprende un medio para detectar una anomalía en cada una de las baterías secundarias, un medio para separar eléctricamente los terminales de salida de la batería secundaria que muestra una anomalía y, en caso de conexión en serie, cortocircuitar los terminales a los que ha sido conectada la batería secundaria que muestra una anomalía, y un medio para compensar la tensión correspondiente a la batería separada.

El documento US2005023054 A1 se refiere a una batería electrónicamente reconfigurable que incluye un número de módulos de batería interconectados selectivamente por un número de conmutadores electrónicos, en que un número seleccionable de módulos de batería pueden ser conectados o bien en una configuración en serie o bien en una configuración en paralelo, como resultado de poner conmutadores seleccionados de dicha pluralidad de conmutadores en estados abiertos o en estados cerrados. En una configuración en paralelo, la batería proporciona energía a una carga de consumo primaria. En una configuración en serie, la batería está configurada para proporcionar una salida de alta tensión y alta potencia a una carga de consumo de plazo corto y/o pulsante.

El documento US2002163376 A1 muestra una bomba de carga variable que contiene varias bombas de carga simple individuales, cada una con un condensador de bombeo y un mecanismo de conmutación. Adicionalmente, una red de conmutación está acoplada a las bombas de carga individuales de modo que las diferentes líneas en la bomba de carga pueden ser conectadas conjuntamente en un modo en serie o en un modo en paralelo (o modos mixtos en serie y paralelo) para satisfacer las necesidades de la carga de consumo de salida. La red de conmutación es fácilmente cambiada para proporcionar la necesaria capacidad de dirección cuando cambian las necesidades de la carga de consumo de salida.

El documento US6323623 B1 se refiere a un dispositivo cargador para almacenar energía eléctrica en una pluralidad de condensadores eléctricos de doble capa, que comprende un circuito de fuente de alimentación, un banco de condensadores, un circuito de control para conmutar un estado de interconexión de los condensadores que integran el banco, y un circuito de vigilancia de tensión para vigilar una tensión con carga en los condensadores, que lleva a cabo repetitivamente un paso de realizar una operación de carga mediante conmutación de los condensadores en el banco de condensadores a un estado de conexión en serie, y un paso de vigilar una tensión con carga usando un circuito de vigilancia de tensión mediante conmutación de los condensadores a un estado de conexión en paralelo hasta que la tensión con carga alcanza un valor predeterminado.

Finalmente, el documento US5656915 A se centra en una unidad de distribución de energía para paquetes de baterías multiceldas conectadas en serie, que usa una plataforma de hardware común tanto para el proceso de carga como para proporcionar energía a una carga de consumo externa. Bajo el control de circuitería de microcontrolador, son seleccionados grupos de celdas conectadas en serie de diversos tamaños y priorizados para la conexión a un bus de energía común a velocidades de tiempo real. La unidad de distribución de energía usa estos grupos para el mantenimiento del equilibrio entre celdas con características diversas, para la adaptación a diversas fuentes de carga y para la generación de una tensión de salida regulada durante la descarga.

Un método para resolver los problemas anteriores es usar condensadores EDLC cuyos errores de capacitancia son pequeños. Sin embargo, no es práctico seleccionar condensadores EDLC con una capacitancia similar y construir un sistema, debido a que esto lleva a una pérdida de tiempo en la medida de capacitancia y a un incremento en el coste. Particularmente, lleva un tiempo considerable medir de forma precisa las capacitancias de condensadores EDLC de gran capacitancia a usar para construir un sistema de almacenamiento de energía eléctrica con una gran capacitancia.

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención ha sido desarrollada en el contexto de las circunstancias anteriormente mencionadas, y tiene como objeto proporcionar un sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa un condensador difícilmente afectado por el error de capacitancia del condensador y que tiene una eficiencia elevada de carga/descarga, y un método para ello.

Como resulta de un estudio exhaustivo para conseguir el objeto anterior, la invención ha obtenido el siguiente conocimiento. Específicamente, uno de los grandes problemas para el "sistema de conmutación de bancos convencional" es que, por ejemplo, en un proceso de carga, los condensadores EDLC dentro de un bloque con condensadores EDLC que han sido conmutados a una conexión en paralelo no pueden ser devueltos a una conexión en serie hasta que el proceso de carga se ha completado, y el estado en paralelo debe mantenerse hasta que todos los condensadores EDLC alcanzan un estado de carga plena. También, en un proceso de descarga, los condensadores EDLC dentro de un bloque con condensadores EDLC que han sido conmutados a una conexión en serie no pueden ser devueltos a una conexión en paralelo hasta que la descarga se ha completado, y el estado en serie debe mantenerse hasta que todos los condensadores EDLC se han descargado. Además, hay también un problema relativo a que la conmutación serie-paralelo de cada bloque en proceso de carga se realiza sólo cuando la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica llega a la tensión máxima de entrada del inversor, y la conmutación serie-paralelo de cada bloque en un proceso de descarga se realiza sólo cuando la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica llega a la tensión mínima de entrada del inversor.

El presente inventor ha descubierto que, debido a estos motivos, el patrón de carga/descarga de tensión inter-terminales de condensador EDLC de cada bloque fluctúa, incrementando con ello la pérdida por igualación de tensiones y afectando significativamente a las características de carga/descarga. Específicamente, en un proceso de

carga, si los condensadores de cada bloque pueden ser conmutados a una conexión en paralelo en el orden de mayor tensión de bloque (cuando los condensadores EDLC dentro de un bloque de circuito están conectados en serie, la tensión total V_b de cada tensión inter-terminales de condensador EDLC es denominada “tensión de bloque”; cuando los condensadores EDLC dentro de un bloque de circuito están conectados en paralelo, la tensión media V_b de cada tensión inter-terminales de condensador EDLC es denominada “tensión de bloque”) y los condensadores EDLC de un bloque de baja tensión de bloque con condensadores EDLC que han sido conmutados a una conexión en paralelo pueden ser devueltos a una conexión en serie, entonces el proceso de carga puede ser realizado más rápidamente y puede reducirse también la pérdida por igualación de tensiones. También, en un proceso de descarga, si los condensadores de cada bloque pueden ser conmutados a una conexión en serie en el orden de mayor tensión de bloque y los condensadores EDLC de un bloque de baja tensión de bloque con condensadores EDLC que han sido conmutados a una conexión en serie pueden ser devueltos a una conexión en paralelo, entonces la descarga puede ser realizada durante un periodo de tiempo más largo y puede mejorarse la profundidad de descarga. De acuerdo con ello, será propuesto posteriormente un “nuevo sistema de conmutación de bancos” en el que una variación en la tensión inter-terminales de todos los condensadores que constituyen un sistema de almacenamiento de energía eléctrica es reducida mediante la preparación de una mayor diversidad de patrones de conexión y la selección de un patrón de conexión óptimo entre ellos. En lo que sigue, el “sistema de conmutación de bancos convencional” es denominado de acuerdo con ello “sistema convencional”; el “nuevo sistema de conmutación de bancos” de la invención es denominado de acuerdo con ello “sistema presente”.

La presente invención sobre la base de dicho conocimiento tiene la configuración definida por el sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa condensadores y un método de control correspondiente de acuerdo con, respectivamente, las reivindicaciones independientes 1 y 7. Configuraciones alternativas están definidas en las reivindicaciones dependientes.

La expresión “al comienzo del proceso de carga del medio de almacenamiento de energía” usada en la presente memoria descriptiva designa un punto en el tiempo en el que hay una acumulación escasa de cargas en cada condensador dentro del medio de almacenamiento de energía. Sin embargo, la expresión también designa un punto en el tiempo en el que no hay ninguna acumulación de cargas en cada condensador dentro del medio de almacenamiento de energía, o un punto en el tiempo en el que hay una acumulación de cargas en cada condensador dentro del medio de almacenamiento de energía sólo hasta el punto en que no se alcanza la tensión de entrada mínima del medio de conversión de corriente continua-corriente alterna (CC-CA). La expresión “al comienzo del proceso de descarga del medio de almacenamiento de energía” usada en la presente memoria descriptiva designa un punto en el tiempo en el que todos los condensadores dentro del medio de almacenamiento de energía están cargados aproximadamente a capacidad completa. Sin embargo, la expresión también designa un punto en el tiempo en el que todos los condensadores dentro del medio de almacenamiento de energía están cargados a capacidad completa, o un punto en el tiempo en el que hay una acumulación de cargas en cada condensador dentro del medio de almacenamiento de energía hasta el punto en que se excede la tensión de entrada mínima del medio de conversión CC-CA cuando los condensadores de todos los bloques de circuito están conectados en paralelo.

La operación y el efecto del sistema de almacenamiento de energía eléctrica de acuerdo con la presente invención son como sigue.

Cuando el medio de almacenamiento de energía es cargado, primeramente una pluralidad de condensadores de cada bloque de circuito del medio de almacenamiento de energía son conmutados a una conexión en serie al comienzo del proceso de carga del medio de almacenamiento de energía (el primer proceso). Subsiguientemente, cuando la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza la tensión de entrada máxima del medio de conversión CC-CA, una pluralidad de condensadores de un número j (j es el número de veces que una tensión de entrada del medio de conversión CC-CA alcanza la tensión de entrada máxima durante un proceso de carga, y es un número natural hasta n) de bloques de circuito son conmutados a una conexión en paralelo en el orden de mayor tensión de bloque determinada por el medio de determinación de tensión de bloque (el segundo proceso). También hasta el momento en que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza nuevamente la tensión de entrada máxima del medio de conversión CC-CA, una pluralidad de condensadores de un número j de bloques de circuito son conmutados a una conexión en paralelo en el orden de mayor tensión de bloque determinada por el medio de determinación de tensión de bloque (tercer proceso).

De acuerdo con ello, en un proceso de carga, tras cambiar una pluralidad de condensadores de cada bloque de circuito del medio de almacenamiento de energía a una conexión en serie, se inicia el proceso de carga del medio de almacenamiento de energía. Entonces, cuando la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza la tensión de entrada máxima del medio de conversión CC-CA, los condensadores de un bloque de circuito con la tensión de bloque más alta entre la pluralidad de bloques de circuito, es decir, los condensadores de un bloque de circuito con una capacitancia total pequeña son conmutados a una conexión en paralelo, con lo que la pérdida por igualación de tensiones en este mismo bloque de circuito puede ser reducida, y al mismo tiempo los condensadores de un bloque de circuito con una capacitancia total grande se mantienen conectados en serie, con lo que el proceso de carga de este mismo bloque de circuito puede tener prioridad y puede mejorarse la eficiencia del

proceso de carga. También, en el momento de conmutación subsiguiente, es decir en el momento en el que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza nuevamente la tensión de entrada máxima del medio de conversión CC-CA, los condensadores de un número j de bloques de circuito son conmutados a una conexión en paralelo en el orden de máxima tensión de bloque, incluyendo devolver a una conexión en paralelo los condensadores de un bloque de circuito en el que los condensadores están conectados en serie en ese momento. También hasta el momento en que se alcanza el momento subsiguiente de conmutación, es decir hasta el momento en que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza nuevamente la tensión de entrada máxima del medio de conversión CC-CA, los condensadores de un número j de bloques de circuito son conmutados similarmente a una conexión en paralelo en el orden de máxima tensión de bloque, con lo que la pérdida por igualación de tensiones puede ser reducida y al mismo tiempo los condensadores de un bloque de circuito con una capacitancia total grande se mantienen conectados en serie, con lo que el proceso de carga de este mismo bloque de circuito puede tener prioridad y puede mejorarse la eficiencia del proceso de carga.

Específicamente, en un proceso de carga pueden realizarse muchos patrones serie-paralelo de condensadores con respecto a una pluralidad de bloques de circuito. Además, un patrón serie-paralelo óptimo puede ser seleccionado entre los muchos patrones serie-paralelo de condensadores. En el momento de conmutación subsiguiente, se hace una selección de un patrón serie-paralelo óptimo para realizar la conmutación, incluyendo devolver a una conexión en paralelo los condensadores de un bloque de circuito en el que los condensadores están conectados en serie en ese momento. Además, también hasta el momento en que se alcanza un momento de conmutación subsiguiente, es decir hasta el momento en que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza nuevamente la tensión de entrada máxima del medio de conversión CC-CA, se hace una selección de un patrón serie-paralelo óptimo para realizar la conmutación, incluyendo devolver a una conexión en paralelo los condensadores de un bloque de circuito en el que los condensadores están conectados en serie en ese momento.

Cuando el medio de almacenamiento de energía es descargado, primeramente una pluralidad de condensadores de cada bloque de circuito del medio de almacenamiento de energía son conmutados a una conexión en paralelo al comienzo del proceso de descarga del medio de almacenamiento de energía (el cuarto proceso). Subsiguientemente, cuando la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza la tensión de entrada mínima del medio de conversión CC-CA, una pluralidad de condensadores de un número k (k es el número de veces que una tensión de entrada del medio de conversión CC-CA alcanza la tensión de entrada mínima durante un proceso de carga, y es un número natural hasta n) de bloques de circuito son conmutados a una conexión en serie en el orden de mayor tensión de bloque determinada por el medio de determinación de tensión de bloque (el quinto proceso). También hasta el momento en el que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza nuevamente la tensión de entrada mínima del medio de conversión CC-CA, una pluralidad de condensadores de un número k de bloques de circuito son conmutados a una conexión en serie con el objetivo de una mayor tensión de bloque determinada por el medio de determinación de tensión de bloque (el sexto proceso).

De acuerdo con ello, en un proceso de descarga, tras cambiar una pluralidad de condensadores de cada bloque de circuito del medio de almacenamiento de energía a una conexión en paralelo, es iniciada la descarga del medio de almacenamiento de energía. Entonces, cuando la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza la tensión de entrada mínima del medio de conversión CC-CA, en el orden de máxima tensión de bloque entre la pluralidad de bloques de circuito, los condensadores del bloque de circuito son conmutados a una conexión en serie, es decir los condensadores de un bloque de circuito con una capacitancia total grande son conmutados a una conexión en serie. También, en el momento de conmutación subsiguiente, es decir en el momento en el que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza nuevamente la tensión de salida mínima del medio de conversión CC-CA, los condensadores de un número k de bloques de circuito son conmutados a una conexión en serie en el orden de máxima tensión de bloque, incluyendo devolver a una conexión en paralelo los condensadores de un bloque de circuito en el que los condensadores están conectados en serie en ese momento. También hasta el momento en que se alcanza un momento de conmutación subsiguiente, es decir hasta el momento en que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza nuevamente la tensión de entrada mínima del medio de conversión CC-CA, los condensadores de un número k de bloques de circuito son conmutados similarmente a una conexión en serie en el orden de máxima tensión de bloque, con lo que las cargas de cada bloque de circuito pueden ser descargadas uniformemente y puede mejorarse la profundidad de descarga. Específicamente, en un proceso de descarga pueden realizarse muchos patrones serie-paralelo de condensadores con respecto a una pluralidad de bloques de circuito. Además, puede hacerse un cambio a un patrón serie-paralelo óptimo seleccionado entre los muchos patrones serie-paralelo de condensadores. En el momento de conmutación subsiguiente, se hace una selección de un patrón serie-paralelo óptimo para realizar la conmutación, incluyendo devolver a una conexión en paralelo los condensadores de un bloque de circuito en el que los condensadores están conectados en serie en ese momento.

Consecuentemente, es posible proporcionar un sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa un condensador difícilmente afectado por el error de capacitancia del condensador y que tiene una eficiencia elevada de carga/descarga.

Incluso cuando en vez del medio de conversión CC-CA anteriormente descrito del sistema de almacenamiento de energía eléctrica se emplea un medio de conversión CC-CC para convertir una tensión de salida CC del medio de almacenamiento de energía a una tensión de salida CC predeterminada y suministrar la tensión resultante a una carga de consumo, se obtienen una operación y efecto similares a los anteriores.

5 La expresión “al comienzo del proceso de carga del medio de almacenamiento de energía” usada en la presente memoria descriptiva designa un punto en el tiempo en el que hay una acumulación escasa de cargas en cada condensador dentro del medio de almacenamiento de energía. Sin embargo, la expresión también designa un punto en el tiempo en el que no hay ninguna acumulación de cargas en cada condensador dentro del medio de almacenamiento de energía, o un punto en el tiempo en el que hay una acumulación de cargas en cada condensador dentro del medio de almacenamiento de energía sólo hasta el punto en que no se alcanza la tensión de entrada mínima del medio de conversión CC-CC. La expresión “al comienzo del proceso de descarga del medio de almacenamiento de energía” usada en la presente memoria descriptiva designa un punto en el tiempo en el que todos los condensadores dentro del medio de almacenamiento de energía están cargados aproximadamente a capacidad completa. Sin embargo, la expresión también designa un punto en el tiempo en el que todos los condensadores dentro del medio de almacenamiento de energía están cargados a capacidad completa, o un punto en el tiempo en el que hay una acumulación de cargas en cada condensador dentro del medio de almacenamiento de energía hasta el punto en que se excede la tensión de entrada mínima del medio de conversión CC-CC cuando los condensadores de todos los bloques de circuito están conectados en paralelo.

20 Además, el medio de control puede realizar el tercer proceso y el sexto proceso cada vez que pasa un intervalo predeterminado. En este caso, cada vez que pasa el intervalo de tiempo, es seleccionado un patrón serie-paralelo óptimo para realizar la conmutación. De acuerdo con ello puede mejorarse la eficiencia de carga/descarga hasta el momento en que se alcanza un momento de conmutación subsiguiente.

25 Además, el medio de control selecciona el control del proceso de carga o el control del proceso de descarga del medio de almacenamiento de energía sobre la base de una comparación entre una intensidad de corriente de entrada al medio de almacenamiento de energía y una intensidad de corriente de salida del medio de almacenamiento de energía. De acuerdo con ello, incluso cuando los procesos de carga y de descarga son repetidos aleatoriamente, es posible proporcionar un sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa un condensador difícilmente afectado por el error de capacitancia del condensador y que tiene una eficiencia elevada de carga/descarga.

30 Adicionalmente se proporcionan conmutadores para seleccionar conducción o no conducción entre cada dos bloques de circuito del medio de almacenamiento de energía, y el medio de control desactiva un conmutador entre los conmutadores que están situados entre los bloques de circuito en los que los condensadores están conectados en paralelo. De acuerdo con ello puede reducirse el tiempo del proceso de carga y puede mejorarse la eficiencia del proceso de carga.

35 Además, con el fin de igualar la tensión inter-terminales de los condensadores de cada bloque tanto como sea posible, el medio de control realiza un séptimo proceso, cuando el medio de almacenamiento de energía es cargado o descargado, de establecer una tensión inter-terminales mínima entre las tensiones inter-terminales de los condensadores de un bloque detectadas por el medio de detección de tensión inter-terminales como valor de referencia, y de controlar el medio de prevención de sobrecarga de modo que un condensador con una tensión inter-terminales que excede un valor de la tensión inter-terminales mínima sumado a una tolerancia entre los condensadores del bloque de circuito es descargado de forma forzada. De acuerdo con ello, una variación en la tensión inter-terminales de cada condensador puede ser corregida para que caiga en un rango permisible (un rango fijo), con lo que es posible evitar que el conmutador sea roto por una corriente de flujo lateral asociada a la conmutación serie-paralelo.

45 También, el medio de control realiza el séptimo proceso cada vez que pasa un intervalo predeterminado. De acuerdo con ello, una variación en la tensión inter-terminales de cada condensador puede ser vigilada para cada intervalo de tiempo predeterminado y la tensión inter-terminales de cada condensador puede ser corregida por el medio de prevención de sobrecarga para que caiga en un rango permisible (un rango fijo) en todo momento, con lo que es posible evitar que el conmutador sea roto por una corriente de flujo lateral asociada a una conmutación serie-paralelo. También, corrigiendo la tensión inter-terminales todas las veces antes de que se produzca una gran variación de ella, puede suprimirse la pérdida por igualación de tensiones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- La figura 1 es un diagrama de circuito que muestra una conmutación de bancos convencional;
- la figura 2 es un diagrama de circuito para explicar la corriente de flujo lateral;
- 55 la figura 3 es un diagrama de configuración de un circuito de igualación de tensiones convencional;

- la figura 4 es una vista que muestra un resultado de simulación del cambio temporal del proceso de carga y descarga con respecto a cada condensador convencional;
- la figura 5 es una vista que muestra un resultado de simulación del cambio temporal del proceso de carga y descarga con respecto a la tensión de salida de un sistema de almacenamiento de energía eléctrica convencional;
- la figura 6 es un diagrama de bloques que muestra una realización de un sistema de almacenamiento de energía eléctrica de acuerdo con la presente invención;
- la figura 7 es un diagrama de circuito que muestra una configuración de un grupo de condensadores y un circuito de conmutación serie-paralelo de acuerdo con una realización 1;
- 10 la figura 8 es un diagrama de circuito de un grupo de circuitos de igualación de tensiones;
- la figura 9 es una vista que muestra un ejemplo del sistema de almacenamiento de energía eléctrica con los grupos de condensadores pertenecientes a tres bloques de circuito de acuerdo con la realización 1;
- 15 la figura 10 es una vista para explicar un patrón de conexión en el que sólo los condensadores EDLC pertenecientes a un bloque de circuito están conectados en serie;
- la figura 11 es una vista para explicar un patrón de conexión en el que sólo los condensadores EDLC pertenecientes a un bloque de circuito están conectados en paralelo;
- la figura 12 es una vista para explicar un patrón de conexión en el que los condensadores EDLC pertenecientes a todos los bloques de circuito están conectados en serie;
- 20 la figura 13A es una vista para explicar la tensión de bloque cuando los condensadores EDLC dentro de un bloque de circuito están conectados en serie, y
- la figura 13B es una vista para explicar la tensión de bloque cuando los condensadores EDLC dentro de un bloque de circuito están conectados en paralelo;
- 25 las figuras 14A a 14C son vistas que muestran un ejemplo de un patrón de conexión en el que están conectadas n etapas de bloques de circuito;
- la figura 15 es un diagrama de flujo de carga de conmutación serie-paralelo al producirse el proceso de carga;
- la figura 16 es un diagrama de flujo de carga de conmutación serie-paralelo al producirse el proceso de descarga;
- 30 la figura 17 es un diagrama de flujo de carga de conmutación serie-paralelo cuando los procesos de carga y descarga son repetidos aleatoriamente;
- la figura 18 es un gráfico característico que muestra el cambio temporal de la tensión inter-terminales de cada uno de los doce condensadores de acuerdo con la realización 1;
- 35 la figura 19 es un gráfico característico que muestra el cambio temporal de la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica de acuerdo con la realización 1; y
- las figuras 20A y 20B son vistas para explicar la diferencia entre cuando se proporciona un conmutador entre bloques de circuito y cuando no se proporciona un conmutador entre bloques de circuito.

MEJOR MODO PARA LLEVAR A CABO LA INVENCION

- 40 En el sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa un condensador, cuando el medio de almacenamiento de energía es cargado, el medio de control realiza un primer proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo de modo que la pluralidad de condensadores de cada bloque de circuito del medio de almacenamiento de energía son conectados en serie al comienzo del proceso de carga del medio de almacenamiento de energía; un segundo proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo, cuando la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza una tensión de entrada máxima del medio de conversión CC-CA, de modo que la conexión de la pluralidad de condensadores de cada uno de j bloques de circuito en el orden descendente de tensiones de bloque determinadas por el medio de determinación de tensión de bloque es conmutada a la conexión en paralelo, en que j es un número natural hasta n que indica el número de veces que una tensión de entrada alcanza la tensión de entrada máxima durante un proceso de carga; y un tercer proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo, hasta que la tensión de salida del medio de almacenamiento de

energía alcanza la tensión de entrada máxima del medio de conversión CC-CA, de modo que la conexión de la pluralidad de condensadores de cada uno de j bloques de circuito en el orden descendente de tensiones de bloque determinadas por el medio de determinación de tensión de bloque es conmutada a la conexión en paralelo, y cuando el medio de almacenamiento de energía está siendo descargado, el medio de control realiza: un cuarto proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo de modo que la pluralidad de condensadores de cada bloque de circuito del medio de almacenamiento de energía son conectados en paralelo al comienzo del proceso de descarga del medio de almacenamiento de energía; un quinto proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo, cuando la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza una tensión de entrada mínima del medio de conversión CC-CA, de modo que la conexión de la pluralidad de condensadores de cada uno de k bloques de circuito en el orden descendente de tensiones de bloque determinadas por el medio de determinación de tensión de bloque es conmutada a la conexión en serie, en que k es un número natural hasta n que indica el número de veces que una tensión de entrada alcanza la tensión de entrada mínima durante un proceso de descarga; y un sexto proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo, hasta que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza la tensión de entrada mínima del medio de conversión CC-CA, de modo que la conexión de la pluralidad de condensadores de cada uno de k bloques de circuito en el orden descendente de tensiones de bloque determinadas por el medio de determinación de tensión de bloque es conmutada a la conexión en serie. Mediante esto se consigue el objeto de proporcionar un sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa un condensador difícilmente afectado por el error de capacitancia del condensador y que tiene una eficiencia elevada de carga/descarga.

20 Realización 1

Serán descritas a continuación realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos. La figura 6 es un diagrama de bloques que muestra una realización de un sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa un condensador (un condensador eléctrico de doble capa, por ejemplo) de acuerdo con la presente invención.

25 El sistema de almacenamiento de energía eléctrica de la presente realización incluye un cuerpo 10 de sistema de almacenamiento de energía eléctrica. El cuerpo 10 de sistema de almacenamiento de energía eléctrica acumula energía eléctrica de CC suministrada desde una fuente de alimentación de CC 11, convierte la energía eléctrica acumulada en energía eléctrica de CA, y suministra la energía eléctrica de CA a una carga de consumo 12.

La fuente de alimentación de CC 11 es un dispositivo externo que está constituido por ejemplo por una célula solar, un generador de energía eólica, un grupo electrógeno o similar.

30 El cuerpo 10 de sistema de almacenamiento de energía eléctrica está dividido a grandes rasgos en una unidad de almacenamiento de energía 10A y en un inversor eléctrico 10B que convierte la energía eléctrica de CC acumulada en la unidad de almacenamiento de energía 10A en energía eléctrica de CA.

35 Primeramente será descrita la unidad de almacenamiento de energía 10A. La unidad de almacenamiento de energía 10A incluye: un grupo de condensadores 13 con una configuración de circuito que tiene conectados en serie un número n (en que n es un número natural igual a o mayor que dos) de bloques de circuito cada uno de los cuales tiene una pluralidad de condensadores eléctricos de doble capa (EDLC) como condensador; un grupo de circuitos de igualación de tensiones 14 (también denominados circuitos de vigilancia en paralelo) conectados al grupo de condensadores 13; un circuito de conmutación serie-paralelo 15 que conmuta el estado de dos condensadores entre conexión en paralelo y conexión en serie para cada bloque de circuito del grupo de condensadores 13; un circuito de detección de tensión inter-terminales de condensador 16 que detecta una tensión inter-terminales de cada condensador EDLC del grupo de condensadores 13; y un circuito de control 17 que detecta una tensión de salida del grupo de condensadores 13 y controla el circuito de conmutación serie-paralelo 15 de acuerdo con el valor de tensión detectado.

45 El grupo de condensadores 13 será descrito con referencia a la figura 7. La figura 7 es un diagrama de circuito que muestra una configuración del grupo de condensadores 13 y del circuito de conmutación serie-paralelo 15. Particularmente, la figura 7A muestra un estado en el que los condensadores EDLC de todos los bloques de circuito están conectados en paralelo. La figura 7B muestra un estado en el que los condensadores EDLC del bloque de circuito de primera etapa están conectados en serie y los condensadores EDLC de los otros bloques de circuito están conectados en paralelo. La figura 7C muestra un estado en el que los condensadores EDLC de los bloques de circuito de primera etapa y de segunda etapa están conectados en serie y los condensadores EDLC de los otros bloques de circuito están conectados en paralelo. La figura 7D muestra un estado en el que los condensadores EDLC de todos los bloques de circuito están conectados en serie.

55 Como se muestra en la figura 7, el grupo de condensadores 13 tiene una configuración de circuito con un número n (en que n es un número natural igual a o mayor que dos) de bloques de circuito conectados en serie, cada uno de los cuales incluye dos condensadores EDLC, por ejemplo con una capacitancia de 3000 [F] y una tensión soportable de 2,3 [V]. El grupo de condensadores 13 corresponde al medio de almacenamiento de energía en la presente invención.

El circuito de conmutación serie-paralelo 15 incluye un conmutador 24 para conmutar el estado de los dos condensadores de cada bloque de circuito del grupo de condensadores 13 entre conexión en paralelo y conexión en serie. El circuito de conmutación serie-paralelo 15 corresponde al medio de conmutación serie-paralelo en la presente invención.

- 5 El circuito de detección de tensión inter-terminales de condensador 16 sirve para detectar una tensión inter-terminales de cada condensador EDLC del grupo de condensadores 13 mostrado en la figura 7. El circuito de detección de tensión inter-terminales de condensador 16 corresponde al medio de detección de tensión inter-terminales en la presente invención.

- 10 Como se muestra en la figura 6, el circuito de control 17 incluye una sección de determinación de tensión de bloque 19 que determina para cada bloque de circuito una tensión de bloque, que es una tensión del bloque de circuito del grupo de condensadores 13 basada en la tensión inter-terminales de cada condensador EDLC del grupo de condensadores 13 detectada por el circuito de detección de tensión inter-terminales de condensador 16. La sección de determinación de tensión de bloque 19 corresponde al medio de determinación de tensión de bloque en la presente invención.

- 15 Cuando el grupo de condensadores 13 es cargado, el circuito de control 17 realiza: un primer proceso de controlar el circuito de conmutación serie-paralelo 15 para conmutar la conexión de los dos condensadores EDLC de cada bloque de circuito del grupo de condensadores 13 a una conexión en serie al comienzo del proceso de carga del grupo de condensadores 13; un segundo proceso de controlar el circuito de conmutación serie-paralelo 15 para conmutar la conexión de los dos condensadores EDLC de j bloques de circuito (en que j es un número natural hasta
20 n que indica el número de veces que una tensión de entrada alcanza la tensión de entrada máxima durante un proceso de carga) a una conexión en paralelo en el orden de mayor tensión de bloque determinada por la sección de determinación de tensión de bloque 19 en el momento en que la tensión de salida del grupo de condensadores 13 alcanza la máxima tensión de entrada de un inversor CC-CA 18; y un tercer proceso de controlar el circuito de conmutación serie-paralelo 15 para conmutar la conexión de los dos condensadores EDLC de un número j de
25 bloques de circuito a una conexión en paralelo en el orden de mayor tensión de bloque determinada por la sección de determinación de tensión de bloque 19, también hasta el momento en que la tensión de salida del grupo de condensadores 13 alcanza nuevamente la tensión de entrada máxima del inversor CC-CA 18.

- La expresión “al comienzo del proceso de carga del grupo de condensadores 13” designa un punto en el tiempo en el que hay una acumulación escasa de cargas en cada condensador EDLC dentro del grupo de condensadores 13.
30 Sin embargo, la expresión también designa un punto en el tiempo en el que no hay ninguna acumulación de cargas en cada condensador EDLC dentro del grupo de condensadores 13, o un punto en el tiempo en el que hay una acumulación de cargas en cada condensador EDLC dentro del grupo de condensadores 13 sólo hasta el punto en que no se alcanza la tensión de entrada mínima del inversor CC-CA 18.

- Además, cuando el grupo de condensadores 13 es descargado, el circuito de control 17 realiza: un cuarto proceso
35 de controlar el circuito de conmutación serie-paralelo 15 para conmutar la conexión de los dos condensadores EDLC de cada bloque de circuito del grupo de condensadores 13 a una conexión en paralelo al comienzo del proceso de descarga del grupo de condensadores 13; un quinto proceso de controlar el circuito de conmutación serie-paralelo 15 para conmutar la conexión de los dos condensadores EDLC de k bloques de circuito (en que k es un número natural hasta n que indica el número de veces que una tensión de entrada alcanza la tensión de entrada mínima
40 durante un proceso de descarga n) a una conexión en serie en el orden de mayor tensión de bloque determinada por la sección de determinación de tensión de bloque 19 en el momento en el que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza la tensión de entrada mínima del inversor CC-CA 18; y un sexto proceso de controlar el circuito de conmutación serie-paralelo 15 para conmutar la conexión de los dos condensadores EDLC de un número k de bloques de circuito a una conexión en serie en el orden de mayor tensión de bloque determinada por
45 la sección de determinación de tensión de bloque 19, también hasta el momento en el que la tensión de salida del grupo de condensadores 13 alcanza nuevamente la tensión de entrada mínima del inversor CC-CA 18.

- La expresión “al comienzo del proceso de descarga del grupo de condensadores 13” designa un punto en el tiempo en el que todos los condensadores EDLC dentro del grupo de condensadores 13 están cargados aproximadamente a capacidad completa. Sin embargo, la expresión también designa un punto en el tiempo en el que todos los
50 condensadores EDLC dentro del grupo de condensadores 13 están cargados a capacidad completa, o un punto en el tiempo en el que hay una acumulación de cargas en cada condensador EDLC dentro del grupo de condensadores 13 hasta el punto en que se excede la tensión de entrada mínima del inversor CC-CA 18 cuando los condensadores EDLC de todos los bloques de circuito están conectados en paralelo.

- El circuito de control 17 realiza los procesos tercero y sexto anteriormente descritos cada vez que pasa un intervalo
55 de tiempo predeterminado (5 segundos, por ejemplo). El intervalo de tiempo puede ser un tiempo predeterminado distinto a 5 segundos. También, el intervalo de tiempo es preferiblemente ajustado a un valor predeterminado en función de la capacitancia del condensador (EDLC).

- También, con el fin de igualar la tensión inter-terminales de condensador de cada bloque de circuito, cuando el grupo de condensadores 13 es cargado/descargado, el circuito de control 17 realiza un séptimo proceso de establecer como valor de referencia la tensión inter-terminales de condensador EDLC más baja entre las tensiones inter-terminales de los condensadores EDLC de cada bloque de circuito detectadas por el circuito de detección de
- 5 tensión inter-terminales de condensador 16, y controlar el grupo de circuitos de igualación de tensiones 14 para provocar como respuesta que la tensión inter-terminales de los otros condensadores EDLC dentro de este mismo bloque de circuito excedan un valor de tensión obtenido sumando un valor permitido al valor de tensión inter-terminales mínimo, en que el condensador EDLC que tiene este mismo valor de tensión debe ser descargado de forma forzada.
- 10 El circuito de control 17 realiza el séptimo proceso descrito anteriormente cada vez que pasa un intervalo de tiempo predeterminado (5 segundos, por ejemplo). El intervalo de tiempo puede ser un tiempo predeterminado distinto a 5 segundos. También, el intervalo de tiempo es preferiblemente ajustado a un valor predeterminado en función de la capacitancia del condensador (EDLC). El circuito de control 17 corresponde al medio de control en la presente invención.
- 15 Como se muestra en la figura 7, entre cada bloque de circuito del grupo de condensadores 13, se proporcionan conmutadores 23 para seleccionar conducción o no conducción. El circuito de control 17 desactiva el conmutador situado entre los bloques de circuito con condensadores EDLC conectados en paralelo, seleccionados entre los conmutadores 23.
- Como se muestra en la figura 8, el grupo de circuitos de igualación de tensiones (circuitos de vigilancia en paralelo)
- 20 14 está constituido por una pluralidad de circuitos de igualación de tensiones 14A, 14B, ... conectado cada uno en paralelo a cada condensador eléctrico de doble capa (EDLC) C1, C2, ... que constituye el grupo de condensadores 13. Cada uno de los circuitos de igualación de tensiones 14A, 14B, ... tiene la misma configuración. Por consiguiente, el circuito de igualación de tensiones será descrito a continuación tomando como ejemplo el circuito de igualación de tensiones 14A.
- 25 El circuito de igualación de tensiones 14A está constituido por una vía de descarga para puentear ambos terminales de un condensador C1, teniendo conectados en serie un resistor 20 y un transistor de efecto de campo (FET, del inglés "Field-Effect Transistor") 21, y un circuito de control de descarga 22 que controla la apertura y el cierre de la vía de descarga. El circuito de control de descarga 22 vigila la tensión de terminales del condensador C1, y en respuesta a que la tensión de terminales exceda una tensión predeterminada (la tensión soportable del condensador
- 30 eléctrico de doble capa), suministra una señal de control al transistor FET 21 para cambiarlo a un estado de conducción, con lo que la vía de descarga es cambiada a un estado cerrado para provocar que el condensador C1 sea descargado de forma forzada. Cada uno de los circuitos de igualación de tensiones 14A, 14B, ... evita que los correspondientes condensadores eléctricos de doble capa C1, C2, ... se sobrecarguen. Cada uno de los circuitos de igualación de tensiones 14A, 14B, ... corresponde al medio de prevención de sobrecarga en la presente invención.
- 35 El circuito de control 17 puede realizar la función del circuito de control de descarga 22. Específicamente, cuando la tensión de terminales del condensador C1 detectada por el circuito de detección de tensión inter-terminales de condensador 16 excede una tensión predeterminada (la tensión soportable del condensador eléctrico de doble capa), el circuito de control 17 suministra una señal de control al transistor FET 21 para cambiarlo a un estado de
- 40 conducción, con lo que la vía de descarga es cambiada a un estado cerrado para provocar que el condensador C1 sea descargado de forma forzada.
- También será descrita la función de los circuitos de igualación de tensiones 14A, 14B, ... en el momento de una operación de carga. Se observa que hay realmente una variación en capacitancia incluso entre condensadores EDLC que tienen la misma capacitancia nominal, y de este modo el tiempo de carga difiere de EDLC a EDLC. De acuerdo con ello, puede haber un caso en que incluso cuando un condensador EDLC está cargado a capacidad
- 45 completa, los otros condensadores EDLC no están cargados a capacidad completa. De este modo, como se ha descrito anteriormente, cuando se proporciona un circuito de igualación de tensiones para todos los condensadores EDLC, todos los condensadores EDLC pueden ser cargados a capacidad completa sin completar el proceso de carga de todos los condensadores EDLC en el momento en que un condensador EDLC está cargado a capacidad completa.
- 50 La configuración del inversor eléctrico 10B será descrita ahora. Como se muestra en la figura 6, el inversor eléctrico 10B incluye el inversor de corriente continua a corriente alterna (CC-CA) 18. El inversor CC-CA 18 convierte una tensión de entrada de CC en una tensión de salida de CA y la suministra a la carga de consumo 12. El inversor CC-CA 18 corresponde al medio de conversión CC-CA en la presente invención.
- Con el fin de simplificar la siguiente descripción, se toma como ejemplo un sistema de almacenamiento de energía
- 55 eléctrica que incluye el grupo de condensadores 13 constituido por tres bloques de circuito (algunas veces denominados "tres bloques" de forma breve) como se muestra en la figura 9A. Específicamente, se hará una descripción tomando como ejemplo una configuración en la que cada conmutador 24 del grupo de condensadores

13 y el circuito de conmutación serie-paralelo 15 constituyen tres bloques de circuito. En la siguiente descripción se ilustran sólo los conmutadores 23 y 24 que están en un estado cerrado, y por lo tanto la figura 9A es representada como la figura 9B.

5 En el caso de la configuración de circuito de la figura 9A, un patrón que tiene conectados en serie los condensadores EDLC de sólo un bloque de circuito y que tiene conectados en paralelo los condensadores EDLC de los dos bloques de circuito incluye tres patrones de conexión como se muestra en la figura 10.

10 También, como se muestra en la figura 11, un patrón que tiene conectados en serie los condensadores EDLC de dos bloques de circuito y que tiene conectados en paralelo los condensadores EDLC de sólo un bloque de circuito incluye tres tipos. Además, si un patrón de conexión de la figura 12 que tiene conectados en serie todos los condensadores EDLC y el patrón anteriormente descrito de la figura 9 que tiene conectados en paralelo los condensadores EDLC de todos los bloques de circuito son agregados, hay ocho patrones de conexión ($= 2^3$) en total. En el dispositivo según la presente invención, puede hacerse un cambio a un patrón de conexión óptimo seleccionado entre los ocho tipos de patrones de conexión.

15 En la siguiente descripción, cuando los condensadores EDLC dentro de un bloque de circuito están conectados en serie como se muestra en la figura 13A, es denominada como "tensión de bloque" la tensión total V_b de las tensiones inter-terminales de cada condensador EDLC; cuando los condensadores EDLC dentro de un bloque de circuito están conectados en paralelo como se muestra en la figura 13B, es denominada como "tensión de bloque" la tensión media V_b entre las tensiones inter-terminales de cada condensador EDLC.

20 Cuando n etapas de bloques de circuito están conectadas como se ha descrito anteriormente, el número total de patrones de conexión de condensadores EDLC es 2^n ; al incrementarse el número de bloques de circuito, también se incrementa el número de patrones. Al incrementarse el número de patrones de conexión, se incrementa el número de opciones. Así, cuando un patrón de conexión óptimo es seleccionado entre muchos patrones de conexión, se hace posible conmutar los condensadores EDLC dentro de un bloque con condensadores EDLC conectados en paralelo de vuelta a una conexión en serie, y luego conmutar los condensadores EDLC dentro de los otros bloques
25 de circuito otra vez a una conexión en paralelo, con lo que puede minimizarse una variación en tensión inter-terminales de todos los condensadores (EDLC).

Se muestra en la figura 14 un patrón de conexión a modo de ejemplo en el que están conectadas n etapas de bloques de circuito. La figura 14A muestra un ejemplo en el que todos los condensadores EDLC están conectados en serie, la figura 14B muestra un ejemplo en el que sólo los condensadores EDLC de un bloque de circuito están
30 conectados en paralelo, y la figura 14C muestra un ejemplo en el que sólo los condensadores EDLC de dos bloques de circuito están conectados en paralelo.

De acuerdo con el sistema de circuito convencional mostrado en la figura 1, en un bloque con condensadores EDLC que son conmutados de conexión en serie a conexión en paralelo, por ejemplo, al producirse la carga, la tensión de bloque inmediatamente después del cambio puede hacerse extremadamente baja en comparación con el caso de
35 conexión en serie. Por el contrario, en un bloque con condensadores EDLC que son conmutados de conexión en paralelo a conexión en serie al producirse la descarga, la tensión de bloque inmediatamente después del cambio puede hacerse extremadamente alta en comparación con el caso de conexión en paralelo, incrementando así el rango de fluctuación de la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica.

40 Sin embargo, de acuerdo con el sistema presente, la tensión inter-terminales de cada condensador (EDLC) es vigilada por el circuito de detección de tensión inter-terminales de condensador 16 en un intervalo dado, y entre muchos patrones de conexión, un bloque de circuito con una tensión de bloque máxima es conmutado a una conexión en paralelo al producirse la carga, y un bloque de circuito con una tensión de bloque máxima es conmutado a una conexión en serie al producirse la descarga. Repitiendo esta operación, puede suprimirse una variación entre cada tensión de bloque, y puede minimizarse además una variación en tensión inter-terminales de
45 todos los condensadores (EDLC), con lo que puede suprimirse la pérdida por igualación de tensiones a través del grupo de circuitos de igualación de tensiones (circuitos de vigilancia en paralelo) 14.

El control de conmutación serie-paralelo de un bloque de circuito por parte del circuito de control 17 será descrito en más detalle.

[Control de conmutación serie-paralelo de un bloque de circuito]

50 De acuerdo con el sistema convencional, cuando la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica se acerca al límite inferior o al límite superior de un rango de tensión de entrada de un inversor, se realiza la conmutación serie-paralelo y por ejemplo, en un proceso de carga, un bloque que ha sido conmutado a una conexión en paralelo no es devuelto nunca a una conexión en serie. En contraste, de acuerdo con el presente sistema, en virtud de la provisión del circuito de control 17, pueden realizarse muchos patrones de conexión serie-
55 paralelo, y así puede realizarse una conmutación serie-paralelo óptima de los condensadores EDLC de los bloques de circuito. Específicamente, en un proceso de carga, los condensadores EDLC son conmutados a una conexión en

- paralelo en el orden de bloque de circuito con máxima tensión de bloque, y en el momento de conmutación subsiguiente, se hace una selección de un patrón de conexión óptimo (patrón serie-paralelo) para realizar la conmutación, incluyendo devolver a una conexión en paralelo los condensadores EDLC de un bloque de circuito en el que condensadores EDLC están conectados en serie en ese momento. Similarmente, al producirse la descarga,
- 5 los condensadores EDLC son conmutados a una conexión en serie en el orden de bloque de circuito con máxima tensión de bloque, y en el momento de conmutación subsiguiente, se hace una selección de un patrón de conexión óptimo para realizar la conmutación, incluyendo devolver a una conexión en paralelo los condensadores EDLC de un bloque de circuito en el que condensadores EDLC están conectados en serie en ese momento.
- Para dar una explicación con un poco más de detalle, en el presente sistema de almacenamiento de energía eléctrica, la tensión inter-terminales de todos los condensadores (EDLC) se mide a intervalos dados (5 segundos, por ejemplo) sobre la base de una instrucción procedente del circuito de control 17, con lo que se realiza una conmutación serie-paralelo óptima. En vez de establecer un intervalo, la tensión inter-terminales de todos los condensadores puede continuar siendo medida en todos los momentos.
- En el control de conmutación en un proceso de carga, por ejemplo, cuando la carga de todos los condensadores EDLC es "0", el proceso de carga es iniciado empezando con un patrón en el que todos los condensadores EDLC están conectados en serie. Después de que el proceso de carga ha sido realizado en alguna medida, cuando la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica se acerca al límite superior (15 [V], por ejemplo) del rango de tensión de entrada del inversor CC-CA 18, es decir se acerca a 14,9 [V], los condensadores EDLC de un bloque con la máxima tensión de bloque son conmutados a una conexión en paralelo, y luego continúa
- 20 siendo realizado el proceso de carga. Después de ello, sin embargo, la tensión inter-terminales de todos los condensadores (EDLC) es medida a intervalos dados (5 segundos, por ejemplo), las cargas se acumulan uniformemente en cada bloque de circuito, y el bloque de circuito más apropiado cuyos condensadores EDLC tienen que ser conmutados a una conexión en paralelo es seleccionado de modo que se minimiza una variación en la tensión de bloque. De este modo, se realiza la conmutación serie-paralelo.
- Después de que las cargas se acumulan uniformemente en cada bloque de circuito y el proceso de carga es continuado adicionalmente, cuando la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica se acerca al límite superior (15 [V], por ejemplo) del rango de tensión de entrada del inversor CC-CA 18, es decir se acerca a 14,9 [V], debido a que ahora no es suficiente conmutar los condensadores EDLC de sólo un bloque de circuito a una conexión en paralelo, los condensadores EDLC de dos bloques de circuito son conmutados
- 30 subsiguientemente a una conexión en paralelo y el proceso de carga es continuado. En este caso, los condensadores EDLC de dos bloques de circuito con una tensión de bloque grande son conmutados a una conexión en paralelo. Tras ello, mientras que el número de bloques con condensadores EDLC conectados en paralelo es incrementado similarmente, el proceso de carga es continuado hasta que los condensadores EDLC de todos los bloques con conmutados a una conexión en paralelo.
- En un proceso de descarga, por ejemplo, cuando la carga de todos los condensadores EDLC está en un estado plenamente cargado, la descarga es iniciada con un patrón en el que todos los condensadores EDLC están conectados en paralelo. Después de que la descarga es realizada en cierta medida, cuando la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica se acerca al límite inferior (10,5 [V], por ejemplo) del rango de tensión de entrada del inversor CC-CA 18, es decir se acerca a 10,6 [V], los condensadores EDLC de un bloque con
- 40 la máxima tensión de bloque son conectados en serie, y luego es continuada la descarga.
- La descarga continúa siendo realizada. Sin embargo, la tensión inter-terminales de todos los condensadores (EDLC) es medida a intervalos dados (5 segundos, por ejemplo), y la selección y conmutación de un bloque de circuito cuyos condensadores EDLC tienen que ser conmutados a una conexión en serie son realizadas de modo que las cargas de cada bloque son uniformemente descargadas.
- Después de que las cargas de todos los bloques de circuito son uniformemente descargadas y la descarga es continuada adicionalmente, cuando la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica se acerca otra vez al límite inferior (10,5 [V], por ejemplo) del rango de tensión de entrada del inversor CC-CA 18, es decir se acerca a 10,6 [V], debido a que ahora no es suficiente conmutar los condensadores EDLC de sólo un bloque de circuito a una conexión en serie, los condensadores EDLC de dos bloques de circuito son conmutados
- 50 subsiguientemente a una conexión en serie y la descarga es continuada. En este caso, los condensadores EDLC de dos bloques de circuito con una tensión de bloque grande son conmutados a una conexión en serie. Tras ello, mientras que el número de bloques con condensadores EDLC conectados en serie es incrementado similarmente, la descarga es continuada hasta que los condensadores EDLC de todos los bloques son conmutados a una conexión en serie.
- En la figura 15 se muestra un diagrama de flujo de la conmutación serie-paralelo anteriormente descrita al producirse la carga, y en la figura 16 se muestra un diagrama de flujo de la conmutación serie-paralelo al producirse la descarga.

Como se muestra en la figura 15, en el paso S1, cuando los condensadores EDLC de todos los bloques del grupo de condensadores 13 son conmutados a una conexión en serie, es iniciado el proceso de carga. Específicamente, el número de bloques en paralelo j que es el número de bloques de circuito con condensadores EDLC conectados en paralelo es "0". El paso S1 corresponde al primer proceso en la presente invención. En el paso S2 es medida la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica. En el paso S3, se detecta si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza o no la tensión de entrada máxima V_{tmax} del inversor CC-CA 18. En caso negativo, el flujo pasa al paso S3A. En este paso S3A, hay una espera hasta que pasa el intervalo de tiempo (5 segundos, por ejemplo), y luego el flujo retorna al paso S2. Si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza la tensión de entrada máxima V_{tmax} , el flujo pasa al paso S4.

En el paso S4, se añade "1" al número de bloques en paralelo j . En el paso S5, la tensión inter-terminales de cada condensador (EDLC) es medida para determinar una tensión de bloque. En el paso S6, los condensadores EDLC de un número j de bloques de circuito son conmutados a una conexión en paralelo en el orden de mayor tensión de bloque. En el paso S7 es medida la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica. En el paso S8, se detecta si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza o no la tensión de entrada máxima V_{tmax} del inversor CC-CA 18. En caso negativo, el flujo pasa al paso S10. En este paso S10, hay una espera hasta que pasa el intervalo de tiempo (5 segundos, por ejemplo), y luego el flujo retorna al paso S5. Si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza la tensión de entrada máxima V_{tmax} , el flujo pasa al paso S9.

En el paso S9, se determina si el número de bloques en paralelo j alcanza o no el número total n de bloques de circuito. En caso positivo, el flujo pasa el paso S11; en caso negativo, el flujo retorna al paso S4. Los pasos S3 a S9 corresponden al segundo proceso en la presente invención, y los pasos S5 a S8, y S10 corresponden al tercer proceso en la presente invención.

En el paso S11, el suministro de corriente eléctrica al grupo de condensadores 13, es decir el proceso de carga del grupo de condensadores 13, es parado, y este proceso de carga es terminado.

Será descrito ahora el proceso de descarga. Como se muestra en la figura 16, en el paso S21, la descarga es iniciada cuando todos los condensadores EDLC de todos los bloques del grupo de condensadores 13 son conmutados a una conexión en paralelo. Específicamente, el número de bloques en serie k , que es el número de bloques de circuito con condensadores EDLC conectados en serie es "0". El paso S21 corresponde al cuarto proceso en la presente invención. En el paso S22 es medida la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica. En el paso S23, se detecta si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza la tensión de entrada mínima V_{tmin} del inversor CC-CA 18. En caso negativo, el flujo pasa al paso S23A. En este paso S23A, hay una espera hasta que pasa el intervalo de tiempo (5 segundos, por ejemplo), y luego el flujo retorna al paso S22. Si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza la tensión de entrada mínima V_{tmin} , el flujo pasa al paso S24.

En el paso S24, se añade "1" al número de bloques en serie k . En el paso S25, la tensión inter-terminales de cada condensador (EDLC) es medida para determinar una tensión de bloque. En el paso S26, los condensadores EDLC de un número k de bloques de circuito son conmutados a una conexión en serie en el orden de mayor tensión de bloque. En el paso S27 es medida la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica. En el paso S28, se detecta si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza o no la tensión de entrada mínima V_{tmin} del inversor CC-CA 18. En caso negativo, el flujo pasa al paso S30. En este paso S30, hay una espera hasta que pasa el intervalo de tiempo (5 segundos, por ejemplo), y luego el flujo retorna al paso S25. Si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza la tensión de entrada mínima V_{tmin} , el flujo pasa al paso S29.

En el paso S29, se determina si el número de bloques en paralelo k alcanza o no el número total n de bloques de circuito. En caso positivo, el flujo pasa el paso S31; en caso negativo, el flujo retorna al paso S24. Los pasos S23 a S29 corresponden al quinto proceso en la presente invención, y los pasos S25 a S28, y S30 corresponden al sexto proceso en la presente invención.

En el paso S31, la salida del grupo de condensadores 13, es decir la descarga del grupo de condensadores 13, es parada, y este proceso de descarga es terminado.

En un caso en que la carga y la descarga son repetidas aleatoriamente, cuando una corriente de entrada procedente de la fuente de corriente CC 11 al sistema de almacenamiento de energía eléctrica y una corriente de salida procedente del sistema de almacenamiento de energía eléctrica al inversor CC-CA 18 son detectadas en todo momento para determinar un cambio entre el modo de carga y el modo de descarga, la carga y la descarga pueden ser realizados óptimamente incluso con una configuración en la que la carga y la descarga son repetidas aleatoriamente. Un diagrama de flujo de la conmutación serie-paralelo cuando la carga y la descarga son repetidas aleatoriamente será descrito con referencia a la figura 17.

Como se muestra en la figura 17, en el paso S41, el proceso de carga es iniciado cuando los condensadores EDLC de todos los bloques del grupo de condensadores 13 son conmutados a una conexión en serie. Específicamente, la salida (descarga) del sistema de almacenamiento de energía eléctrica está en un estado de parada, y el número de bloques en paralelo j , que es el número de bloques de circuito con condensadores EDLC conectados en paralelo es "0". El paso S41 corresponde al primer proceso en la presente invención. En el paso S42 es medida la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica. En el paso S43, se detecta si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza o no la tensión de entrada máxima V_{tmax} del inversor CC-CA 18. En caso negativo, el flujo pasa al paso S44. En este paso S44, hay una espera hasta que pasa el intervalo de tiempo (5 segundos, por ejemplo), y luego el flujo retorna al paso S42. Si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza la tensión de entrada máxima V_{tmax} , el flujo pasa al paso S44.

En el paso S45, la salida (descarga) del sistema de almacenamiento de energía eléctrica es iniciada. En el paso S46, se añade "1" al número de bloques en paralelo j . En el paso S47, la tensión inter-terminales de cada condensador (EDLC) es medida para determinar una tensión de bloque. En el paso S48, los condensadores EDLC de un número j de bloques de circuito son conmutados a una conexión en paralelo en el orden de mayor tensión de bloque. En el paso S49, si la intensidad de corriente de entrada I_{in} procedente de la fuente de corriente CC 11 hacia el sistema de almacenamiento de energía eléctrica es igual o mayor que la intensidad de corriente de salida I_{out} procedente del sistema de almacenamiento de energía eléctrica hacia el inversor CC-CA 18, el flujo pasa al paso S50. En caso negativo, el flujo pasa al paso S55. En el paso S50 es medida la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica. En el paso S51, se detecta si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza o no la tensión de entrada máxima V_{tmax} del inversor CC-CA 18. En caso negativo, el flujo pasa al paso S53. En este paso S53, hay una espera hasta que pasa el intervalo de tiempo (5 segundos, por ejemplo), y el flujo retorna al paso S47. Si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza la tensión de entrada máxima V_{tmax} , el flujo pasa al paso S52.

En el paso S52, se determina si el número de bloques en paralelo j alcanza o no el número total n de bloques de circuito. En caso positivo, el flujo pasa el paso S54. En caso negativo, el flujo retorna al paso S46. En el paso S54, el suministro de corriente al grupo de condensadores 13, es decir el proceso de carga del grupo de condensadores 13 es parado (la entrada es parada). Los pasos S43 a S48, y los pasos S50 a S52 corresponden al segundo proceso en la presente invención, y los pasos S47, S48, S50, S51 y S53 corresponden al tercer proceso en la presente invención. El paso S54 corresponde al cuarto proceso en la presente invención.

En el paso S55, la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica es medida. En el paso S56, si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica no alcanza la tensión de entrada mínima V_{tmin} del inversor CC-CA 18, el flujo pasa al paso S57. En este paso S57, hay una espera hasta que pasa el intervalo de tiempo (5 segundos, por ejemplo), y el flujo retorna al paso S55. Si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza la tensión de entrada mínima V_{tmin} , el flujo pasa al paso S58.

En el paso S58, si el proceso de carga del grupo de condensadores 13 está en un estado parado (la entrada al sistema de almacenamiento de energía eléctrica está en un estado parado), el proceso de carga del grupo de condensadores 13 es reiniciado (la entrada al sistema de almacenamiento de energía eléctrica es reiniciada). En el paso S59, la tensión inter-terminales de cada condensador (EDLC) es medida para determinar una tensión de bloque. En este paso S60, los condensadores EDLC de un número $(n + 1 - j)$ de bloques de circuito son conmutados a una conexión en serie en el orden de mayor tensión de bloque.

En el paso S61, si la intensidad de corriente de entrada I_{in} procedente de la fuente de corriente CC 11 hacia el sistema de almacenamiento de energía eléctrica es igual o mayor que la intensidad de corriente de salida I_{out} procedente del sistema de almacenamiento de energía eléctrica hacia el inversor CC-CA 18, el flujo pasa al paso S62. Si la intensidad de corriente de entrada I_{in} no es igual o mayor que la intensidad de corriente de salida I_{out} , el flujo pasa al paso S63. En el paso S63 es medida la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica. En el paso S62, se resta "1" del número de bloques en paralelo j . El flujo pasa luego al paso S50.

En el paso S64, se detecta si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza o no la tensión de entrada mínima V_{tmin} del inversor CC-CA 18. En caso negativo, el flujo pasa al paso S67. En este paso S67, hay una espera hasta que pasa el intervalo de tiempo (5 segundos, por ejemplo), y luego el flujo retorna al paso S59. Si la tensión de salida V_t del sistema de almacenamiento de energía eléctrica alcanza la tensión de entrada mínima V_{tmin} , el flujo pasa al paso S65. En el paso S65, se resta "1" del número de bloques en paralelo j . El flujo pasa luego al paso S66.

En el paso S66, se determina si el número de bloques en paralelo es o no "0". En caso positivo, el flujo pasa al paso S68; en caso negativo, el flujo retorna al paso S59. Los pasos S56, S59, S60, y S63 a S66 corresponden al quinto proceso, y los pasos S59, S60, S63, S64 y S67 corresponden al sexto proceso en la presente invención.

En el paso S68, la descarga del grupo de condensadores 13 es parada (la salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica es parada), y el flujo retorna al paso S42.

La corrección constante de la tensión inter-terminales de condensador (EDLC) en el sistema de almacenamiento de energía eléctrica de acuerdo con la presente invención será descrita a continuación.

- 5 De acuerdo con la presente invención, el circuito de control 17 vigila una variación en la tensión inter-terminales de cada condensador EDLC a intervalos dados (5 segundos, por ejemplo) para controlar el grupo de circuitos de igualación de tensión (circuitos de vigilancia en paralelo) 14, con lo que se hace una corrección de modo que la tensión inter-terminales de cada condensador EDLC cae dentro de un rango dado en todo momento. De acuerdo con ello, puede evitarse que el conmutador 24 sufra una ruptura por la corriente de flujo lateral asociada a la
10 conmutación serie-paralelo. También, antes de que fluctúe considerablemente la tensión inter-terminales, se hace una corrección en todo momento. Así puede suprimirse la pérdida por igualación de tensiones.

Esta corrección constante, que es una operación para suprimir una variación en la tensión inter-terminales de condensador de cada bloque de circuito, se hace para cada bloque de circuito. Específicamente, una tensión inter-terminales de condensador EDLC mínima V_{cmin} es establecida como valor de referencia entre las tensiones inter-terminales de los condensadores EDLC de cada bloque de circuito, y cuando la tensión inter-terminales de los otros condensadores EDLC de ese bloque de circuito es mayor, en un valor de corrección establecido preliminarmente, que esta tensión V_{cmin} , este mismo condensador EDLC es descargado de forma forzada. Específicamente, en un
15 caso en el que un bloque de circuito está constituido por dos condensadores (EDLC), cuando la tensión inter-terminales del condensador con mayor tensión inter-terminales es igual o mayor que un valor de tensión obtenido sumando un valor permitido X al valor de tensión del condensador con menor tensión inter-terminales, el condensador con mayor tensión inter-terminales es descargado de forma forzada, con lo que las tensiones inter-terminales de los dos condensadores son igualadas.
20

Cuando los condensadores (EDLC) mostrados en la figura 7, etc. incluyen cada uno una pluralidad de condensadores conectados en serie-paralelo, la descarga forzada es realizada bajo una condición expresada como la siguiente fórmula (1), en que el carácter de referencia N denota el número total de condensadores dentro del
25 bloque de circuito, el carácter de referencia i denota el número de condensador dentro del bloque, el carácter de referencia V_{ci} denota una tensión inter-terminales de un condensador EDLC con número de condensador i, y el carácter de referencia X denota un valor permitido. El condensador i que satisface esta condición es descargado de forma forzada
30

$$V_{ci} > V_{cmin} + X$$

$$V_{cmin} = \min(V_{c1}, V_{c2}, \dots, V_{cN}) \quad (1)$$

Se hará ahora una comparación entre el sistema convencional y el sistema presente. Con el fin de hacer una comparación entre el sistema convencional y el sistema presente, se ha estudiado un sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa doce condensadores (EDLC). Bajo la condición de que la tensión soportable de cada
35 condensador (EDLC) es de 2,3 [V], y sólo un condensador EDLC del primer bloque entre los doce condensadores tiene un error de condensador de 10%, es decir la capacitancia de los once condensadores (EDLC) es de 3000 [F] y la capacitancia de un condensador (EDLC) es de 2700 [F], el proceso de carga/descarga del sistema de almacenamiento de energía eléctrica ha sido simulado.

El proceso de carga se realiza usando una fuente de intensidad de corriente constante de 2 [A], y después de que los condensadores EDLC están plenamente cargados, la fuente de intensidad de corriente constante es separada. La descarga es realizada hasta llegar a la tensión de entrada mínima del inversor con respecto a una carga de consumo, incluyendo el inversor, de 36 W. En este caso, el resultado de simulación del cambio temporal de carga/descarga en el dispositivo de acuerdo con la presente realización se muestra en las figuras 18 y 19. El resultado de simulación del cambio temporal de carga/descarga con respecto a cada condensador de acuerdo con el sistema convencional bajo la misma condición que para el dispositivo de acuerdo con la realización presente se muestra en la figura 4, y el resultado de simulación del cambio temporal de carga/descarga con respecto a la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica de acuerdo con el sistema convencional se muestra en la figura 5. El rango de tensión de entrada del inversor fue establecido en 10,5 [V] a 15[V]. La medida de la tensión inter-terminales de cada condensador de acuerdo con el sistema presente, y la selección y conmutación de un bloque cuyos condensadores EDLC tienen que ser conmutados a una conexión serie-paralelo de modo que las cargas de cada bloque sean cargadas/descargadas uniformemente, fueron realizadas a intervalos (5 segundos, por ejemplo).
40
45
50

Las figuras 4 y 5 muestran el cambio temporal de la tensión inter-terminales de cada uno de los doce condensadores en el sistema convencional y el cambio temporal de la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica, respectivamente. Las figuras 18 y 19 muestran el cambio temporal de la tensión inter-terminales de cada uno de los doce condensadores en el sistema presente y el cambio temporal de la tensión de salida del sistema de almacenamiento de energía eléctrica, respectivamente.
55

A partir del resultado anterior, se encuentra que, en el sistema presente, el tiempo de carga se reduce más del 16% (siendo el tiempo de carga de 5015 segundos en el sistema convencional y de 4210 segundos en el sistema presente) en comparación con el sistema convencional. Esto significa que cuando la fuente de corriente CC 11 es una célula solar, el área de la célula solar puede reducirse más del 16%, contribuyendo significativamente a la reducción de coste de todo el sistema de generación de energía fotovoltaica y de almacenamiento eléctrico.

También, como se muestra en la figura 4, puede verse que en el sistema convencional se observa una variación en tensión inter-terminales entre cada uno de los doce condensadores, y la carga de un condensador en el que ha sido alcanzada la tensión soportable es desperdiciada por la resistencia del circuito de igualación de tensiones. Específicamente, la pérdida por igualación de tensiones es grande. En contraste, en el sistema presente mostrado en la figura 18, se observa que los doce condensadores son cada uno cargados/descargados al tiempo que su tensión inter-terminales se mantiene aproximadamente en el mismo valor en todo momento. Esta diferencia conduce a la notable diferencia de tiempo de carga. A partir de estos resultados, se hace evidente que la pérdida por igualación de tensiones del sistema presente es significativamente menor que la del sistema de conmutación de bancos convencional. También, mientras que la profundidad media de descarga del sistema convencional es de 81,8%, la profundidad media de descarga del sistema presente es de 85,7%. Así, es evidente que la profundidad de descarga también es mejorada en el sistema presente.

El término "profundidad de descarga" se refiere a un índice que representa la eficiencia de uso de la energía eléctrica almacenada acumulada en un condensador EDLC, y se define por la siguiente fórmula (2), donde U_{Max} es el valor de la máxima energía eléctrica almacenada, y U_{rem} es el valor de la energía eléctrica almacenada residual.

$$\text{profundidad de descarga [\%]} = (1 - U_{rem}/U_{Max}) \times 100 \quad (2)$$

La cantidad de energía eléctrica almacenada de un condensador EDLC se define por la fórmula (3), donde V_c es la tensión inter-terminales del condensador EDLC.

$$U = CV_c^2 / 2 \quad (3)$$

A partir de las fórmulas (2) y (3), se obtiene la fórmula (4), donde V_{Cmax} es la tensión inter-terminales de condensador EDLC (tensión soportable) correspondiente a la máxima energía eléctrica almacenada, y V_{Crem} es la tensión inter-terminales de condensador EDLC correspondiente a la energía eléctrica almacenada residual.

$$\text{profundidad de descarga [\%]} = (1 - V_{Crem}^2/V_{Cmax}^2) \times 100 \quad (4)$$

De acuerdo con la presente realización, como se muestra en la figura 7, están previstos conmutadores 23 entre los bloques de circuito conectados en serie del grupo de condensadores 13, y entre los conmutadores, el circuito de control 17 desactiva los conmutadores 23 situados entre bloques de circuito con condensadores EDLC conectados en paralelo. La presente realización se beneficia del siguiente punto en comparación con el caso en que no están previstos los conmutadores 23.

Será descrito por ejemplo un caso mostrado en la figura 20 en el que el grupo de condensadores está constituido por tres bloques. La figura 20A muestra el circuito de la figura 1, es decir un sistema sin conmutadores previstos entre bloques de circuito. La figura 20B muestra el sistema presente. En ambos sistemas el bloque de primera etapa está conectado en serie. Cuando los condensadores de los respectivos bloques de segunda etapa son C_1 y C_2 , y los condensadores de los respectivos bloques de tercera etapa son C_3 y C_4 , la capacitancia combinada C_a de una sección encerrada por una línea discontinua mostrada en la figura 20A en el sistema sin conmutadores previstos entre bloques de circuito se expresa en la fórmula (5).

$$C_a = (C_1C_3 + C_1C_4 + C_2C_3 + C_2C_4) / (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) \quad (5)$$

La capacitancia combinada C_b de una sección encerrada por una línea discontinua mostrada en la figura 20B en el sistema presente se expresa en la fórmula (6).

$$C_b = (C_1C_2C_3 + C_1C_3C_4 + C_1C_2C_4 + C_2C_3C_4) / (C_1C_3 + C_1C_4 + C_2C_3 + C_2C_4) \quad (6)$$

Cuando se construye un sistema de almacenamiento de energía eléctrica, se usan habitualmente condensadores del mismo estándar. Aquí, cuando la capacitancia estándar de los condensadores es C y el error de capacitancia de cada uno de los condensadores es $\Delta_i (i=1, 2, \dots, 4, \Delta_i \ll C)$, $C_1 = C + \Delta_1$, $C_2 = C + \Delta_2$, $C_3 = C + \Delta_3$ y $C_4 = C + \Delta_4$.

Cuando estas fórmulas son sustituidas en las fórmulas (5) y (6), los términos $\Delta_i\Delta_j (i=1, 2, \dots, 4, j=1, 2, \dots, 4, i \neq j)$ y $\Delta_i\Delta_j\Delta_k (i=1, 2, \dots, 4, j=1, 2, \dots, 4, k=1, 2, \dots, 4, i \neq j, j \neq k, k \neq i)$ son despreciados como términos menores, y $\Delta_1\Delta_2\Delta_3\Delta_4 = \Delta$, entonces

$$C_a \approx 2C (2C + \Delta)/4C + \Delta$$

$$C_b \approx C^2 (4C + 3\Delta)/2C (2C + \Delta)$$

En consecuencia, $C_a - C_b = C^2 \Delta^2 / 2C (2C + \Delta) (4C + \Delta) \geq 0$. De este modo se encuentra que la capacitancia combinada C_a de la sección encerrada por una línea discontinua mostrada en la figura 20A de acuerdo con el sistema sin condensadores previstos entre bloques de circuito es mayor en todo momento que la capacitancia combinada C_b de la sección encerrada por una línea discontinua mostrada en la figura 20B de acuerdo con el sistema presente.

5 En un proceso de carga, generalmente, la cantidad de carga acumulada en cada condensador EDLC de un bloque de circuito con condensadores EDLC conectados en paralelo es la mitad de la cantidad de carga acumulada en cada condensador EDLC de un bloque de circuito con condensadores EDLC conectados en serie. De acuerdo con ello, la velocidad de carga del bloque de circuito con condensadores EDLC conectados en paralelo es fuertemente reducida. Sin embargo, la capacitancia combinada C_b de la sección encerrada por una línea discontinua mostrada en la figura 20B de acuerdo con el sistema presente es menor que la capacitancia combinada C_a de la sección encerrada por una línea discontinua mostrada en la figura 20A de acuerdo con el sistema sin conmutadores previstos entre bloques de circuito. De acuerdo con ello, en comparación con el sistema sin conmutadores previstos entre bloques de circuito, el sistema presente requiere dedicar un tiempo menor para que los condensadores EDLC de un bloque de circuito con condensadores EDLC conectados en paralelo sean cargados.

10 Incluso cuando el método de control de acuerdo con el sistema presente es aplicado al circuito de la figura 1, el tiempo de carga es reducido un 11% (el tiempo de carga es reducido a 4465 segundos cuando el método de control de acuerdo con la presente invención es aplicado al circuito de la figura 1), y la profundidad de descarga es también mejorada de forma evidente (la profundidad de descarga es de 85,9% cuando el método de control de acuerdo con el presente sistema es aplicado al circuito de la figura 1). De este modo, la posibilidad de uso del método de acuerdo con el sistema presente ha sido confirmada incluso con el circuito de la figura 1.

La presente invención no está limitada a la realización anteriormente descrita, y es posible implementar las siguientes variaciones.

25 (1) En la realización anteriormente descrita, se usa un inversor CC-CA 18. Sin embargo, puede usarse un convertidor CC-CC.

(2) En la realización anteriormente descrita, cada bloque de circuito del grupo de condensadores 13 incluye dos condensadores (EDLC). Sin embargo, el número de condensadores puede ser igual o mayor que tres. Además, la presente invención es aplicable también cuando el número de condensadores (EDLC) de una parte de los bloques de circuito es diferente al de los otros bloques de circuito.

30 (3) En la realización anteriormente descrita, se usa un condensador EDLC como condensador de cada bloque de circuito del grupo de condensadores 13. Sin embargo, puede usarse un condensador de cualquier otro tipo.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

35 Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con la presente invención, puede construirse un sistema de almacenamiento de energía eléctrica no dependiente del error de capacitancia de cada condensador, y puede construirse un sistema que tiene una alta eficiencia de carga/descarga y cuesta menos. Cuando se maneja una gran cantidad de energía, también, es útil la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de almacenamiento de energía eléctrica (10) que usa condensadores, en que el sistema comprende:

5 un medio de almacenamiento de carga con una configuración de circuito en la que n bloques de circuito están conectados en serie, donde n es un número natural igual o mayor que dos, incluyendo cada uno de los n bloques de circuito una pluralidad de condensadores (13);

10 un medio de conversión (18) para convertir una tensión de salida de CC procedente del medio de almacenamiento de energía en una tensión de salida de CA y suministrar la tensión de CA a una carga de consumo o para convertir la tensión de salida de CC procedente del medio de almacenamiento de energía en una tensión de salida de CC predeterminada y suministrar la tensión de CC a una carga de consumo;

un medio de conmutación serie-paralelo (15) para conmutar, entre paralelo y serie, una conexión de la pluralidad de condensadores (13) en cada bloque de circuito del medio de almacenamiento de energía;

15 una pluralidad de medios de prevención de sobrecarga (22), cada uno de ellos conectado en paralelo a cada uno de la pluralidad de condensadores (13) en el medio de almacenamiento de energía, y en que el correspondiente condensador es descargado de forma forzada cuando una tensión de terminal del condensador alcanza un valor de tensión soportable;

un medio de detección de tensión inter-terminales (16) para detectar una tensión inter-terminales entre la pluralidad de condensadores (13) de cada bloque de circuito del medio de almacenamiento de energía;

20 un medio de determinación de tensión de bloque (19) para determinar una tensión de bloque, para cada bloque de circuito, sobre la base de la tensión inter-terminales de cada condensador detectada por el medio de detección de tensión inter-terminales (16), en que la tensión de bloque es una tensión del bloque de circuito; y

25 un medio de control (17) para detectar la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía y controla el medio de conmutación serie-paralelo (15) de acuerdo con un valor de la tensión detectada, en que

el medio de control (17) esta adaptado para realizar, cuando el medio de almacenamiento de energía está siendo cargado:

30 un primer proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo (15) de modo que la pluralidad de condensadores (13) de cada bloque de circuito del medio de almacenamiento de energía son conectados en serie al comienzo del proceso de carga del medio de almacenamiento de energía;

35 un segundo proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo (15), cuando la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza una tensión de entrada máxima del medio de conversión (18), de modo que la conexión de la pluralidad de condensadores (13) de cada uno de j bloques de circuito en el orden descendente de tensiones de bloque determinadas por el medio de determinación de tensión de bloque (19) es conmutada a la conexión en paralelo, en que j es un número natural hasta n que indica el número de veces que una tensión de entrada alcanza la tensión de entrada máxima durante un proceso de carga; y

40 un tercer proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo (15), hasta que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza la tensión de entrada máxima del medio de conversión (18), de modo que la conexión de la pluralidad de condensadores (13) de cada uno de j bloques de circuito en el orden descendente de tensiones de bloque determinadas por el medio de determinación de tensión de bloque (19) es conmutada a la conexión en paralelo, y

45 el medio de control (17) está adaptado además para realizar, cuando el medio de almacenamiento de energía está siendo descargado:

un cuarto proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo (15) de modo que la pluralidad de condensadores (13) de cada bloque de circuito del medio de almacenamiento de energía son conectados en paralelo al comienzo del proceso de descarga del medio de almacenamiento de energía;

50 un quinto proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo (15), cuando la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza una tensión de

- 5 entrada mínima del medio de conversión (18), de modo que la conexión de la pluralidad de condensadores (13) de cada uno de k bloques de circuito en el orden descendente de tensiones de bloque determinadas por el medio de determinación de tensión de bloque (19) es conmutada a la conexión en serie, en que k es un número natural hasta n que indica el número de veces que una tensión de entrada alcanza la tensión de entrada mínima durante un proceso de descarga; y
- 10 un sexto proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo (15), hasta que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza la tensión de entrada mínima del medio de conversión (18), de modo que la conexión de la pluralidad de condensadores (13) de cada uno de k bloques de circuito en el orden descendente de tensiones de bloque determinadas por el medio de determinación de tensión de bloque (19) es conmutada a la conexión en serie.
- 15 2. El sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa un condensador de acuerdo con la reivindicación 1, en que el medio de control (17) está adaptado para realizar el tercer proceso y el sexto proceso cada vez que pasa un intervalo predeterminado.
- 20 3. El sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa un condensador de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en que el medio de control (17) está adaptado para seleccionar el control del proceso de carga o el control del proceso de descarga del medio de almacenamiento de energía sobre la base de una comparación entre una intensidad de corriente de entrada al medio de almacenamiento de energía y una intensidad de corriente de salida procedente del medio de almacenamiento de energía.
4. El sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa un condensador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en que:
- 25 conmutadores para seleccionar conducción o no conducción están previstos entre cada dos bloques de circuito del medio de almacenamiento de energía; y
- el medio de control (17) está adaptado para desactivar un conmutador de entre los conmutadores que está situado entre los bloques de circuito en los que los condensadores están conectados en paralelo.
- 30 5. El sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa un condensador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en que el medio de control (17) está adaptado para realizar, cuando el medio de almacenamiento de energía es cargado o descargado, un séptimo proceso de establecer una tensión inter-terminales mínima entre las tensiones inter-terminales de los condensadores de un bloque detectadas por el medio de detección de tensión inter-terminales (16) como valor de referencia, y de controlar el medio de prevención de sobrecarga (22) de modo que un condensador con una tensión inter-terminales que excede un valor de la tensión inter-terminales mínima sumado a una tolerancia entre los condensadores del bloque de circuito es descargado de forma forzada.
- 35 6. El sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa un condensador de acuerdo con la reivindicación 5, en que el medio de control (17) está adaptado para realizar el séptimo proceso cada vez que pasa un intervalo predeterminado.
- 40 7. Un método de control para un sistema de almacenamiento de energía eléctrica que usa un condensador, en que el método realiza:
- cuando un medio de almacenamiento de energía es cargado,
- un primer proceso de controlar un medio de conmutación serie-paralelo (15) de modo que una pluralidad de condensadores (13) de cada uno de n bloques de circuito del medio de almacenamiento de energía son conectados en serie al comienzo del proceso de carga del medio de almacenamiento de energía, en que n es un número natural igual o mayor que dos;
- 45 un segundo proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo (15), cuando la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza una tensión de entrada máxima de un medio de conversión CC-CA o CC-CC (18), de modo que la conexión de la pluralidad de condensadores (13) de cada uno de j bloques de circuito en el orden descendente de tensiones de bloque determinadas por un medio de determinación de tensión de bloque (19) es conmutada a la conexión en paralelo, en que j es un número natural hasta n que indica el número de veces que una tensión de entrada alcanza la tensión de entrada máxima durante un proceso de carga; y
- 50 un tercer proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo (15), hasta que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza la tensión de entrada máxima del medio de conversión (18), de modo que la conexión de la pluralidad de condensadores (13) de cada uno de j bloques de circuito en el orden descendente de

tensiones de bloque determinadas por el medio de determinación de tensión de bloque (19) es conmutada a la conexión en paralelo, y

cuando el medio de almacenamiento de energía está siendo descargado,

5 un cuarto proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo (15) de modo que la pluralidad de condensadores (13) de cada bloque de circuito del medio de almacenamiento de energía son conectados en paralelo al comienzo del proceso de descarga del medio de almacenamiento de energía;

10 un quinto proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo (15), cuando la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza una tensión de entrada mínima del medio de conversión (18), de modo que la conexión de la pluralidad de condensadores (13) de cada uno de k bloques de circuito en el orden descendente de tensiones de bloque determinadas por el medio de determinación de tensión de bloque (19) es conmutada a la conexión en serie, en que k es un número natural hasta n que indica el número de veces que una tensión de entrada alcanza la tensión de entrada mínima durante un proceso de descarga; y

15 un sexto proceso de controlar el medio de conmutación serie-paralelo (15), hasta que la tensión de salida del medio de almacenamiento de energía alcanza la tensión de entrada mínima del medio de conversión (18), de modo que la conexión de la pluralidad de condensadores (13) de cada uno de k bloques de circuito en el orden descendente de tensiones de bloque determinadas por el medio de determinación de tensión de bloque (19) es conmutada a la conexión en serie.

Fig. 1A
(TÉCNICA ANTERIOR)

Condensadores EDLC de todos los bloques están en conexión en paralelo

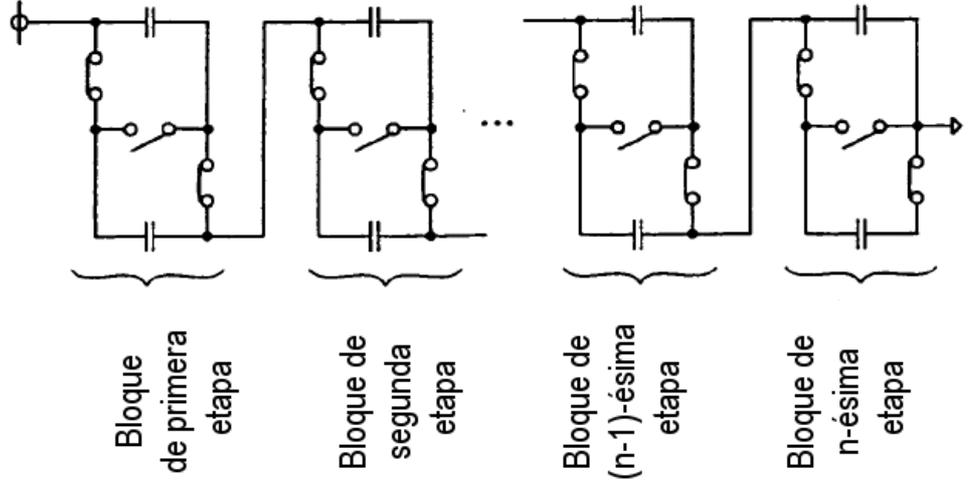


Fig. 1B
(TÉCNICA ANTERIOR)

Sólo el bloque de primera etapa está en conexión en serie

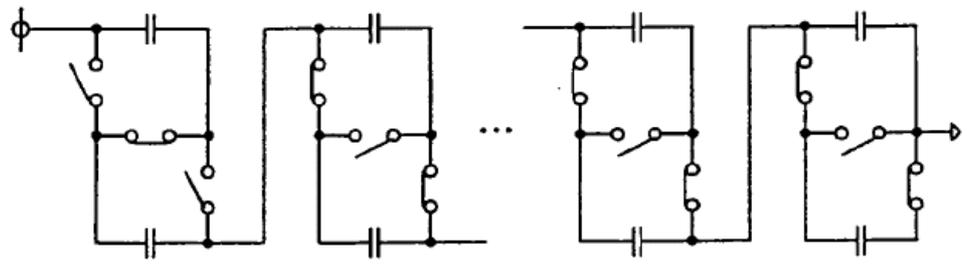


Fig. 1C
(TÉCNICA ANTERIOR)

Sólo el bloque de primera etapa y el bloque de segunda etapa están en conexión en serie

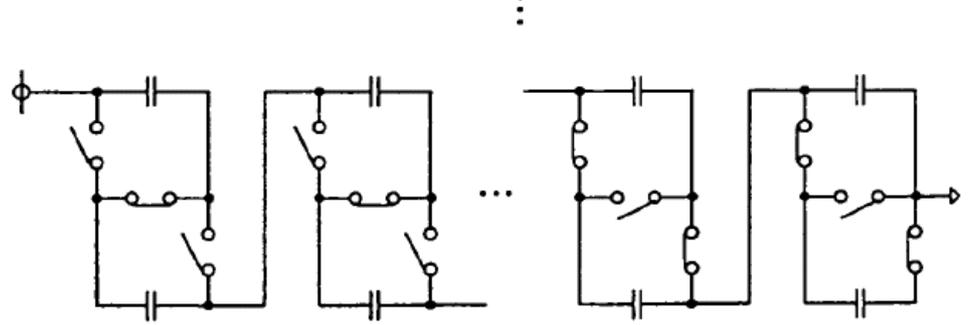


Fig. 1D
(TÉCNICA ANTERIOR)

Condensadores EDLC de todos los bloques están en conexión en serie

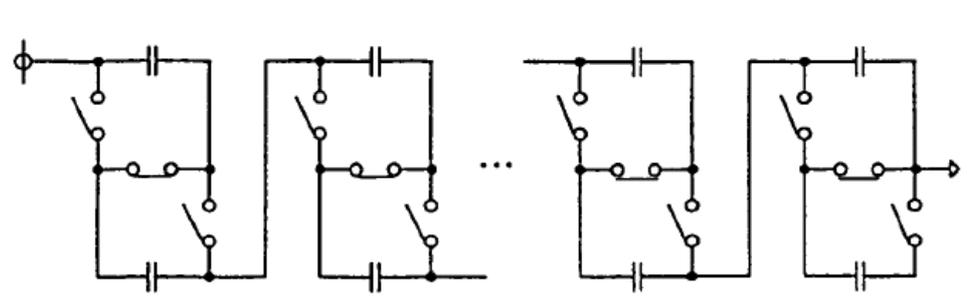


Fig. 2A (TÉCNICA ANTERIOR)

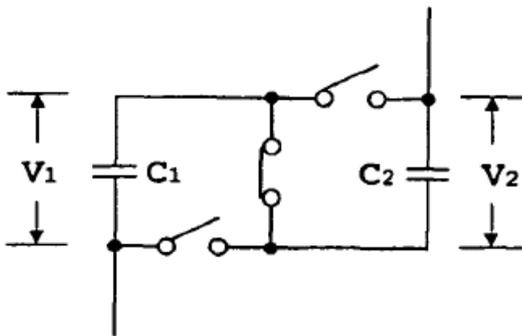


Fig. 2B (TÉCNICA ANTERIOR)

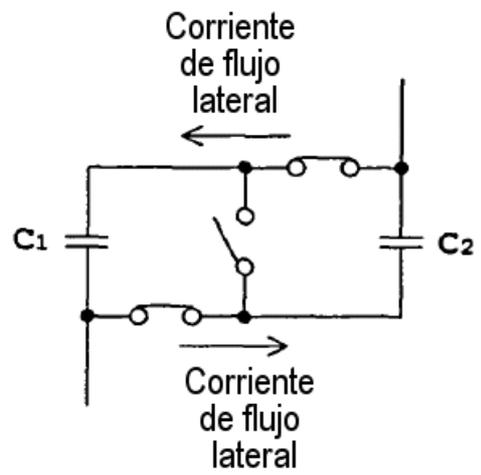


Fig. 3 (TÉCNICA ANTERIOR)

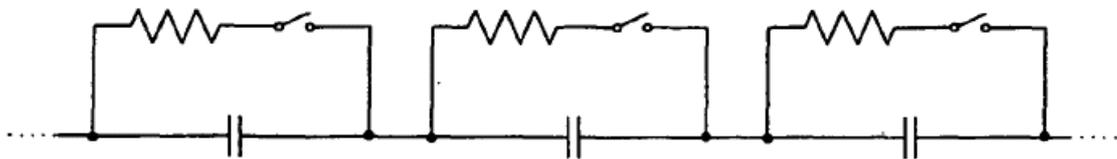


Fig. 4 (TÉCNICA ANTERIOR)

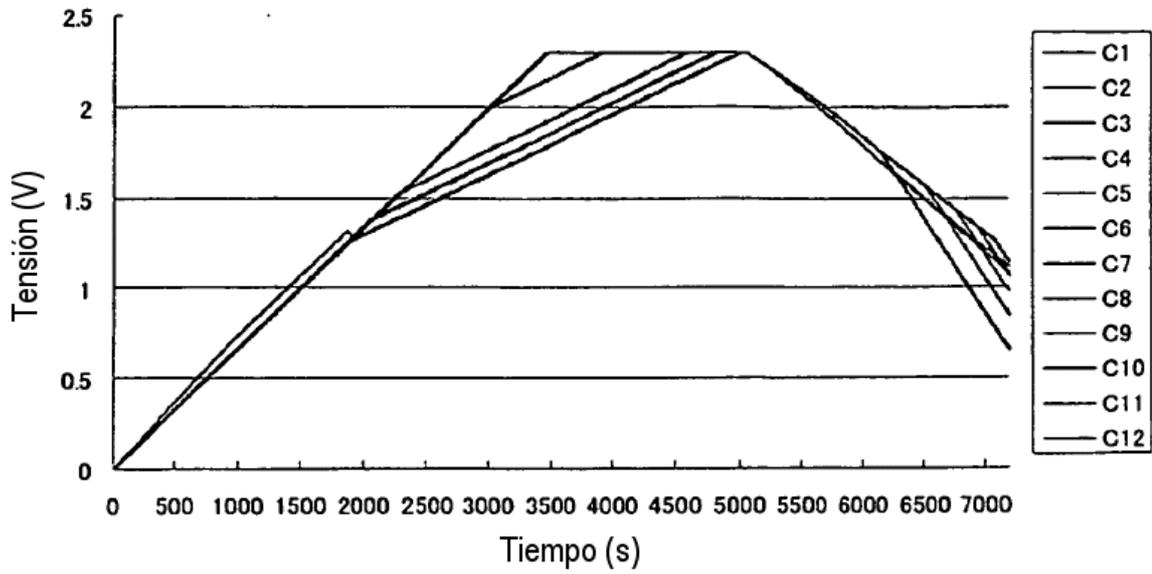


Fig. 5 (TÉCNICA ANTERIOR)

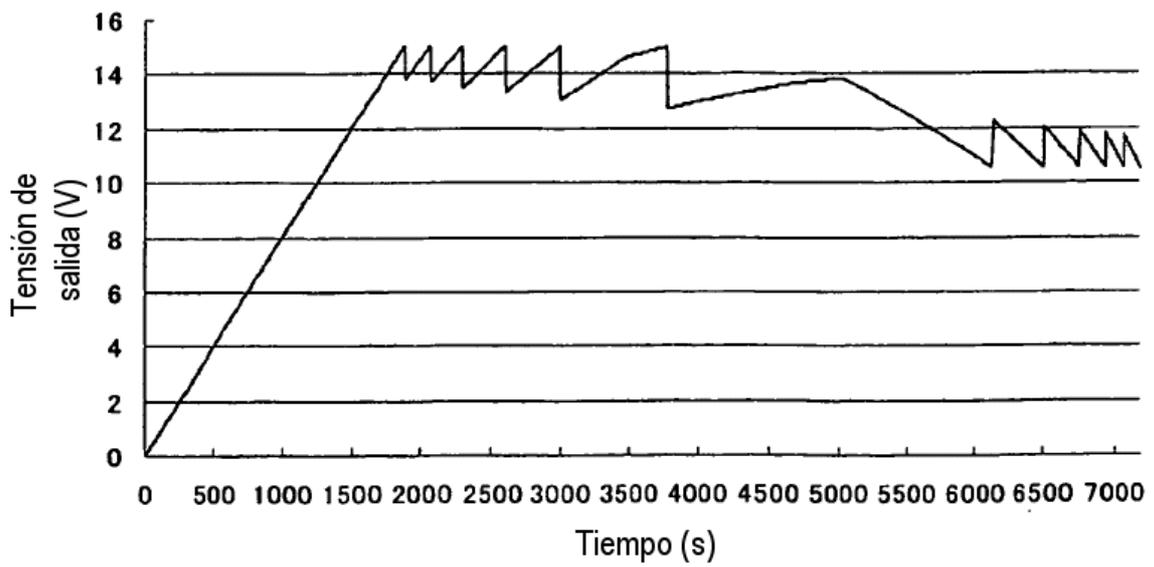


Fig. 6

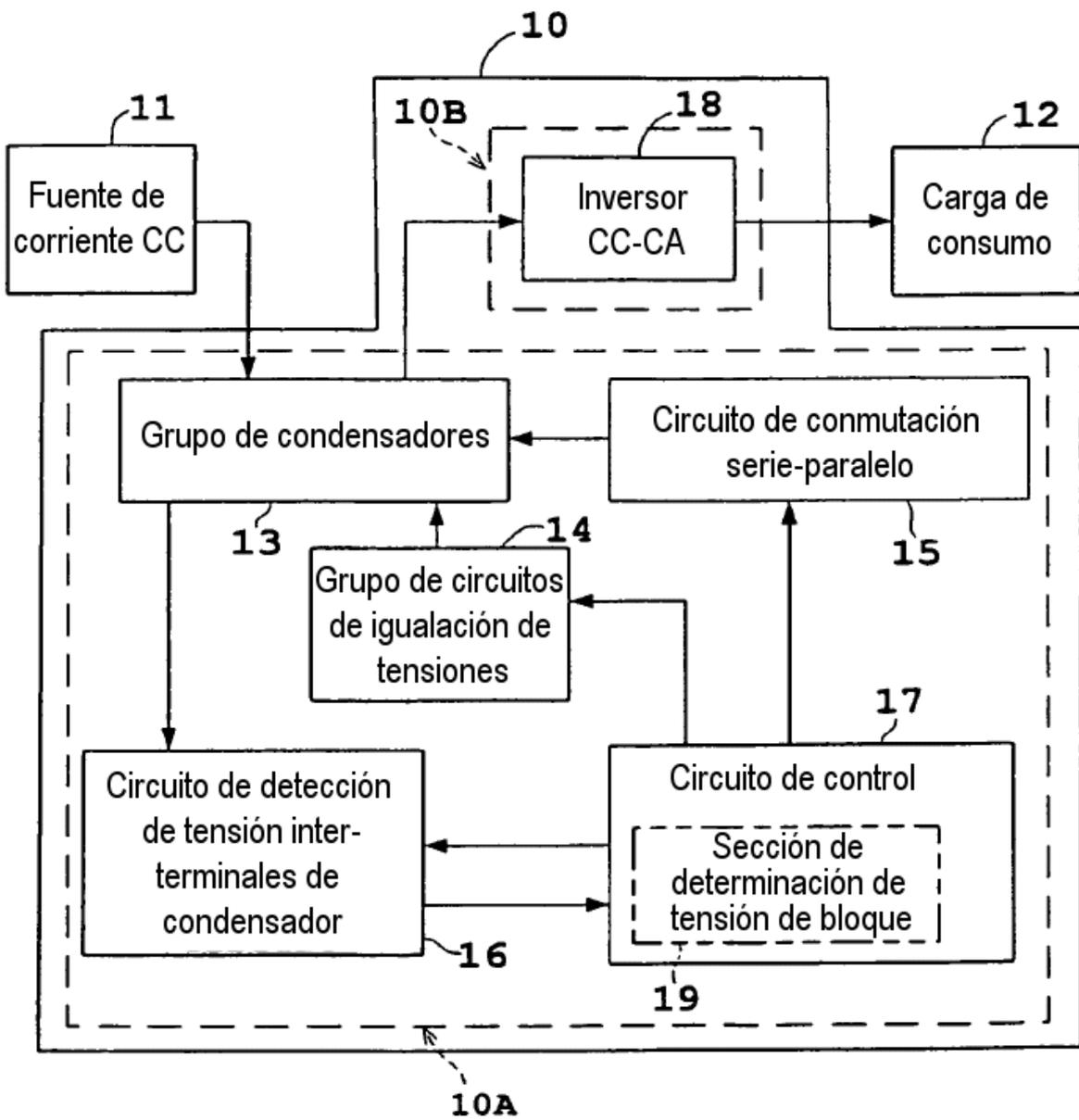


Fig. 7A

Condensadores EDLC de todos los bloques de circuito están en conexión en paralelo

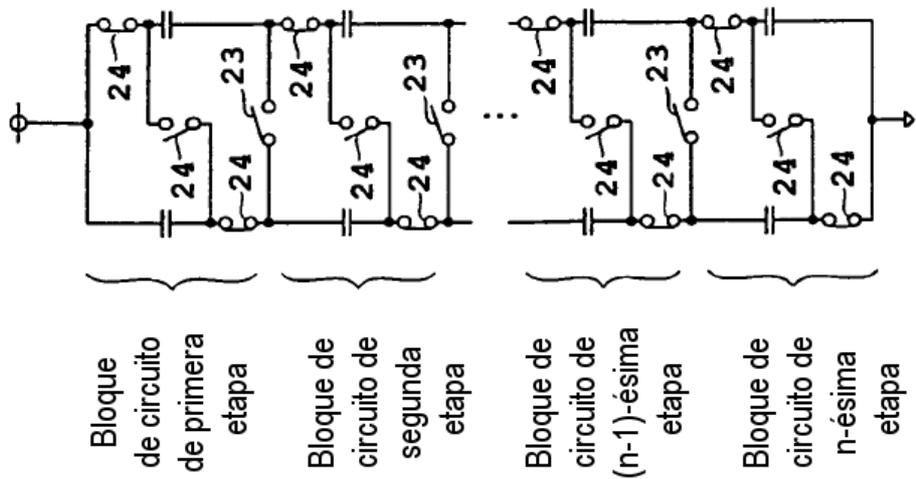


Fig. 7B

Sólo el bloque de circuito de primera etapa está en conexión en serie

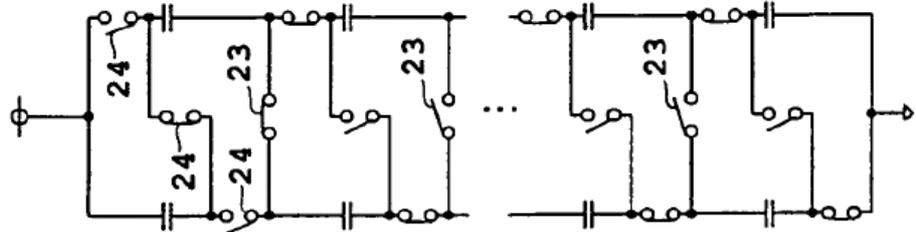


Fig. 7C

Sólo el bloque de circuito de primera etapa y el bloque de circuito de segunda etapa están en conexión en serie

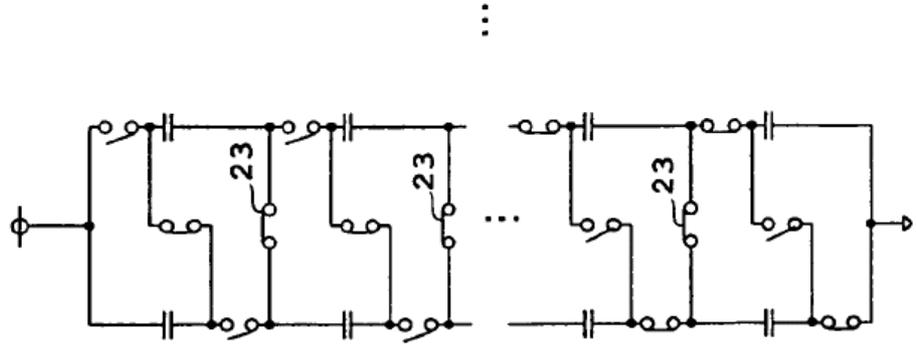


Fig. 7D

Condensadores EDLC de todos los bloques de circuito están en conexión en serie

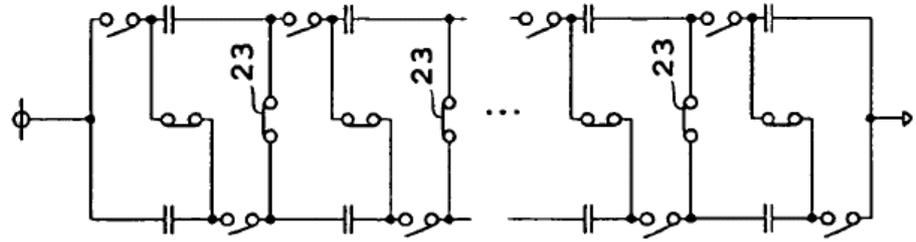


Fig. 8

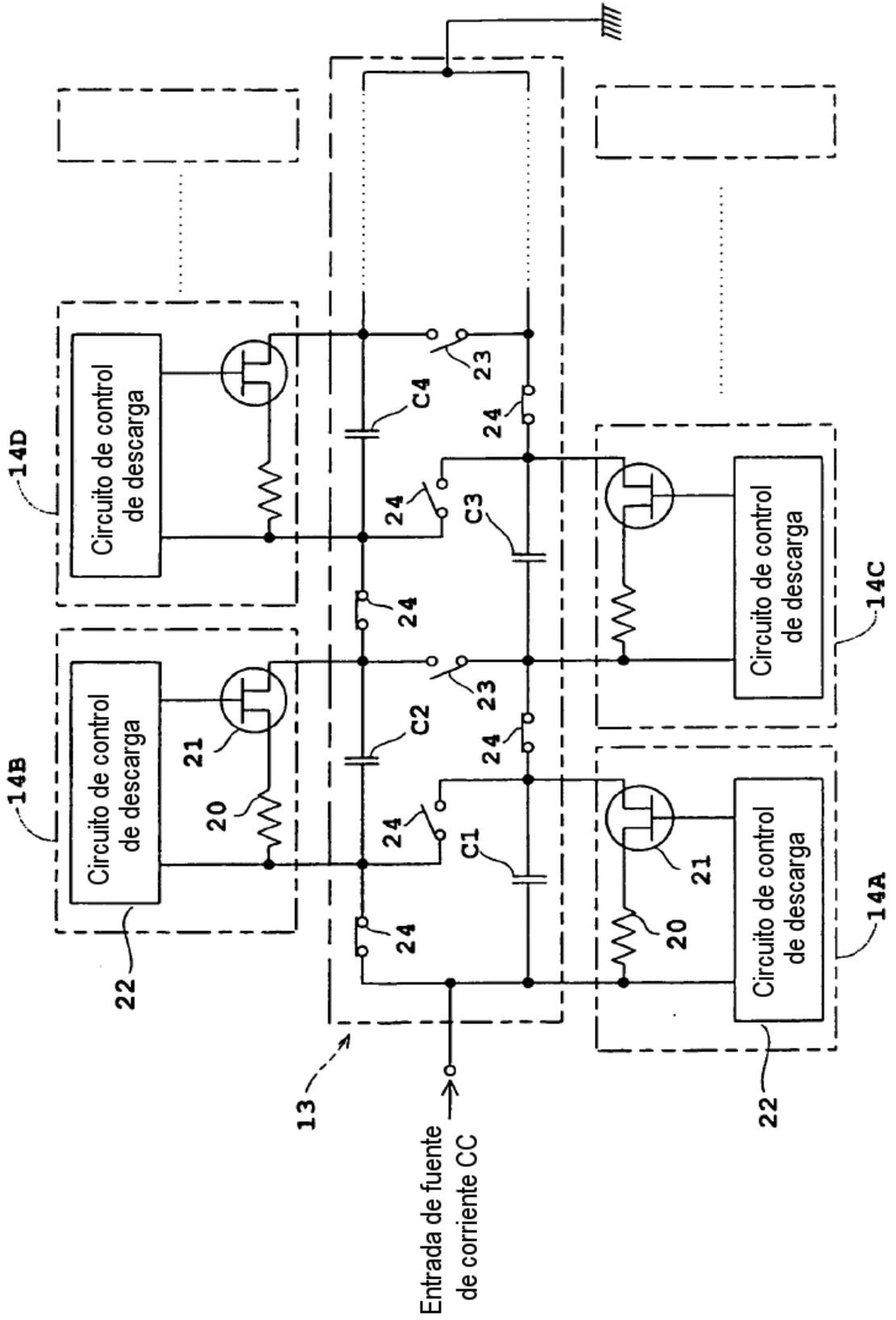


Fig. 9A

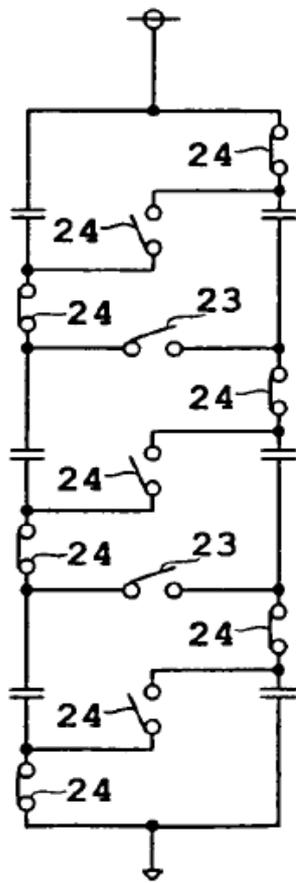


Fig. 9B

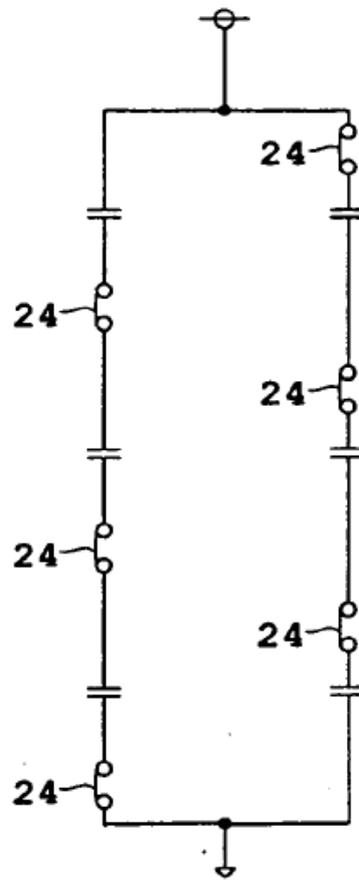


Fig. 10C

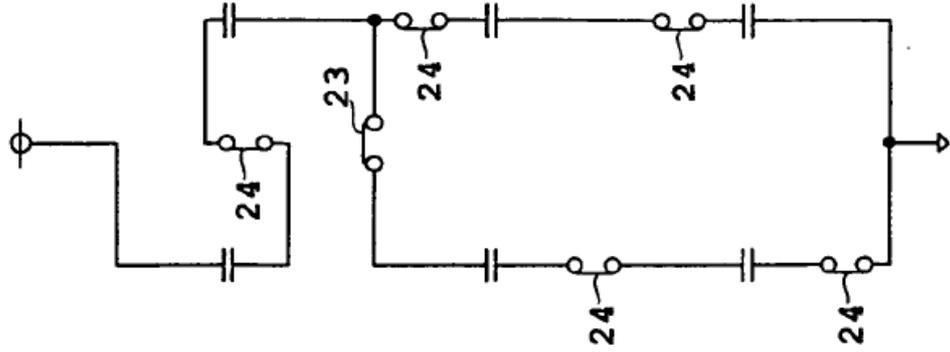


Fig. 10B

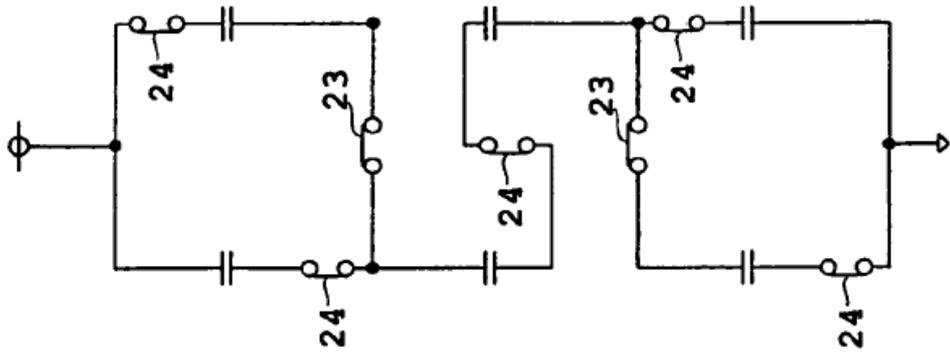


Fig. 10A

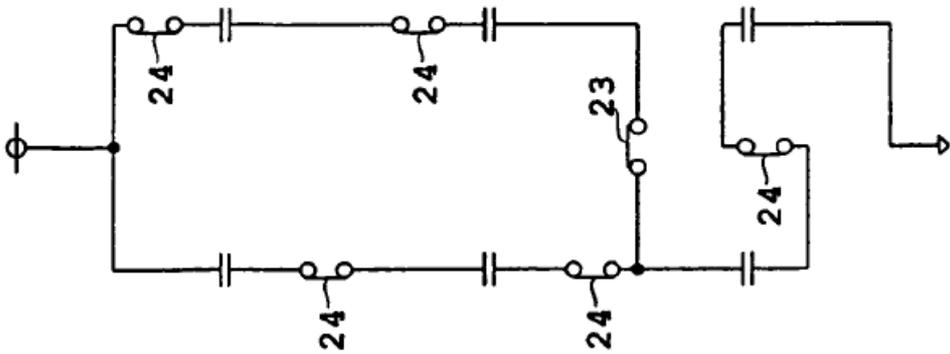


Fig. 11

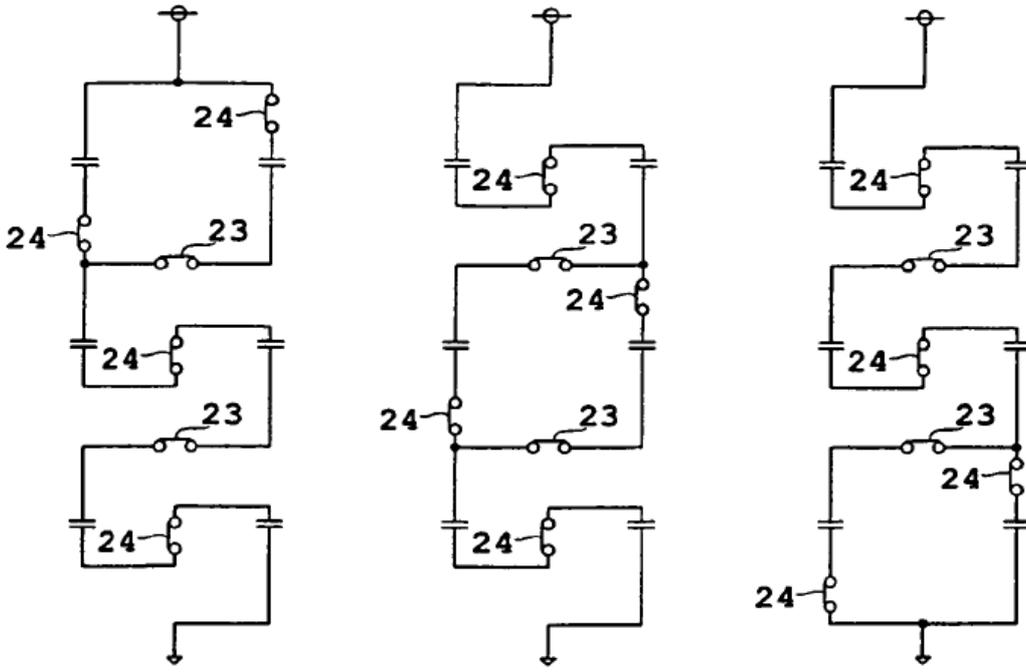


Fig. 12

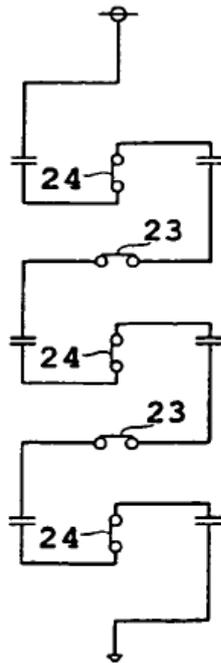
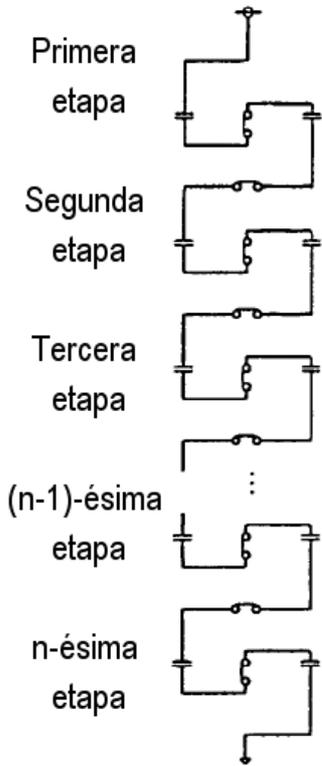


Fig. 14A



Tensión de bloque

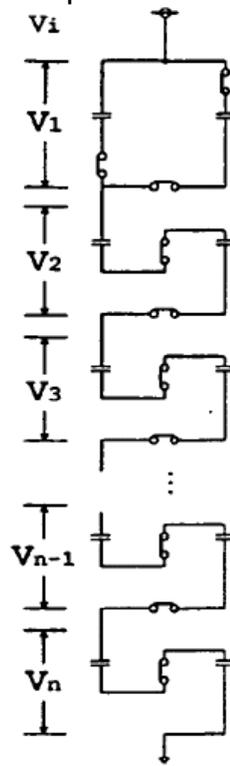


Fig. 14B

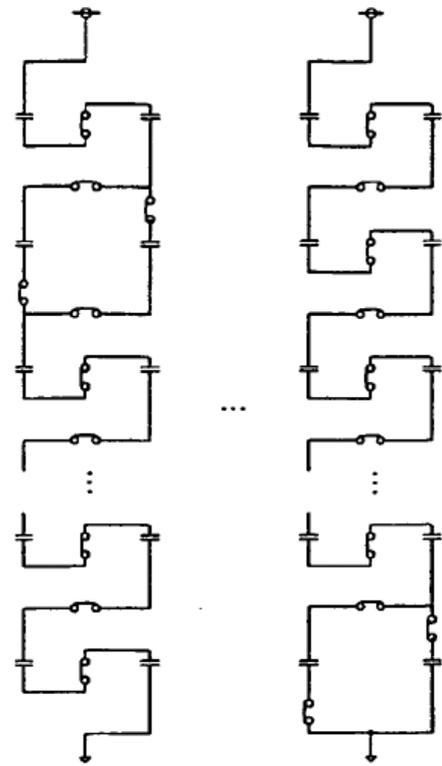


Fig. 14C

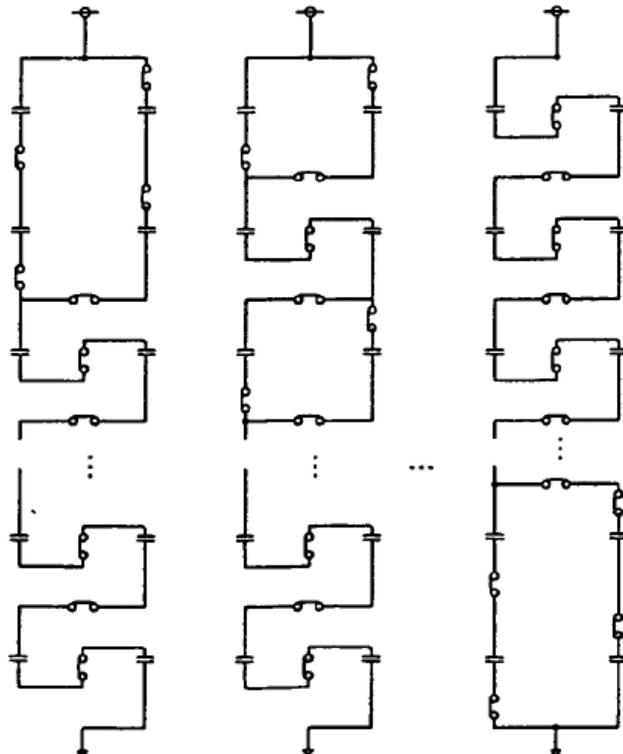


Fig.13A

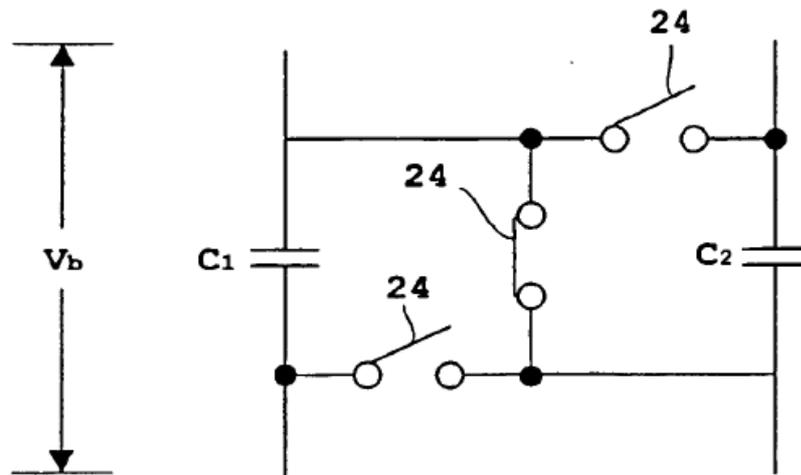


Fig.13B

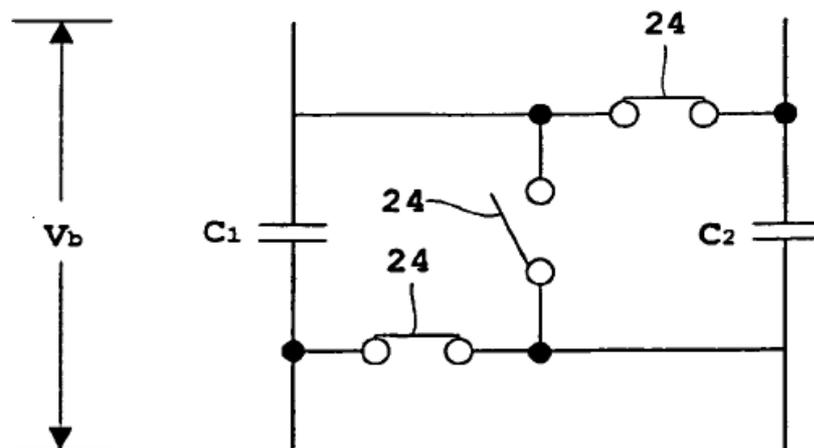


Fig. 15

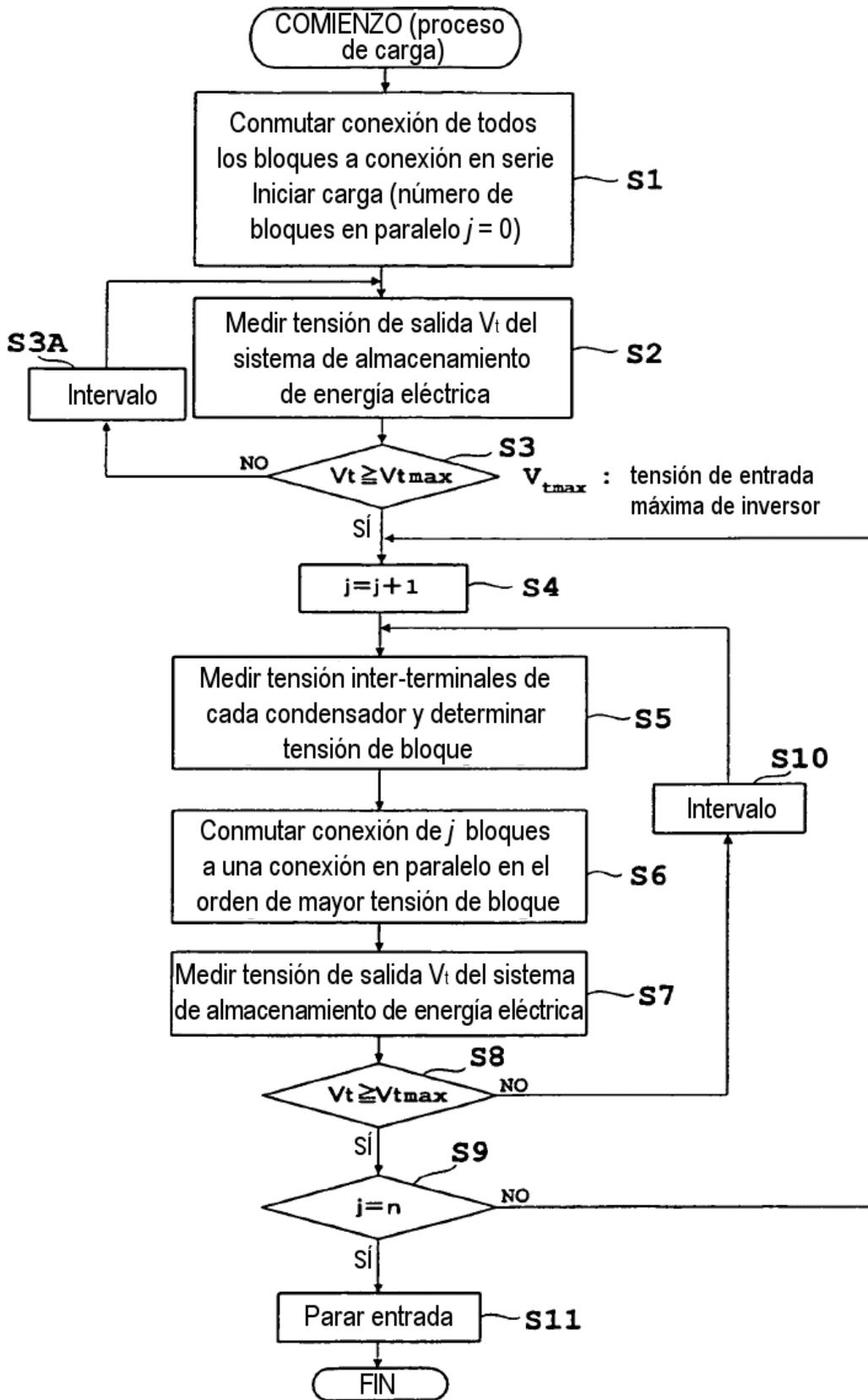


Fig.16

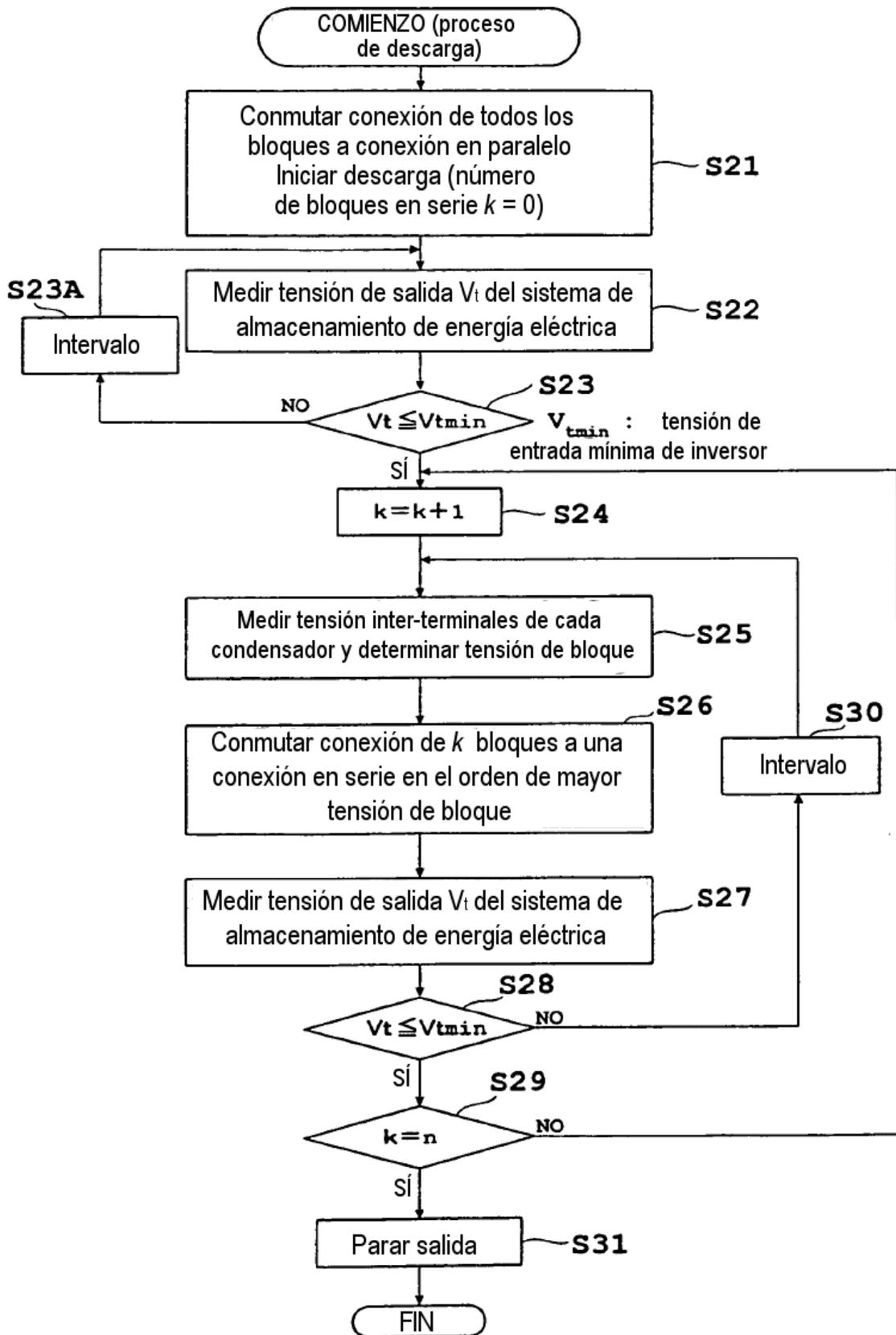


Fig. 17

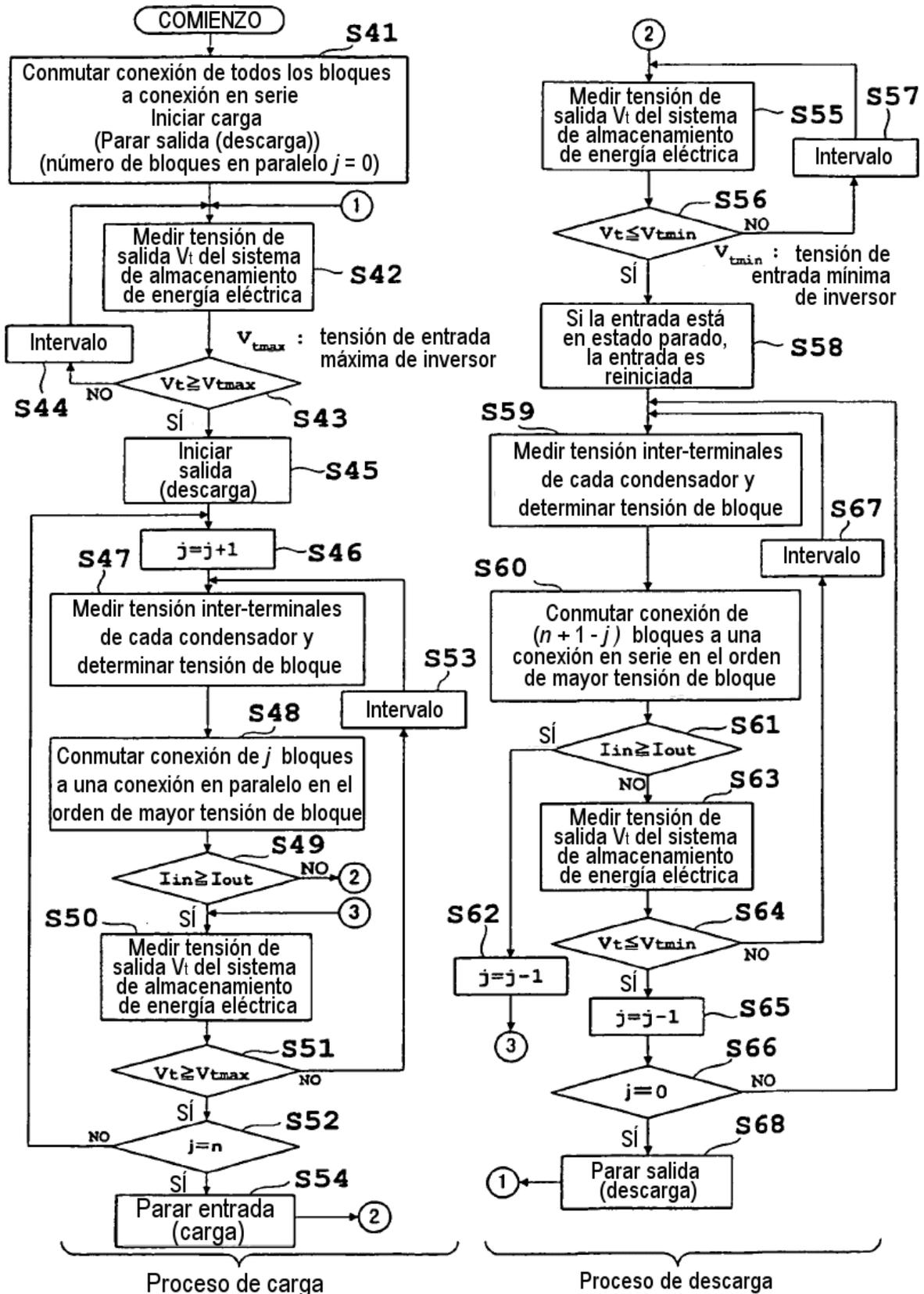


Fig.18

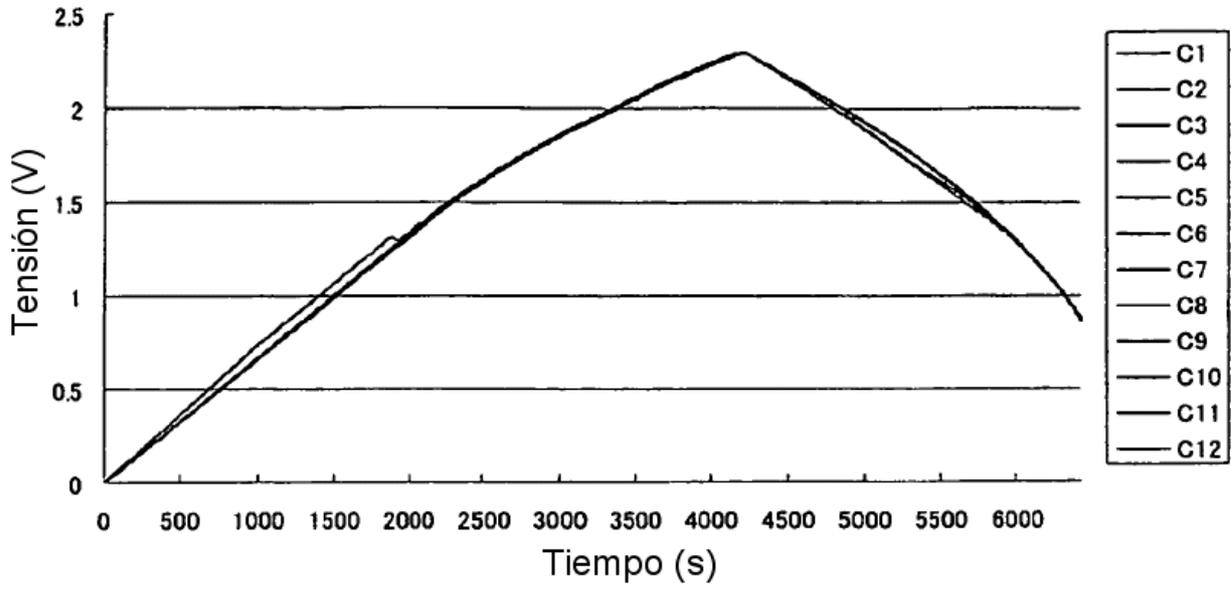


Fig.19

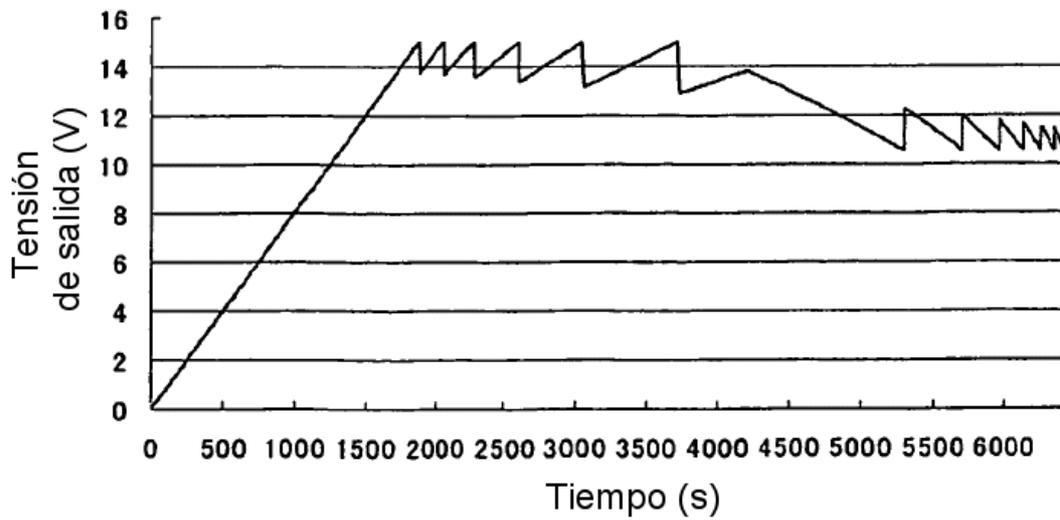


Fig. 20A

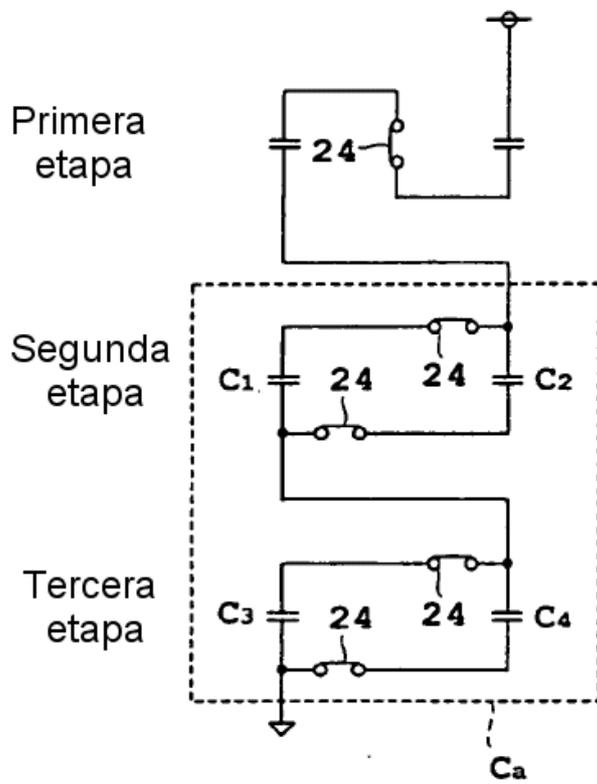


Fig. 20B

