

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 007**

51 Int. Cl.:

H02J 1/10 (2006.01)

H02J 7/00 (2006.01)

H02M 7/487 (2007.01)

H02J 9/06 (2006.01)

H02J 7/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2008 E 13152794 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2015 EP 2587620**

54 Título: **Bus de CC equilibrador de circuitos**

30 Prioridad:

21.02.2007 US 677303

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

03.12.2015

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC IT CORPORATION
(100.0%)
132 Fairgrounds Road
West Kingston, RI 02892, US**

72 Inventor/es:

NIELSEN, HENNING ROAR

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 553 007 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).

Bus de CC equilibrador de circuitos

Descripción

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0001] Fuentes de alimentación ininterrupthles (UPS) incluidas los convertidores de voltaje son parte fundamental de muchos de los sistemas eléctricos, tales como sistemas de suministro de energía para los ordenadores y servidores en centros de datos. UPS se pueden utilizar con muchos sistemas de energía típicos incluidos las conexiones individuales y de 3 fases, y se pueden utilizar con los sistemas de baja potencia (por ejemplo, un ordenador doméstico) y los sistemas de alta potencia (por ejemplo, grandes centros de datos o instalaciones de proceso). Sistemas de alta potencia suelen utilizar una conexión de energía de 3 fases (fases por ejemplo, X, Y, y Z). Un convertidor de voltaje UPS de 3 fases se utiliza típicamente para proporcionar alimentación de CA en 3 fases a una carga de 3 fases, para convertir un voltaje de CA de 3 fases de un nivel a otro, y para proporcionar energía de 3 fases a una carga en el caso de un corte de energía. Las conexiones de entrada y de salida a un convertidor de voltaje UPS de 3 fases son típicamente tres o cuatro conexiones de terminal, una conexión para cada fase de la conexión de alimentación de 3 fases y una conexión opcional de neutro. Una batería también está típicamente acoplada al convertidor de voltaje UPS y se utiliza para almacenar energía para su uso en caso de un fallo de suministro.

[0002] UPS típicos alto potencia (por ejemplo, por encima de 100 kW) son operados utilizando voltajes de entrada de CA nominales de 3x400 V (en Europa) o V 3x480 (en los EE.UU.). UPS sin transformadores pueden funcionar con una tensión de bus de CC interna de 6450 V. En tal configuración, componentes contenidos en el SAI están preferentemente clasificados para operación, al menos, de 1.200 V, debido a grandes excesos de voltaje asociados con inductancias sueltas de módulos de transistores aislantes físicamente grandes bipolares (IGBT) módulos. El uso de componentes de 1200 V, sin embargo, por lo general conduce a un aumento de las pérdidas de conducción y conmutación, reduciendo así la eficiencia.

[0003] Además, un desequilibrio en los voltajes de bus de alimentación de CC del SAI disminuye su eficiencia.

[0004] ANNETTE VON JOUANNE ET AL: "A Multilevel Inverter Approach Providing DC-Link Balancing, Ride-Through Enhancement and Common-Mode Voltage Elimination" muestra un circuito de equilibración de voltaje CC. Se divulga el uso de convertidores de mínimo y máximo para equilibrar la tensión de punto neutro en un sistema de tres niveles.

[0005] US 6 459 596 B1 y US 5 644 483 A divulga un rectificador que equilibra los voltajes de cuatro niveles.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0006] La invención se define por las características de la reivindicación 1.

[0007] Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

[0008] Las capacidades de la invención, además de la propia invención, se comprenderán más plenamente después de una revisión de las siguientes figuras, descripción detallada y reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

[0009]

- FIG. 1 es un diagrama esquemático de un ejemplo de UPS 3-fase.
- FIG. 2 es un diagrama de circuito de un convertidor de AC / DC ejemplar.
- FIG. 3 es un gráfico que representa una señal de potencia ejemplar proporcionada al convertidor AC / DC de la figura. 2.
- FIGS. 4A-4C son gráficos que representan los estados de conmutación en el convertidor de AC / DC de la figura. 2.
- FIG. 5 es un diagrama de circuito de un circuito de control de modulación de anchura de impulsos ejemplar.
- FIG. 6 es un diagrama de señales de control ejemplares para su uso con el circuito de control de modulación de anchura de pulso de la figura. 5.
- FIG. 7 es un diagrama de circuito de un convertidor DC / AC ejemplar.
- FIG. 8 es un gráfico que representa las señales de alimentación de CA y CC ejemplares.
- FIG. 9A-9C son gráficos que representan estados de interruptores en el convertidor DC / AC de la figura. 8.
- FIG. 10 es un diagrama de circuito de un convertidor AC / AC ejemplar.
- FIG. 11 es un diagrama de circuito de un convertidor DC / DC ejemplar.
- FIG. 12 es un diagrama de circuito de un equilibrador de bus de CC de acuerdo con una realización de la invención.

FIG. 13 es un gráfico que representa señales ejemplares para el control de interruptores incluidos en el equilibrador de bus de CC de la fig. 12.

FIG. 14 es un diagrama de flujo de un proceso para proporcionar energía de los UPS de 3 fases que se muestran en la figura. 1.

5

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0010] Los siguientes ejemplos proporcionan técnicas para proporcionar una fuente de alimentación de 3 fases ininterrumpida a una carga. Por ejemplo, un transformador de 3 fases de alimentación ininterrumpida incluye convertidores AC / DC (por ejemplo, factor de potencia Módulos de corrección), convertidores DC / AC (por ejemplo, inversores), un módulo de DC / DC de conversión, varios buses de CC y un equilibrador del bus de CC. Los convertidores AC / DC reciben alimentación de CA de 3 fases (por ejemplo, 3 x 400 V o 3 x 480 V fase-fase) de una fase 3 fuente de alimentación y convertir la energía de 3 fases en corriente continua (por ejemplo, con múltiples niveles de tensión). Cada uno de los convertidores AC / DC recibe una fase de la conexión de alimentación de 3 fases. Durante el funcionamiento normal (por ejemplo, cuando se recibe la energía de 3 fases adecuadas de la fuente de alimentación de 3 fases), la alimentación de CC presentes en los buses de CC proporciona alimentación a los convertidores DC / AC. Por otra parte, durante el funcionamiento normal, un convertidor CC / CC convierte la corriente continua de energía presente en los autobuses de DC a un voltaje que se utiliza para cargar la batería. Durante otras ocasiones (por ejemplo, cuando la potencia de 3 fases es insuficiente o no está disponible), se proporciona alimentación de CC a los convertidores DC / AC de la batería. Los convertidores DC / AC convierten la corriente continua en alimentación de CA de 3 fases de (por ejemplo, cada uno de los convertidores DC / AC proporcionan una única fase de la señal de 3 fases). Las tensiones recibidas por los convertidores AC / DC y de las tensiones proporcionadas por los convertidores DC / AC pueden ser iguales o diferentes. Durante el funcionamiento normal o de otra manera, el equilibrador de bus de CC equilibra las tensiones presentes en los buses de CC al trasladar la energía entre los buses de CC.

[0011] Haciendo referencia a la figura. 1, un UPS 5 incluye módulos de AC / AC 10, 20, y 30, un módulo DC / DC 40, una batería 50, y los autobuses 60, 61, 62, 63 y 64. El módulo AC / AC 10 incluye un convertidor AC / DC 11 acoplado a un convertidor 12 DC / AC a través de los buses 60, 61, 62, 63 y 64. El módulo AC / AC 20 incluye un convertidor 21 AC / DC acoplado a un convertidor DC / AC 22 a través de los buses 60, 61, 62, 63, y 64. El módulo AC / AC 30 incluye y el convertidor AC / DC 31 acoplado a un convertidor DC / AC 32 a través de los buses 60, 61, 62, 63, y 64. El módulo DC / DC 40 incluye un convertidor DC / DC 41 y un equilibrador de bus de CC 42. El convertidor DC / DC 41 se acopla al equilibrador de bus DC 42 a través de los buses 60, 61, 62, 63 y 64. Los módulos de AC / AC 10, 20 y 30, y el módulo DC / DC 40 están interconectados a través de los buses 60, 61, 62, 63, y 64. El UPS 5 está configurado para proporcionar potencia a una carga (no se muestra) ya sea de alimentación de potencia de 3 fases, acoplado al SAI 5 y / o de la energía almacenada en la batería 50.

[0012] Cada uno de los módulos AC / AC 10, 20, y 30 están configurados para recibir una fase (por ejemplo, la fase X, Y, o Z) de una alimentación de potencia de 3 fases a una primera tensión de corriente alterna, y para proporcionar un segundo voltaje de CA a través de una salida. El convertidor de AC / DC 11 incluye entradas 13 y 14; el convertidor de AC / DC 21 incluye entradas 23 y 24; y el convertidor de AC / DC 31 incluye entradas 33 y 34. El convertidor DC / AC 12 incluye salidas 15 y 16; el convertidor DC / AC 22 incluye salidas 25 y 26; y el convertidor DC / AC 32 incluye salidas 35 y 36. Cada uno de los módulos de AC / AC 10, 20, y 30 están configurados para ser acoplados a una fase de una alimentación de energía de 3 fases y a una conexión de neutro. Por ejemplo, la entrada 13 del convertidor de AC / DC 11 se puede acoplar a la fase de X, la entrada 23 del convertidor de AC / DC 21 puede ser acoplado a la fase de Y, y la entrada 33 del convertidor de AC / DC 31 puede ser acoplado a la fase Z. Las entradas 14, 24, y 34 están configurados para ser acoplados a la conexión del neutro de la alimentación de energía de 3 fases (o una conexión a tierra). Cada uno de los módulos AC / AC 10, 20, y 30 están configurados para proporcionar una salida que incluye una fase de una salida de 3 fases, aunque son posibles otras configuraciones. Por ejemplo, la salida 15 se puede configurar para proporcionar la salida de fase X, la salida 25 se puede configurar para proporcionar la salida de fase Y, y 35 se puede configurar para proporcionar la salida de fase Z. Cada una de las salidas 16, 26 y 36 están configurados para ser acoplados a una conexión de neutro de una carga. Cada uno de los módulos AC / AC 10, 20, y 30 están configurados para compartir el poder a través de los autobuses 60, 61, 62, 63, y 64.

[0013] El módulo DC / DC 40 puede recibir energía de (es decir, cuando está en un estado de carga) y proporcionar energía a (es decir, cuando está en un estado de descarga) los módulos de AC / AC 10, 20, y / o 30. El convertidor DC / DC 41 está configurado para ser acoplado a la batería 50 a través de conexiones 43, 44, y 45. La conexión 44, no obstante, es opcional. La batería 50 es preferiblemente una batería de ácido plomo, aunque se pueden usar otros tipos de baterías. El módulo DC / DC 40 está configurado para proporcionar alimentación de CC a la batería 50 (cargando de ese modo la batería 50) cuando una alimentación de potencia de 3 fases deseada está presente en las entradas 13, 23 y 33 (es decir, el estado de carga). Del mismo modo, el módulo DC / DC 40 está configurado para proporcionar uno o más voltajes de CC, utilizando la energía de la batería 50, a los módulos de AC / AC 10, 20, y 30 en ausencia de una fuente de alimentación de 3 fases deseada en las entradas 13, 23, y 33 (es decir, el estado de descarga). El estado en que el módulo DC / DC 40 está funcionando se puede controlar mediante un controlador (no mostrado) que está configurado para controlar, por ejemplo, la entrada de CA de 3 fases. El convertidor DC / DC 41

está configurado, en el estado de carga, para recibir un voltaje DC fijado de los módulos de AC / AC 10, 20, y 30 y para convertir la tensión de CC se establece en un voltaje de carga de batería DC deseada por la batería 50. El DC / DC 41 está configurado además para, durante el estado de descarga, recibir alimentación de CC desde la batería 50 en el voltaje de la batería de carga, y para convertirlo en el conjunto de voltaje DC. El convertidor DC / DC 41 está configurado para proporcionar la tensión de CC en los módulos de AC / AC 10, 20 y 30 durante el estado de descarga. El convertidor DC / DC 41 se acopla al equilibrador de bus DC 42 a través de los buses 60, 61, 62, 63 y 64. El equilibrador de bus de CC 42 está configurado para equilibrar tensiones presentes en los buses 60, 61, 62, 63, y 64, como se describirá en más detalle a continuación.

[0014] El UPS 5 está configurado para determinar si la potencia de entrada adecuada está presente en las entradas a los módulos de AC / AC 10, 20 y / o 30. El UPS 5 puede detectar la presencia de potencia adecuada en las entradas a los módulos de AC / AC utilizando uno o más métodos y / o circuitos. Por ejemplo, el UPS 5 puede incluir circuitería configurada para determinar si una tensión de CA presente en las entradas 13, 23, 33, en su caso, está a un nivel deseado. El UPS 5 también puede incluir circuitos configurados para monitorear en qué estado del convertidor DC / DC 41 está funcionando (por ejemplo, la carga o el estado de descarga) y si una tensión continua está presente en los autobuses 60, 61, 63 y / o 64 . Por ejemplo, si el convertidor DC / DC 41 está operando en el estado de carga, y la respectiva tensión continua en los autobuses 60, 61, 63 y / o 64 cae por debajo de un nivel deseado respectivo, los circuitos pueden proporcionar una señal que indica que la tensión alterna que suministra a los convertidores AC / AC 11, 21 y 31 ha caído por debajo de los niveles deseados. Otros métodos y / o circuitos pueden ser utilizados para detectar si el voltaje de entrada AC está por debajo de los niveles deseados. El UPS 5 está además configurado para desconectarse de la alimentación de energía de 3 fases (por ejemplo, mediante el establecimiento de conmutadores (como se describe a continuación) para posiciones de apagado).

[0015] La modulación de anchura de pulso controladores (PWM) está configurada para controlar el funcionamiento de al menos algunos de los componentes en el UPS 5. Por ejemplo, controladores PWM separados se pueden utilizar para los convertidores AC / DC 11, 21 y 31, los convertidores DC / AC 12, 22, y 32, el módulo DC / DC 41, y el equilibrador bus DC 42, aunque otras configuraciones son posibles. Por ejemplo, se pueden usar controladores PWM separados que tienen la misma configuración física, pero utilizando diferentes señales de control, o alternativamente, se pueden utilizar controladores PWM que tienen configuraciones físicas no idénticas. El controlador PWM se puede configurar para controlar la conmutación de una porción de los conmutadores como una función de la frecuencia y la fase de la señal de entrada de CA (por ejemplo, usando un bucle de retroalimentación), o se puede ajustar de acuerdo con una salida deseada (por ejemplo, para proporcionar energía de una frecuencia y de fase deseada a una carga acoplada a los convertidores DC / AC 12, 22, y 32).

[0016] Haciendo referencia a la figura. 2, un convertidor AC / DC 200 (por ejemplo, un ejemplo de la AC / DC convertidores 11, 21 y 31) incluye diodos 205, 215, 225, 235, 245, y 255, conmutadores 210, 220, 230, 240, 250, y 260 (S1, S2, S3, S4, S5, S6), un condensador 280, y un inductor 285. Los interruptores 210, 220, 230, 240, 250, y 260 son transistores bipolares aislados (IGBT), aunque otros interruptores pueden ser utilizados. Preferiblemente, los interruptores 210, 220, 250, y 260 tienen una calificación de tensión máxima de 600 V y los interruptores 230 y 240 tienen un valor nominal máximo de tensión de 1200V, aunque otras tensiones nominales son posibles. Una entrada 202 está configurada para ser acoplada a, por ejemplo, una fase de la alimentación de energía de 3 fases (por ejemplo, la fase X). Acoplado entre la entrada 202 y una conexión a tierra es el condensador 280. Un nodo 286 del inductor 285 también está acoplado a la entrada 202. Acoplado a un nodo 287 del inductor 285 es un ánodo 227 del diodo 225, un emisor 232 del conmutador 230, un cátodo 236 del diodo 235, y un colector 241 del conmutador 240. Un cátodo 226 del diodo 225 está acoplado a un colector 231 del conmutador 230. Un ánodo 237 del diodo 235 está acoplado a un emisor 242 del conmutador 240. El cátodo 226, el colector 231, un ánodo 207 del diodo 205, un emisor 212 del conmutador 210, un cátodo 216 del diodo 215, y un colector 221 del conmutador 220 están acoplados juntos. El ánodo 237, el emisor 242, un ánodo 247 del diodo 245, un emisor 252 del conmutador 250, un cátodo 256 del diodo 255, y un colector 261 del conmutador 260 se acoplan entre sí. Un cátodo 206 del diodo 205 y un colector 211 del conmutador 210 están acoplados a una salida 235. Un ánodo 217 del diodo 215 y un emisor 222 del conmutador 220 están acoplados a una salida 240. Un cátodo de 246 de la diodo 245 y un colector 251 del conmutador 250 están acoplados a una salida 245. Un ánodo 257 del diodo 255 y un emisor 262 del conmutador 260 están acoplados a una salida 250. Las puertas, 213, 223, 233, 243, 253, y 263 de los conmutadores 210, 220, 230, 240, 250, y 260, respectivamente, están cada uno acoplados a un controlador de modulación de anchura de impulsos 275 como se describirá en más detalle a continuación. Las salidas 265, 266, 267, y 268 están configurados para ser acoplados a los autobuses, 64, 63, 61, y 60, respectivamente. El inductor 258 preferiblemente tiene una inductancia de 100 uH, aunque otras inductancias pueden ser utilizados (por ejemplo, en función de la potencia nominal del sistema 5). El condensador tiene preferiblemente una capacidad de 200 uF, aunque otras capacidades pueden ser utilizados (por ejemplo, en función de la potencia nominal del sistema 5).

[0017] El convertidor AC / DC 200 está configurado para recibir alimentación de CA de, por ejemplo, una fase de conexión de alimentación de 3 fases para proporcionar una salida de corriente continua multi-nivel a través de las salidas 265, 266, 267, y 268. Por ejemplo, cuando el convertidor de AC / DC 200 está en funcionamiento y la entrada 202 está acoplada a una fuente de alimentación 480 VAC, el convertidor de AC / DC 200 puede inducir un voltaje (con respecto a una conexión de neutro de la alimentación de potencia) de alrededor de 450 VDC a través de la salida 265 y la conexión neutral, una tensión de alrededor de 150 VDC a través de la salida 266 y el neutro, un

voltaje de alrededor de -150 V CC a través de la salida 267 y el neutro, y un voltaje de alrededor de -450 VDC a través de la salida 268 y el neutro. Del mismo modo, el convertidor de AC / DC 200 está configurado para inducir una tensión de alrededor de 300 VDC a través de las salidas 265 y 266 (V1), las salidas 266 y 267 (V2), y las salidas 267 y 268 (V3).

[0018] Preferiblemente, el voltaje inducido en las salidas 265 y 268 es una función de la tensión de entrada. La tensión inducida en las salidas 265 y 268 es preferiblemente igual o mayor que la tensión a través del condensador 280 multiplicado por $\sqrt{2}$ root). El voltaje a través del condensador 280 (es decir, el voltaje de fase-neutro) es preferiblemente sustancialmente igual a

$$\frac{(\text{Voltaje en entrada 202})}{\sqrt{3}} = (\text{Fase} - \text{Voltaje Neutro}) \quad (1)$$

(si una conexión neutral está disponible) y la tensión de pico instantánea a través del condensador 280 varía entre \pm (Fase – Voltaje Neutro) ($\sqrt{2}$). Preferiblemente, el convertidor de AC / DC 200 está configurado de manera que la tensión de provisto en la salida 265 es mayor que la tensión instantánea de pico positivo a través del condensador 280 y el voltaje proporcionado en la salida 268 es menor que la tensión instantánea pico negativo a través del condensador 280. Por ejemplo, suponiendo una entrada de 480 V en la entrada 202, la fase neutra es de aproximadamente 277 Vrms, y la tensión de pico instantánea a través del condensador 280 es de aproximadamente 392 V. Por lo tanto, en este ejemplo, el convertidor de AC / DC 200 está configurado de manera que la salida 265 emite una tensión de aproximadamente 392 V o superior (por ejemplo, 450 V) y la salida 268 emite una tensión de alrededor de -392 o menos (por ejemplo, -450 V). El aumento de la diferencia entre el valor absoluto de la salida en la voltajes salidas 265 y 268 y el valor absoluto de los voltajes de pico instantáneo a través del condensador 280 puede aumentar la tolerancia de funcionamiento del sistema 5.

[0019] La combinación del condensador 280, el inductor 285, y los conmutadores 210, 220, 230, 240, 250, y 260 está configurada para actuar como un convertidor elevador y para convertir la señal de CA que se suministra a la entrada 202 en una de onda de cuatro niveles cuasi-cuadrado (por ejemplo, como se muestra como una señal 305 en la Fig. 8) en el nodo 287 del inductor 285. La tensión en el nodo 287 puede variar dependiendo del estado de los interruptores 210, 220, 230, 250, 260 (como se describe más completamente a continuación). Por ejemplo, cuando el valor instantáneo de la tensión de CA presente en la entrada 202 es entre un primer nivel de tensión igual a la tensión DC en el nodo 265 (por ejemplo, 450 V, según lo determinado por la configuración del convertidor AC / DC 200) y un segundo nivel de tensión igual a la tensión DC en el nodo 266 (por ejemplo, 150 V), la onda cuadrada en el nodo de 287 del inductor 285 oscila entre estos valores (en este caso 450 V y 150 V); cuando el valor instantáneo de la tensión de CA presente en la entrada 202 está entre el segundo nivel de tensión igual a la tensión DC en el nodo 266 y un tercer nivel de tensión igual a la tensión DC en el nodo 267 (por ejemplo, -150 V), la onda cuadrada en el nodo 287 del inductor 285 oscila entre estos valores (por ejemplo, -150 V y -150 V); y cuando el valor instantáneo de la tensión de CA presente en la entrada 202 está entre el tercer nivel de tensión igual a la tensión DC en el nodo 267 y un cuarto nivel de tensión igual a la tensión DC en el nodo 268 (por ejemplo, -450 V), la onda cuadrada en el nodo 287 del inductor 285 oscila entre estos valores (por ejemplo, -150 V y -450 V). Además, la combinación del condensador 280 y el inductor 285 está configurado para actuar como un filtro de paso bajo.

[0020] El convertidor AC / DC 200 está configurado para inducir tensiones en las salidas 265, 266, 267, y 268 por la conmutación de los interruptores 210, 220, 230, 240, 250, y 260. Los conmutadores están configurados para ser accionados por el controlador PWM 275. El controlador PWM 275 está configurado para controlar los interruptores 210, 220, 230, 240, 250, y 260, según en cuál de los tres estados está funcionando el convertidor de AC / DC 200. Con referencia también a la figura. 3, el convertidor de AC / DC 200 está configurado para operar en tres estados. El primer estado corresponde a cuando la tensión de entrada recibida por la entrada 202 está por encima de un tercio de la tensión proporcionada por la salida 265 (por ejemplo, si la tensión de entrada máxima es 6450 VAC, entonces el primer estado corresponde a cuando la entrada está por encima 150 V). El segundo estado corresponde a cuando la entrada recibida por la entrada 202 es entre un tercio de la tensión proporcionada por la salida 265, y un tercio de la tensión proporcionada por la salida 268 (por ejemplo, 150 V y -150V). El tercer estado corresponde a cuando la entrada recibida por la entrada 202 está por debajo de un tercio de la tensión proporcionada por la salida 268 (por ejemplo, por debajo de -150 V). Con referencia también a la figura. 4, el controlador PWM 275 está configurado de tal manera que durante el primer estado de los interruptores 230 y 250 se establecen en su estado de encendido (conductores) los conmutadores 240 y 260 se establecen en su estado de apagado (no conductores), y los interruptores 210 y 220 oscilan entre sus estados apagado y encendido (Fig. 4A). El controlador PWM 275 está configurado de manera que durante el segundo estado, los interruptores 220 y 250 están encendidos, los conmutadores 210 y 260 están apagados, y los conmutadores 230 y 240 están oscilando (Fig. 4B). El controlador PWM 275 está configurado de tal manera que durante el tercer estado, los interruptores 220 y 240 están encendidas, los conmutadores 210 y 230 están apagados, y los conmutadores 250 y 260 están oscilando (Fig. 4C).

[0021] Haciendo referencia a las figuras. 5-6, el controlador PWM 275 está configurado para controlar los interruptores 210, 220, 230, 240, 250, y 260, usando señales de control. El controlador PWM 275 incluye comparadores 505, 515, y 525, y los inversores lógicos 510, 520, y 530. El controlador PWM 275 está configurado para hacer que el convertidor de AC / DC 200 opere en los estados descritos en el presente documento con el fin de convertir una señal entrante de corriente alterna a las señales de CC descritas en este documento. Una entrada positiva 506 del comparador 505 está acoplada a una fuente de señal de modulación sinusoidal (para recibir una señal 605), y una entrada negativa 507 del comparador 505 está acoplada a una señal portadora primera PWM 610. Una entrada positiva 516 del comparador 515 está acoplada a la señal de modulación sinusoidal, y una entrada negativa 517 del comparador 515 está acoplada a una segunda señal de PWM portador 615. Una entrada positiva 526 del comparador 525 está acoplada a la señal de modulación sinusoidal, y una entrada negativa 527 del comparador 525 está acoplada a una tercera señal PWM 620. Una salida 508 del comparador 505 está acoplada al conmutador 210, y el interruptor 220 a través del inversor lógico 510. Una salida 518 del comparador 515 está acoplada al conmutador 230 y al conmutador 240 a través del inversor lógico 520. Una salida 528 del comparador 525 está acoplada al conmutador 250 y al conmutador 260 a través del inversor lógico 530.

[0022] Las señales de control utilizadas por el controlador PWM 275 se han seleccionado para lograr el patrón de conmutación deseada de los conmutadores 210, 220, 230, 240, 250, y 260. Las señales 605, 610, 615, y 620 son preferentemente de voltaje bajo, generadas, por ejemplo, por un generador de onda. La señal de onda sinusoidal 605 es una señal sinusoidal que tiene una frecuencia y fase aproximadamente igual a la frecuencia y la fase de la alimentación de potencia proporcionada a la entrada 202. La señal de onda sinusoidal 605 tiene una amplitud de pico aproximadamente igual a un umbral 625, que puede ser de diversos valores, por ejemplo, 1V. Los primeros soportes PWM 610, 615, y 620 son ondas triangulares que tienen una frecuencia sustancialmente igual a la frecuencia de conmutación PWM deseada del convertidor AC / DC 200, aunque otras frecuencias son posibles. La frecuencia de conmutación PWM del convertidor AC / DC 200 se elige preferiblemente como un punto medio entre las pérdidas de conmutación IGBT y el tamaño físico y coste de las bobinas de entrada y salida y los condensadores (por ejemplo, el condensador 280 (C5) y el inductor 285). Un valor máximo de la señal de control PWM 610 es aproximadamente igual al umbral de 625 y un valor mínimo de la primera señal de control PWM 610 es aproximadamente igual a un tercio del umbral 625. Un máximo, el valor de la señal de control PWM 615 es aproximadamente igual a un tercio del umbral de 625 y un valor mínimo de la señal de control PWM 615 es aproximadamente igual al negativo de un tercio del umbral 625. Un valor máximo de la señal de control PWM 620 es aproximadamente igual al negativo de un tercio del umbral 625 y un valor mínimo de la señal de control PWM 620 es aproximadamente igual al umbral de 625 multiplicado por -1.

[0023] El controlador PWM 275 está configurado para conmutar los interruptores 210, 220, 230, 240, 250, y 260 utilizando la señal de onda sinusoidal de modulación 605 y las señales de control PWM 610, 615, y 620. A medida que la señal de modulación de onda sinusoidal 605 varía, el comparador 505 emitirá ya sea un lógico uno o un lógico cero, correspondiente a cuál sea mayor de la entrada positiva 506 o la entrada negativa 507. El comparador 505 está configurado para emitir un uno lógico si la entrada positiva 506 es mayor que la entrada negativa 507, (por ejemplo, el voltaje de la señal de modulación de onda sinusoidal 605 es mayor que el voltaje de la señal de control PWM 610). Del mismo modo, el comparador 505 está configurado para salida de un cero lógico si la entrada positiva 506 es menor que la entrada negativa 507, el voltaje de la señal de modulación de onda sinusoidal 605 es menor que el voltaje de la señal de control PWM 610). Mientras que la discusión anterior se ha centrado en la operación del comparador 505, la operación de los comparadores 515 y 525 es preferentemente similar. Preferiblemente, el controlador PWM 275 está configurado para insertar pequeñas "bandas muertas" de tal manera que hay un ligero retraso entre la desconexión de cualquier conmutador dado y la conexión de otro interruptor (por ejemplo, para proteger contra pares no deseados de los interruptores estar en forma simultánea). Los interruptores 210, 220, 230, 240, 250, y 260 están configurados de tal manera que una lógica 1 enciende el interruptor, mientras que un lógico 0 apaga el interruptor, aunque lo contrario es posible.

[0024] El controlador PWM 275 puede configurarse para variar el ciclo de trabajo en el que los interruptores que control se conmutan. Por ejemplo, usando las señales 610, 615, 620 y 625, el ciclo de trabajo de los interruptores que repetidamente se están alternando se varía (por ejemplo, en el primer estado, los interruptores 210 y 220). Al comparar los intervalos 630 y 635, los cuales indican cuándo el interruptor 210 está encendido y el interruptor 220 está desactivado, el intervalo 630 es mayor que el intervalo 635.

[0025] Haciendo referencia de nuevo a la figura. 2, se describirá ejemplos de la operación del convertidor de AC / DC 200. El convertidor de AC / DC 200 está configurado para proporcionar los respectivos voltajes de CC a las salidas 265, 266, 267, y 268, actuando como un convertidor de refuerzo, por ejemplo, en el primer estado cuando el interruptor 220 está encendido y el interruptor 210 está apagado, el inductor 285 almacenará energía. Cuando el conmutador 220 está apagado, la energía almacenada en el inductor 285 hace que una corriente pase libremente a través del diodo 205. En el segundo estado, cuando el interruptor 230 está encendido y el interruptor 240 está desactivado, el inductor 285 almacenará energía. Cuando el interruptor 230 está apagado, el inductor 285 provoca una corriente de rueda libre a través del diodo 235. En el tercer estado, cuando el conmutador 250 está activado, y el conmutador 260 está apagado, el inductor 285 almacenará energía. Cuando el conmutador 250 está apagado, la energía almacenada en el inductor 285 (L1) hace que una corriente pase libremente a través del diodo 255.

5 **[0026]** Haciendo referencia a las figuras. 2 y 7, un convertidor DC / AC 700 (p.ej., un ejemplo de los convertidores DC / AC es 12, 22, y 32) incluye diodos 705, 715, 725, 735, 745, y 755; interruptores 710, 720, 730, 740, 750 y 760, las entradas 765, 766, 767 y 768; un filtro 770, y una salida 702. Los interruptores 710, 720, 730, 740, 750, y 760 son IGBTs aunque otros transistores pueden utilizarse. Las entradas 765, 766, 767, y 768 están configuradas para recibir alimentación de CC de, por ejemplo, el convertidor de AC / DC 200. Acoplado a la salida 702 es un ánodo 727 del diodo 725, emisor 732 del conmutador 730, un cátodo 736 del diodo 735, y un colector 741 del conmutador 743. Un cátodo 726 del diodo 725 está acoplado a un colector 731 del conmutador 730. Un ánodo 737 del diodo 735 está acoplado a un emisor 742 del conmutador 740. El cátodo 726, el colector 731, un ánodo 707 del diodo 705, un emisor 712 del conmutador 710, un cátodo 716 del diodo 715, y un colector 721 del conmutador 720 se acoplan entre sí. El ánodo 737, el emisor 742, un ánodo 747 del diodo 745, un emisor 752 del conmutador 750, un cátodo 756 del diodo 755, y un colector 761 del conmutador 760 se acoplan entre sí. Un cátodo 706 del diodo 705 y un colector 711 del conmutador 710 se acopla a la entrada 765. Un ánodo 717 del diodo 715 y un emisor 722 del conmutador 720 se acopla a la entrada 766. Un cátodo 746 del diodo 745 y un colector 751 del conmutador 750 se acopla a la entrada 767. Un ánodo 757 del diodo 755 y un emisor 762 del conmutador 760 se acopla a la entrada 768. Bases 713, 723, 733, 743, 753, y 763 de los interruptores 710, 720, 730, 740, 750, y 760 (S7, S8, S9, S10, S11, S12), respectivamente, están cada una acoplada a un controlador de modulación de ancho de pulso, como se describirá en más detalle a continuación. El emisor 732 del conmutador 730, el ánodo 727 del diodo 725, el colector 741 del conmutador 740, y el cátodo 736 del diodo 735 (es decir, la definición de nodo 772) están acoplados al filtro 770. El filtro 770 incluye el inductor 785 y el condensador 790 (C6). El inductor 785 (L2) está acoplado entre el nodo 772 y la salida 702. El condensador 790 está acoplado entre la salida 702 y el suelo. El inductor 785 preferiblemente tiene una inductancia de 100 mH, aunque otras inductancias pueden ser utilizadas (por ejemplo, en función de la potencia nominal del sistema 5). El condensador 790 tiene preferiblemente una capacidad de 200 mF, aunque otras capacidades pueden ser utilizados (por ejemplo, en función de la potencia nominal del sistema 5).

25 **[0027]** El convertidor DC / AC 700 está configurado para recibir alimentación de CC de, por ejemplo, el convertidor de AC / DC 200, y para proporcionar una salida de CA a través de la salida 702. Por ejemplo, cuando el convertidor DC / AC 700 se encuentra en operación, y las entradas 765, 766, 767, y 768 están acopladas a las salidas 265, 266, 267, y 268, respectivamente, del convertidor de AC / DC 200, una salida de CA puede ser inducida en la salida 702. El DC convertidor A / AC 700 está configurado para inducir en la salida 702 una salida de CA que tiene voltajes de pico (por ejemplo, con respecto a la conexión de neutro) aproximadamente igual a las tensiones presentes en la entrada 765 (por ejemplo, una tensión de pico positivo de la señal en la salida 702) y la entrada 768 (por ejemplo, una tensión de pico negativo de la señal en la salida 702). Otros voltajes, sin embargo, pueden ser inducidos.

35 **[0028]** El convertidor CC / CA 700 se puede realizar como una tensión o un convertidor DC / AC de corriente controlada. Preferiblemente, un bucle de tensión "exterior" se utiliza para mantener una tensión deseada cuando se opera el convertidor 700 CC / CA usando de control de corriente. Por ejemplo, un circuito de control (no mostrado) puede ser configurado para controlar el flujo de corriente en el inductor 785 y para controlar la tensión presente en la salida 702 (por ejemplo, para determinar si la salida es sinusoidal). El circuito de control puede ser configurado para ajustar una señal PWM suministrada a los interruptores 710, 720, 730, 740, 750, y 760, sobre la base de los valores de corriente y voltaje medidos para mantener la tensión de salida deseada. El convertidor DC / AC 700 se puede configurar para ser operado con una frecuencia PWM fija o variable, como se describe en el presente documento.

45 **[0029]** El convertidor DC / AC 700 está configurado para convertir los voltajes de CC presentes en las entradas 765, 766, 767, y 768 en una tensión de salida de CA al cambiar los interruptores 710, 720, 730, 740, 750, y 760. Los conmutadores están configurados para ser accionados por un controlador PWM 775 que está configurado preferiblemente de una manera similar al controlador PWM 275. Las señales de control proporcionadas al controlador PWM 775 pueden ser similares a los proporcionados al controlador PWM 275, aunque las frecuencias y / o amplitudes de las señales de control pueden variar para producir una salida deseada para una carga acoplada a la salida 702. Preferiblemente, el convertidor DC / AC 700 está configurado de tal manera que que en cualquier parte dada de un ciclo de línea (por ejemplo, un ciclo a través de los estados primero, segundo y tercero) dos de los seis interruptores 710, 720, 730, 740, 750 y 760 se encienden de una manera complementaria, mientras que los cuatro interruptores restantes o se encuentran apagados constantemente o encendidos constantemente.

55 **[0030]** Con referencia también a la figura. 8, el controlador PWM 775 puede hacer que el convertidor DC / AC 700 opere en tres estados. El primer estado corresponde a momentos en que la tensión de salida proporcionada en la salida 702 está por encima de un tercio de la tensión proporcionada en la entrada 765 (por ejemplo, la tensión en la entrada es 450 V, entonces el primer estado corresponde a los momentos en que la salida está por encima de 150 V). El segundo estado corresponde a los momentos en que la salida es proporcionada en la salida 702, siendo de entre un tercio de la tensión proporcionada en la entrada 765 y un tercio de la tensión proporcionada en la entrada 768 (por ejemplo, -150 V y 150 V). El tercer estado corresponde a momentos en que la tensión de salida proporcionada en la salida 702 está por debajo de un tercio de la tensión proporcionada en la entrada 768 (por ejemplo, por debajo de -150 V). El controlador PWM 775 está configurado de tal manera que durante el primer estado, los interruptores 730 y 750 están conectados, los conmutadores 740 y 760 están apagados, y los conmutadores 710 y 720 están oscilando (ver Fig. 9A). El controlador PWM 775 está configurado de manera que durante el segundo estado, los interruptores 720 y 750 están encendidos, los conmutadores 710 y 760 se desconectan, y los conmutadores 730 y 740 están oscilando (Fig. 9B). El controlador PWM 775 está configurado de

tal manera que durante el tercer estado, los interruptores 720 y 740 están conectados, los conmutadores 710 y 730 están apagados, y los conmutadores 750 y 760 están oscilando (Fig. 9C). En el primer estado, la configuración de conmutación de los interruptores 710, 720, 730, 740, 750, y 760 está configurada para provocar una tensión de onda cuadrada en un nodo 780 que varía entre 450 V y 150 V, con un ciclo de trabajo variable. Por ejemplo, el ciclo de trabajo de la onda cuadrada puede variar según en qué parte de qué estado el convertidor DC / AC está operando (por ejemplo, como la tensión de la salida se aproxima a 450 V en el primer estado, el ciclo de trabajo de la plaza ola se acerca al 100%). En el segundo estado, la configuración de conmutación de los interruptores 710, 720, 730, 740, 750, y 760 está configurada para causar una tensión de onda cuadrada en el nodo 780 que varía entre 150 V y -150 V, con un ciclo de trabajo variable. En el tercer estado, la configuración de conmutación de los interruptores 710, 720, 730, 740, 750, y 760 está configurada para causar una tensión de onda cuadrada en el nodo 780 que varía entre -150 y -450 V, con un ciclo de trabajo variable.

[0031] El filtro 770 está configurado para filtrar la salida proporcionada en el nodo 772 en una tensión de salida sustancialmente de CA (310) que se proporciona a la salida 702. El filtro 770 puede ser un filtro de paso bajo LC, aunque otras configuraciones de filtro son posibles.

[0032] Haciendo referencia a la figura. 10, el módulo CA / CA 10 incluye el convertidor de AC / DC 200, el convertidor DC / AC 700, los condensadores 905, 910, 915, y 920 (C1, C2, C3, C4). Las salidas 265, 266, 267, y 268 están acoplados a las entradas 765, 766, 767, y 768, respectivamente. El condensador 905 está acoplado entre la unión de la salida 265 y la entrada 765 y la unión de la salida 266 y la entrada 766. El condensador 910 está acoplado entre la unión de la salida 266 y la entrada 766 y la conexión neutral. El condensador 915 está acoplado entre la conexión del neutro y la unión de la salida 267 y la entrada 767. El condensador 920 está acoplado entre la unión de la salida 267 y la entrada 767 y la unión de la salida 268 y la entrada 768. Además, la unión de la salida 265 y la entrada 765 está acoplado al bus. 64. La unión de la salida 266 y la entrada 766 está acoplada al bus 63. La unión de la salida 267 y la entrada 767 está acoplada al bus 60. La unión de la salida 268 y la entrada 768 está acoplada al bus 61.

[0033] Los condensadores 905, 910, 915, y 920 están configurados para almacenar energía durante un corto período de tiempo cuando, por ejemplo, la frecuencia de la señal de potencia suministrada a la entrada 202 difiere de la frecuencia de la señal proporcionada por la salida 702 y para reducir corriente de ondulación en los buses 60, 61, 62, 63, y / o 64. El módulo de AC / AC 10 está configurada para, en funcionamiento, inducir un potencial de 300 V a través de los condensadores 905 y 920, y un potencial 150 V a través de los condensadores 910 y 915.

[0034] Haciendo referencia a las figuras. 1 y 11, un convertidor DC / DC 1.000 (p.ej., un ejemplo del convertidor DC / DC 41) está acoplado a la batería 50 e incluye diodos 1005,1015,1025, y 1.035, interruptores 1010, 1020, 1030, y 1040, condensadores 1050, 1055, 1060, 1065 (C1a, C2a, C3a, C4a), condensadores de 1070, y 1075 (C7, C8), y bobinas de 1080 y 1085 (L3, L4). Los conmutadores 1010, 1020, 1030, y 1040 (S13, S14, S15, S16) son preferiblemente IGBTs, aunque otros conmutadores pueden ser utilizados. Preferiblemente, los diodos son rápidos o diodos de recuperación ultrarrápidos inversa (por ejemplo, como se puede utilizar en otras partes del sistema 5). Un cátodo 1006 del diodo 1005 está acoplado a un colector 1011 del conmutador 1010, y está además acoplado al nodo de 1090. Un ánodo 1007 del diodo 1005, un emisor 1012 del conmutador 1010, un cátodo 1016 del diodo 1015 y un colector de 1021 del conmutador 1020 se acoplan juntos. Un ánodo 1017 del diodo 1015 y un emisor 1022 del conmutador 1020 están acoplados juntos, y están acoplados adicionalmente al nodo de 1091. Un terminal positivo del condensador de 1051 1050 está acoplado al nodo 1090 y un terminal negativo 1052 del condensador 1050 se acopla al nodo de 1091. El condensador 1070 y el inductor 1080 se acoplan entre la unión del ánodo 1007, el emisor 1012, el cátodo 1016, y el colector de 1021 y el nodo de 1092. Preferiblemente, el inductor 1080 está acoplado a la unión del ánodo 1007, el emisor 1012, el cátodo 1016, y el colector 1021, y el condensador de 1070 está acoplado al nodo de 1092. Un terminal positivo 1056 del condensador 1055 está acoplado al nodo de 1091, y un terminal negativo 1057 del condensador 1055 está acoplado al nodo 1092. Un cátodo 1026 del diodo 1025 está acoplado a un colector 1031 del interruptor de 1030, y está además acoplado al nodo de 1093. Un ánodo 1027 del diodo 1025, un emisor 1032 del conmutador 1030, un cátodo 1036 del diodo 1035, un coleccionista de 1041 del conmutador 1040 se acoplan juntos. Un ánodo 1037 del diodo 1035 y un emisor 1042 del conmutador 1040 están acoplados entre sí, y están además acoplados al nodo de 1094. Un terminal positivo 1066 del condensador 1065 está acoplado al nodo 1093 y un terminal negativo 1067 del condensador 1065 está acoplado al nodo de 1094. El condensador 1075 y el inductor 1085 se acoplan entre la unión del ánodo 1027, el emisor 1032, el cátodo 1036, y el colector 1041 y el nodo de 1092. Preferiblemente, el inductor 1085 se acopla a la unión del ánodo 1027, el emisor 1032, el cátodo 1036, y el colector 1041, y el condensador 1075 se acopla al nodo de 1092. Un terminal positivo 1061 del condensador 1060 está acoplado al nodo 1092, y el terminal negativo 1062 del condensador 1060 se acopla al nodo de 1093. Los nodos 1090, 1091, 1092, 1093, y 1094 están configurados para ser acoplados a los buses 64, 63, 62, 61, y 60, respectivamente. Los conmutadores están configurados para ser acoplado a un controlador PWM 1115. Mientras que los condensadores 1050, 1055, 1060, y 1065 han sido asignadas diferentes números de referencia en las figuras, los condensadores 1050, 1055, 1060, y 1065 pueden ser los condensadores 905, 910, 915, y 920, respectivamente.

[0035] El convertidor DC / DC 1.000 está configurado para proporcionar energía y recibir energía de las pilas 1095 y 1100. Las baterías 1095 y 1100 están acoplados al convertidor de DC / DC 1,000 a través de disyuntores 1105 y

1110. Un terminal positivo 1096 de la batería 1095 está acoplado a la unión del condensador 1070 y el inductor 1080 a través del interruptor 1105. Un terminal negativo 1097 de la batería 1095 está acoplado a un terminal positivo 1101 de la batería 1100. Un terminal negativo 1102 de la batería 1100 está acoplado a la unión del condensador 1075 y el inductor 1085 a través del interruptor 1110. Opcionalmente, el terminal negativo 1097 de la batería 1095 y el terminal positivo 1101 de la batería 1100 pueden estar acoplados al nodo 1092 para reducir la tensión máxima en los interruptores de batería. Preferiblemente, las pilas 1095 y 1100 están configuradas para recibir y proporcionar un voltaje que esté entre la tensión de pico del sistema 5 (por ejemplo, la tensión presente en el bus 64) y una tercera parte de la tensión de pico del sistema 5 (por ejemplo, la tensión presente en el bus 63). Por ejemplo, las pilas 1095 y 1100 se pueden configurar para proporcionar aproximadamente 288 V.

[0036] El convertidor DC / DC 1000 está configurado para funcionar en dos estados, un estado de carga y un estado de descarga. Durante el estado de carga del convertidor de DC / DC 1000 actúa como un convertidor reductor y recibe una primera tensión de CC fijada a los buses 60, 61, 63, y 64 para proporcionar una tensión de un primer nivel a las baterías 1095 y 1110. Durante el estado de descarga, el convertidor DC / DC 1000 recibe alimentación de CC de un segundo nivel y proporciona un segundo voltaje de CC en los autobuses 60, 61, 63, y 64, respectivamente. El primer conjunto de voltaje y el segundo conjunto de voltaje pueden ser sustancialmente iguales. La primera tensión de CC y el segundo voltaje de CC pueden ser sustancialmente iguales. Durante el estado de carga, el convertidor DC / DC 1000 cobra activamente las baterías de 1095 y 1100, y / o proporciona una carga flotante (por ejemplo, para mantener una carga de una batería totalmente cargada).

[0037] Los conmutadores 1010, 1020, 1030, y 1040 están configurados para ser controlados por un controlador PWM 1115. Preferiblemente, una configuración del controlador PWM 1115 es similar al controlador PWM 275, aunque son posibles otras configuraciones. Preferiblemente, los conmutadores 1010 y 1040 están controlados para oscilar de una manera similar (por ejemplo, tanto los conmutadores 1010 y 1040 están encendidos en aproximadamente el mismo tiempo) y los conmutadores 1020 y 1030 están controlados para cambiar de una manera similar (por ejemplo, los conmutadores 1020 y 1030 se encienden aproximadamente al mismo tiempo). Si, sin embargo, la unión del terminal negativo 1097 y el terminal positivo 1101 está acoplada al nodo 1092, cada uno de los interruptores de 1010, 1020, 1030, 1040 se puede cambiar de forma independiente. El controlador PWM 1115 está configurado para variar la tensión de carga de la batería 1095 variando el ciclo de trabajo del interruptor 1010. Del mismo modo, el controlador PWM 1115 puede variar la tensión de carga de la batería 1110 variando el ciclo de trabajo del conmutador 1040.

[0038] Cuando el convertidor DC / DC 1000 está funcionando en el estado de carga, el controlador PWM 1115 hace que el convertidor DC / DC 1000 opere como un convertidor buck cambiando repetidamente los conmutadores 1010 y 1040 mientras que mantiene los interruptores 1020 y 1030 apagados. Cuando los conmutadores 1010 y 1040 están encendidos, el convertidor DC / DC 1000 las tensiones presentes en los nodos 1090 y 1094 carga los inductores 1080 y 1085. Cuando los conmutadores 1010 y 1040 están apagados, las corrientes de estrangulamiento (por ejemplo, causada por la descarga de los inductores 1080 y 1085) pasan libremente por los diodos 1015 y 1025. El convertidor DC / DC 1000 está configurado para bajar los voltajes presentes en los nodos 1090 y 1094 mediante la variación del ciclo de trabajo en la que los conmutadores 1010 y 1040 se encienden. Por ejemplo, como el ciclo de trabajo de la señal de conmutación proporcionada por el controlador PWM 1115 aumente hacia 1, el voltaje proporcionado a las baterías 1095 y 1100 aumenta hacia la tensión presente en los nodos 1090 y 1094. Los condensadores 1070 y 1075 están configurados para reducir la corriente de ondulación mediante la filtración de componentes de alta frecuencia de la señal proporcionada a las baterías 1095 y 1110.

[0039] Cuando el convertidor DC / DC 1000 está funcionando en el estado de descarga, el controlador PWM 1115 hace que el Convertidor DC / DC 1000 funcione como un convertidor buck-boost, encendiendo repetidamente los conmutadores 1020 y 1030 y manteniendo los conmutadores 1010 y 1040 apagados. Por ejemplo, el convertidor DC / DC 1000 proporciona un voltaje aumentado de las baterías 1095 y 1100 a los nodos 1090 y 1094, y proporciona una tensión reducida a los nodos 1091 y 1093. Cuando los conmutadores 1020 y 1030 están encendidos, las baterías 1095 y 1100 dan lugar a que los inductores 1080 y 1085 almacenen energía. Cuando los conmutadores 1020 y 1030 estén apagados, la energía almacenada en los inductores 1080 y 1085 (y la energía proporcionada por las baterías de 1095 y 1100) se descarga (por ejemplo, una rueda libre) a través de los diodos 1005 y 1035, respectivamente. El convertidor DC / DC 1000 está configurado para incrementar a la tensión suministrada por las baterías 1095 y 1100 hasta el nivel deseado mediante la variación del ciclo de trabajo en la que los conmutadores 1020 y 1030 se encienden. Por ejemplo, como el ciclo de trabajo de la señal de conmutación proporcionada por el controlador PWM 1115 aumenta hacia 1, el voltaje proporcionado en los nodos 1090, 1091, 1093, y 1094 aumenta. El convertidor DC / DC 1000 también está configurado para el paso hacia abajo de la tensión suministrada por las baterías 1095 y 1100 y para proporcionar la tensión escalonada hacia abajo a los nodos 1091 y 1093. El convertidor DC / DC 1000 está configurado para reducir el voltaje a los nodos 1091 y 1093 de una manera similar a la descrita anteriormente. Los condensadores 1050, 1055, 1060, y 1065 están configurados para filtrar los componentes de alta frecuencia de las señales en los nodos 1090, 1091, 1093, y 1094.

[0040] Haciendo referencia a las FIGS. 1 y 12, un ejemplo del balanceador de bus CC 42, aquí un equilibrador del bus de CC 1200, incluye condensadores 1205 (C1b), 1210 (C2b), 1215 (C3b), 1220 (C4b), 1225 (C9), y 1230 (C10), interruptores de 1235 (S17), 1245 (S18), 1255 (S19), 1265 (S20), 1275 (S21), y 1285 (S22), diodos 1240, 1250,

1260, 1270, 1280 y 1290, y inductores 1295 (L5), 1300 (L6) y 1305 (L7). Un terminal positivo 1206 del condensador 1205, un colector 1236 del conmutador 1235, y un cátodo 1241 del diodo 1240 están acoplados a un nodo de 1310. Un emisor 1237 del conmutador 1235, un ánodo 1242 del diodo 1240, un colector 1246 del interruptor 1245, y un cátodo 1251 del diodo 1250 están acoplados juntos. Un emisor 1247 del conmutador 1245, un ánodo 1252 del diodo 1250, un colector 1256 del conmutador 1255, y un cátodo 1261 del diodo 1260 se acoplan entre sí y están acoplados además a un nodo 1311. Un emisor 1257 del conmutador 1255, un ánodo 1262 del diodo 1260, un colector 1266 del interruptor 1265, y un cátodo 1271 del diodo 1270 se acoplan entre sí. Un emisor 1267 del conmutador 1265, un ánodo 1272 del diodo 1270, un colector 1276 del conmutador 1275, y un cátodo 1281 del diodo 1280 se acoplan entre sí, y están acoplados adicionalmente al nodo 1313. Un emisor 1277 del conmutador 1275, un ánodo 1282 del diodo 1280, un colector 1286 del conmutador 1285, y un cátodo 1291 del diodo 1290 se acoplan entre sí. Un emisor 1287 del interruptor 1285, y un ánodo 1292 del diodo 1290 están acoplados entre sí, y están además acoplado al nodo de 1314. Un terminal positivo 1206 del condensador 1205 está acoplado al nodo 1310 y un terminal negativo 1,207 del condensador 1205 se acopla al nodo 1311. Un terminal positivo 1211 del condensador 1210 está acoplado al nodo de 1311 y un terminal negativo 1212 del condensador 1210 está acoplado al nodo de 1312. Un terminal positivo 1216 del condensador 1215 está acoplada al nodo 1312 y un terminal negativo 1217 del condensador 1215 está acoplado al nodo 1313. Un terminal positivo 1221 del condensador 1220 está acoplado al nodo 1313 y un terminal negativo 1222 del condensador 1220 está acoplado al nodo 1314. El condensador 1225 y el inductor 1295 están acoplados en serie entre la unión de los diodos 1240 y 1250 y la unión de los diodos 1260 y 1270. El inductor 1300 y el condensador de 1230 se acoplan entre la unión de los diodos 1260 y 1270 y la unión de los diodos 1280 y 1290. Por lo tanto, el condensador 1225, el inductor 1295, el inductor 1300, y el condensador 1230 están acoplados en serie entre la unión de los diodos 1240 y 1250 y los diodos 1280 y 1290. El inductor 1305 está acoplado entre el nodo 1312 y la unión de los diodos 1260 y 1270. El inductor 1305, sin embargo, es opcional. Por ejemplo, si los convertidores AC / DC 11, 21, y 31 están configurados para controlar una cantidad de potencia extraída de la entrada de CA en los respectivos semiciclos positivos y negativos. El equilibrador de bus de CC 1200 se puede configurar para reducir (y posiblemente eliminar) el deseo de controlar el consumo de energía en la entrada de CA usando los convertidores AC / DC 11, 21 y 31 (por ejemplo, con el fin de equilibrar los buses 60, 61, 62, 63 y 64) mediante la inclusión del inductor 1305. La combinación 1225 y el inductor 1295 definen un tanque resonante 1320, y la combinación del condensador 1230 y el inductor 1300 definen un tanque resonante 1325.

[0041] Un controlador PWM 1315 está acoplado a cada uno de los interruptores 1235, 1245, 1255, 1265, 1275, y 1285. El controlador PWM 1315 está preferiblemente configurado de una manera similar al controlador PWM 275. Por ejemplo, el controlador PWM 1315 incluye múltiples comparadores que están configurados cada uno para recibir múltiples señales de control. Las señales de control se seleccionan de tal manera que se obtiene la secuencia de conmutación deseado (por ejemplo, como se describe en este documento en el equilibrador de bus DC 42). El controlador PWM 1315 está configurado para proporcionar señales de control que preferentemente tienen una frecuencia constante y ciclo de trabajo, aunque otras configuraciones son posibles. Las señales de control proporcionadas a los conmutadores 1235, 1255, y 1275 son preferiblemente sustancialmente idénticos, y las señales de control proporcionadas a los conmutadores 1245, 1265, y 1285 son preferiblemente sustancialmente idénticos. Las señales de control tienen preferiblemente un ciclo de trabajo de aproximadamente 50%, aunque otros ciclos de trabajo son posibles. Con referencia también a la figura. 13, el controlador PWM 1315 está configurado para insertar "tiempo muerto" entre la conmutación de los interruptores de 1235, 1245, 1255, 1265, 1275, y 1285 de tal manera que los interruptores que se apagan están sustancialmente apagados por completo antes de que los otros interruptores se encienden. El uso del tiempo muerto, sin embargo, es opcional. El controlador PWM 1315 está configurado para proporcionar una señal de control de tal manera que los interruptores 1235, 1245, 1255, 1265, 1275 y 1285 conmutan a una frecuencia aproximadamente igual a una frecuencia de resonancia de los tanques resonantes 1320 y 1325, aunque otras frecuencias son posibles.

[0042] El equilibrador bus DC 1200 está configurado para equilibrar y mantener los voltajes deseados en los buses 60, 61, 62, 63 y 64 al mover la energía almacenada en los condensadores 1205, 1210, 1215 y 1220 en los buses 64, 63, 61, y 60, según corresponda. Los conmutadores 1235, 1245, 1255, 1265, 1275, y 1285 están configurados para cambiarse por el controlador PWM 1315. El controlador PWM 1315 está configurado para controlar los interruptores para ser estados primero y segundo. En el primer estado, los interruptores de 1235, 1255 y 1275 están encendidos, mientras que los interruptores de 1245, 1265 y 1285 están apagados. En el segundo estado, los interruptores 1235, 1255, y 1285 están apagados mientras que los interruptores de 1245, 1265 y 1275 están encendidos. Debido a estos estados de conmutación, las tensiones dentro del equilibrador de bus DC 1200 oscilan como se muestra en la Tabla 1.

Unión de	Voltaje de Primer Estado	Voltaje de Segundo Estado
Interruptores 1235 y 1245	Interruptores en nodo 1310	Voltaje en nodo 1311
Interruptores 1255 y 1265	Interruptores en nodo 1311	Voltaje en nodo 1313
Interruptores 1275 y 1285	Interruptores en nodo 1313	Voltaje en nodo 1314

Por lo tanto, cuando los nodos 1310, 1311, 1313, y 1314 proporcionan 450 V, 150 V, -150 V, y -450 V, respectivamente, a continuación, cada una de las uniones descritas en la Tabla 1 se alternan en aproximadamente

300 V (pico a pico). El resto de la discusión del equilibrador de bus DC 1200 asume que los autobuses 64, 63, 61, y 60 proporcionan 450 V, 150 V, -150 V, y -450 V, respectivamente (en relación con el neutro).

5 **[0043]** Durante el funcionamiento equilibrado del equilibrador bus DC 1200 (por ejemplo, las tensiones en los nodos 1310, 1311, 1312, 1313, y 1314 están en los niveles deseados), la señal presente en cada una de las uniones que se describen en la Tabla 1 es sustancialmente cuadrada. Además, durante el funcionamiento equilibrado, las oscilaciones de tensión en las uniones descritas en la Tabla 1 serán sustancialmente en fase entre sí y tienen sustancialmente la misma amplitud. Las diferencias de voltaje a través de los tanques resonantes 1320 y 1325 son preferiblemente aproximadamente igual a un tercio del voltaje total entre el bus DC 60 y 64 (por ejemplo, 300 V). Los condensadores de 1225 y 1230 están configurados para cargar al potencial colocado a través de los tanques resonantes 1320 y 1325, respectivamente (por ejemplo, 300V).

15 **[0044]** El bus equilibrador VDC 1200 está configurado para compensar tensiones desequilibradas en los nodos 1310, 1311, 1312, 1313, 1314 y utilizando la energía almacenada en los tanques resonantes 1320 y 1325. Durante el funcionamiento desequilibrado del equilibrador de bus DC 1200, la amplitud de los voltajes de onda cuadrada inducidas través de las uniones descritas en la Tabla 1 puede ser desigual, que puede causar una tensión de onda cuadrada que aparezca a través de uno o más de los tanques resonantes 1320 y 1325. Cada uno de los tanques resonantes 1320 y 1325 se configuran de tal manera que, como aparece un voltaje a través de los tanques resonantes 1320 y 1325, una corriente fluye a través de cada uno de los tanques resonantes 1320 y 1325. Los tanques resonantes 1320 y 1325 están configurados para tener una impedancia baja (por ejemplo, acercándose a cero) tal que incluso un pequeño potencial de voltaje a través de cada uno de los tanques resonantes 1320 y / o 1325 puede causar un gran flujo de corriente a través de los tanques resonantes 1320 y / o 1325. La impedancia de los tanques resonantes 1320 y 1325 puede ser una función de la frecuencia a la que los interruptores de 1235, 1245, 1255, 1265, 1275 y 1285 se conectan (o viceversa). Por ejemplo, como la frecuencia de conmutación se aproxima a ser igual a la frecuencia de resonancia de los tanques resonantes 1320 y 1325, la impedancia de los tanques resonantes 1320 y 1325 se aproxima a cero. Los tanques resonantes 1320 y 1325 están configurados para dar lugar a que fluya una corriente que pueda mover la energía de los condensadores 1205, 1210, 1215, y / o 1220 que tiene voltaje (s) más alto que los niveles de voltaje preferidos de 300 V y 150 V, respectivamente , hacia los condensadores que tienen voltaje (s) más baja que los niveles de voltaje preferidos. Los interruptores (por ejemplo, de los conmutadores 1235, 1245, 1255, 1265, 1275, y 1285) que están acoplados a través del condensador (por ejemplo, de los condensadores 1205, 1210, 1215, y / o 1220) que tiene la tensión más alta se configuran para actuar como un generador y crear una corriente alterna a través de los tanques resonantes 1320 y / o 1325 para establecer un flujo de potencia real hacia el condensador (por ejemplo, de los condensadores de 1205, 1210, 1215, y / o 1220) que tiene la tensión más baja . El equilibrador de bus DC 1200 está configurado de tal manera que el flujo de corriente a través de los tanques resonantes 1320 y 1325 se inicia preferiblemente cuando la diferencia de tensión entre los condensadores desequilibrados excede de una caída de tensión de los respectivos diodos 1240, 1250, 1260, 1270, 1,280, y 1290 (por ejemplo, unos pocos voltios). Preferiblemente, como la frecuencia a que los interruptores 1235, 1245, 1255, 1265, 1275, y 1.285 se conmutan se aproxima a la frecuencia de resonancia de los tanques resonantes 1225 y 1230, cruces por cero de la corriente inducida ocurren más cerca del tiempo muerto entre los estados primero y segundo, que pueden reducir las pérdidas de conmutación.

45 **[0045]** En funcionamiento, con referencia a la figura 14, con referencia adicional a las figuras 1-13, un proceso 1400 para proporcionar una fuente ininterrumpible de potencia a una carga utilizando la UPS 5 incluye las etapas mostradas. El proceso 1400, sin embargo, es solamente ejemplificativo y no limitante. El proceso 1400 puede ser alterado, por ejemplo, añadiendo, eliminand, modificadando o reordenando las etapas. Además, mientras que las porciones del proceso 1400 se muestran como etapas sucesivas, ciertas etapas pueden ocurrir en paralelo (por ejemplo, las etapas 1435 y 1440).

50 **[0046]** En la etapa 1405, el SAI 5 está acoplado a una fuente de alimentación de 3 fases. Los módulos de AC / AC 10, 20 y 30 están acoplados a las fases X, Y, y Z de la alimentación de energía de 3 fases, respectivamente. Los módulos de AC / AC 10, 20, y 30 están acoplados además a una conexión de neutro de la alimentación de energía de 3 fases. La alimentación de energía proporciona alimentación de CA de 3 fases para el SAI 5.

55 **[0047]** En la etapa 1410, la UPS 5 está acoplado a una o más cargas. El UPS 5 puede ser acoplado a una carga de 3 fases (por ejemplo, el módulo de AC / AC 10 proporciona la fase X, el módulo / AC AC 20 proporciona la fase Y, y el módulo AC / AC 30 proporciona la fase Z) . Alternativamente, el UPS 5 puede acoplarse a una o más cargas monofásicas. Por ejemplo, cada uno de los módulos AC / AC 10, 20, y 30 puede proporcionar energía monofásica a una o más cargas.

60 **[0048]** En la etapa 1415, el SAI 5 determina si la alimentación de CA es aceptable. Si el UPS 5 determina que la potencia de entrada de CA es aceptable, entonces el proceso 1400 procede a la etapa 1420. Si el UPS 5 determina que la potencia de entrada es inaceptable, por ejemplo, se ha detenido y / o se ha vuelto inestable (por ejemplo, una condición de voltaje bajo), entonces el proceso 1400 procede a la etapa 1430.

65 **[0049]** En la etapa 1420, los módulos de AC / DC 11, 21, y 31 convierten la alimentación de CA de entrada en alimentación de CC, que se proporciona a los buses 60, 61, 63 y 64. Los módulos AC / DC 11, 21 y 31 se inicializan

(por ejemplo, los interruptores se conmutan al estado correspondiente a una señal de energía) en el arranque o en una potencia adecuada que se proporciona a la UPS 5. Aunque la siguiente discusión se centra en el módulo de AC / DC 11, el funcionamiento de los módulos AC / DC 21 y 31 puede ser similar. El módulo AC / DC 11 procesa la alimentación de CA de entrada utilizando un filtro de paso bajo combinado y un convertidor de impulso (es decir, la combinación del condensador 280 y del inductor 285). El controlador PWM 275 conmuta los conmutadores 210, 220, 230, 240, 250, y 260 como una función de la señal de potencia que es recibido por el módulo de AC / DC 11. Por ejemplo, el controlador PWM 275 hace que los interruptores 210, 220, 230, 240, 250, y 260 operen en uno de tres estados. En el primer estado, el controlador PWM 275 cambia los interruptores 210 y 220 de una manera mutuamente excluyente, manteniendo los interruptores 230 y 250 en una posición de encendido, y manteniendo los interruptores 240 y 260 en una posición de apagado. En el segundo estado, el controlador PWM 275 mantiene los interruptores 210 y 260 en una posición descentrada, mantiene los interruptores 220 y 250 en una posición de encendido, y cambia los interruptores 230 y 240 de una manera mutuamente excluyente. En el tercer estado, el controlador PWM 275 mantiene los interruptores 210 y 230 en una posición descentrada, mantiene los interruptores 220 y 240 en una posición de encendido, y cambia los interruptores 250 y 260 de una manera mutuamente excluyentes. El controlador PWM 275 da lugar a que el convertidor de AC / DC 11 opere en el primer estado cuando la entrada de CA que se suministra al módulo de AC / DC 11 sea mayor que un tercio de la tensión proporcionada en la salida 265. El controlador 275 hace que el PWM convertidor de AC / DC 11 opere en el segundo estado cuando la entrada de CA proporcione al módulo de AC / DC 11 de entre un tercio de la tensión proporcionada en la salida 265 y un tercio de la tensión proporcionada en la salida 268. El controlador PWM 275 hace que el convertidor de AC / DC 11 opere en el tercer estado cuando la entrada de CA que se suministra al módulo de AC / DC 11 esté por debajo de un tercio de la tensión proporcionada en la salida 268.

[0050] En la etapa 1425, el convertidor DC / DC 1000 carga la batería 50. El convertidor DC / DC 1000 recibe un primer conjunto de tensiones continuas de los buses 60, 61, 63 y 64. Cuando el SAI 5 recibe adecuada alimentación de la alimentación de energía, el convertidor DC / DC 1000 convierte la primera tensión ajustado a una primera tensión de DC que se proporciona a la batería 50. La tensión proporcionada a la batería 50 está entre la tensión presente en el bus 64 y un tercio de la tensión proporcionada en el bus 64.

[0051] El controlador PWM 1115 hace que el convertidor DC / DC 1000 actúe como un convertidor Buck, convirtiendo el primero conjunto de tensión establecida en la primera tensión. El controlador PWM 1115 hace que los conmutadores 1020 y 1030 se mantengan en una posición de apagado, mientras que los conmutadores 1010 y 1040 se apaguen y enciendan sustancialmente simultáneamente. Cada vez que los conmutadores 1010 y 1040 están encendidos, los inductores 1080 y 1085 de carga y las pilas 1095 y 1100 reciben una tensión que es sustancialmente igual a la primera tensión. Cada vez que los conmutadores 1010 y 1040 se apagan, los inductores 1080 y 1085 se descargan (por ejemplo, ruedas libres de corriente a través de los diodos 1015 y 1025) y proporcionan sustancialmente la primera tensión de las baterías 1095 y 1100. Preferiblemente, los conmutadores 1010 y 1040 se cambian a una posición de encendido antes de que los inductores 1080 y 1085 se descarguen por completo.

[0052] En la etapa 1430, el controlador PWM 1115 hace que el convertidor DC / DC 1,000 actúe como un convertidor boost, convirtiendo la segunda tensión en el segundo conjunto de voltaje. El controlador PWM 1115 hace que los conmutadores 1020 y 1.030 se enciendan y se apaguen sustancialmente de manera simultánea, mientras que los conmutadores 1010 y 1040 se mantienen en una posición de apagado. Cada vez que los conmutadores 1020 y 1030 se encienden, los inductores 1080 y 1085 cargan usando energía de las pilas 1095 y 1100. Cada vez que los conmutadores 1020 y 1030 se apagan, los inductores 1080 y 1085 descargan y una corriente va en ruedas libre a través de los diodos 1005 y 1035 (por ejemplo, causada por la energía almacenada en las baterías 1095 y 1100 y los inductores 1080 y 1085). Preferiblemente, los interruptores 1020 y 1030 se conmutan a un estado de encendido antes de que los inductores 1080 y 1085 se descarguen completamente. Los condensadores 1070 y 1075 pueden ser utilizados para reducir la corriente de rizado en la potencia suministrada a los nodos 1090, 1091, 1093, y 1094. Además, los interruptores de UPS se establecen en un estado para recibir alimentación de CC de la batería 50. Por ejemplo, al detectar que la alimentación de alimentación de CA no está disponible y / o inestable, la conexión 13 se desacopla de los autobuses 64, 63, 61, y 60 mediante la configuración de todos los interruptores en los módulos AC / DC 11 a una posición de apagado. Del mismo modo, el funcionamiento de los convertidores AC / DC 21 y 31 es similar.

[0053] En la etapa 1435, el equilibrador de bus DC 1200 equilibra las tensiones presentes en los buses 60, 61, 63, 64. Si bien la etapa 1435 se muestra como una etapa colocada entre otras etapas, el equilibrio de bus DC 1200 equilibra las tensiones presentes en los buses 60, 61, 63, y 64 en paralelo con otras etapas durante el funcionamiento del UPS 5. El equilibrador de bus DC 1200 equilibra y mantiene los voltajes deseados en los buses 60, 61, 62, 63, y 64 moviendo energía almacenada en los condensadores 1205, 1210, 1215 y 1220 en los buses 64, 63, 61, y 60, según corresponda. Los interruptores de 1235, 1245, 1255, 1265, 1275 y 1285 se conmutan por el controlador PWM 1315. El controlador PWM 1315 cambia los interruptores de 1235, 1245, 1255, 1265, 1275 y 1285 en los estados primero y segundo. En el primer estado, los interruptores de 1235, 1255 y 1275 están encendidos, mientras que los interruptores de 1245, 1265 y 1285 están apagados. En el segundo estado de los interruptores de 1235, 1255 y 1265 están apagados, mientras que los interruptores de 1245, 1265 y 1285 están encendidos. Tensiones en el equilibrador del bus 1200 DC alternan, como se muestra en la Tabla 1 (ver imagen superior). Por lo

tanto, cuando los nodos 1310, 1311, 1313, y 1314 proporcionan 450 V, 150 V, -150 V, y -450 V, respectivamente, cada una de las uniones descritas en la Tabla 1 se alternan en aproximadamente 300 V (pico a pico). El resto de la discusión de la etapa equilibradora de bus DC 1435 asume que los buses 64, 63, 61, y 60 proporcionan 450 V, 150 V, -150 V, y -450 V, respectivamente (en relación con el neutro).

5 **[0054]** Durante el funcionamiento equilibrado del equilibrador bus DC 1200 (por ejemplo, las tensiones en los nodos 1310, 1311, 1312, 1313, y 1314 están en los niveles deseados), la señal presente en cada una de las uniones que se describen en la Tabla 1 es sustancialmente cuadrada. Por lo tanto, durante el funcionamiento equilibrado, las oscilaciones de tensión en las uniones descritas en la Tabla 1 serán sustancialmente en fase y tener
10 sustancialmente la misma amplitud. Las diferencias de voltaje a través de los tanques resonantes 1320 y 1325 son aproximadamente igual a un tercio de la tensión total entre el bus DC 60 y el bus (por ejemplo, 300 V). Los condensadores 1225 y 1230 cargan al potencial colocado a través de los tanques resonantes 1320 y 1325, respectivamente (por ejemplo, 300 V).

15 **[0055]** El equilibrador de bus DC 1200 compensa los voltajes desequilibrados en los nodos 1310, 1311, 1312, 1313, 1314 y utilizando la energía almacenada en los tanques resonantes 1320 y 1325. Durante el funcionamiento desequilibrado del equilibrador de bus DC 1200, la amplitud de la voltajes de onda cuadrada inducida través de las uniones descritas en la Tabla 1 puede ser desigual, que puede causar una tensión de onda cuadrada que aparezca a través de uno o más de los tanques resonantes 1320 y 1325. Como aparece un voltaje a través de cada uno de los
20 tanques resonantes 1320 y / o 1325, la corriente fluye a través de cada uno de los tanques resonantes 1320 y / o 1325, respectivamente. La cantidad de corriente que fluye en los tanques resonantes 1320 y / o 1325 se puede aumentar mediante la reducción de la impedancia de los tanques resonantes 1320 y 1325 (por ejemplo, una impedancia cercana a cero). El controlador PWM 1315 conmuta los conmutadores 1.235, 1.245, 1.255, 1.265, 1.275, 1.285 y a una frecuencia tal que la impedancia de los tanques resonantes 1320 y 1325 se reduce. Por ejemplo,
25 como la frecuencia de conmutación se aproxima a ser igual a la frecuencia de resonancia de los tanques resonantes 1320 y 1325, la impedancia de los tanques resonantes 1320 y 1325 se aproxima a cero. Cuando haya un voltaje presente a través de los tanques resonantes 1320 y 1325 una corriente fluye desde el condensador que tiene la tensión más alta (por ejemplo, de los condensadores 1205, 1210, 1215, y 1220) hacia el condensador que tiene la tensión más baja (por ejemplo, de la condensadores 1205, 1210, 1215 y 1220). Los interruptores (por ejemplo, de los conmutadores 1235, 1245, 1255, 1265, 1275, y 1285) que están acoplados a través del condensador que tiene la
30 tensión más alta (por ejemplo, de los condensadores 1205, 1210, 1215, y 1220) actúa como un generador y crea una corriente alterna a través de los tanques resonantes 1320 y / o 1325 para establecer un flujo de potencia real hacia el condensador (por ejemplo, de los condensadores 1205, 1210, 1215, y 1220) que tiene la tensión más baja. El flujo de corriente a través de los tanques resonantes 1320 y 1325 se inicia preferiblemente cuando la diferencia de
35 tensión entre los condensadores desequilibradas excede de una caída de tensión de los respectivos diodos 1240, 1250, 1260, 1270, 1280, y 1290 (por ejemplo, unos pocos voltios).

[0056] Una forma de onda de corriente inducida que fluye en los tanques resonantes 1225 y 1230 (por ejemplo, causado por la operación desequilibrada del equilibrador de bus DC 1200) es similar a una onda sinusoidal. Preferiblemente, a la vez que la frecuencia que los interruptores 1235, 1245, 1255, 1265, 1275, y 1.285 se conmute a se aproxima a la frecuencia de resonancia de los tanques resonantes 1225 y 1230, cruces por cero de la corriente inducida ocurren más cerca del tiempo muerto entre los estados primer y segundo, que pueden reducir las pérdidas de conmutación.

45 **[0057]** En la etapa 1440, la corriente continua en los buses 60, 61, 63, y 64 se convierte en la alimentación de CA por los convertidores DC / AC 12, 22 y 32. Cada uno de los convertidores DC / AC 12, 22, y 32 está configurado preferiblemente como el convertidor DC / AC 700. El convertidor CC / CA 700 recibe energía desde el convertidor AC / DC 200, o la batería 50 a través de los buses 60, 61, 63, y 64. El convertidor DC / AC 700 genera una salida AC teniendo tensiones de pico aproximadamente igual a los voltajes presentes en la entrada 765 y la entrada 768. Una fase de cada uno de los convertidores DC / AC 12, 22, y 32 son preferiblemente variadas de tal manera que la energía de 3 fases estándar puede ser proporcionada a una carga.

[0058] Con referencia también a las Figs. 9-10 el convertidor DC / AC 700 convierte la corriente continua de alimentación de CA por conmutación de los interruptores 710, 720, 730, 740, 750, y 760 en una secuencia predeterminada. El controlador PWM 775 conmuta los conmutadores 710, 720, 730, 740, 750, y 760 en diferentes secuencias, dependiendo de la salida deseada en la salida 702. Cuando la salida deseada (en la salida 702) es entre las tensiones presentes en las entradas 765 y 766, el controlador PWM 775 cambia de forma activa los interruptores 710 y 720 y se apaga, lo pone en los conmutadores 730 y 750 a una posición de encendido, y establece los conmutadores 740 y 760 en una posición de apagado. Cuando la salida deseada (en la salida 702) es
55 entre las tensiones presentes en las entradas 766 y 767 el controlador PWM 775 cambia de forma activa los interruptores 730 y 740 a encendido y apagado, establece los interruptores 720 y 750 a una posición de encendido, y establece el interruptores 710 y 760 a una posición de apagado. Cuando la salida deseada (en la salida 702) está entre los voltajes presentes en las entradas 767 y 768, el controlador PWM 775 cambia de forma activa los interruptores 750 y 760 y fuera, establece los interruptores 720 y 540 a una posición de encendido, y los interruptores 710 y 730 a una posición de apagado. En cada uno de los tres estados, el ciclo de trabajo de los interruptores 710, 720, 730, 740, 750, y 760 que están siendo cambiaron activamente se varió de tal manera que la
65

salida del filtro 770 es sustancialmente AC (por ejemplo, como se muestra en las Figuras . 9-10). El filtro 770 (por ejemplo, un filtro de paso bajo LC) filtra la señal proporcionada en el nodo 780 en una señal sustancialmente AC que se proporciona a la salida 702.

5 **[0059]** En la etapa 1445 potencia CA se proporciona a una carga. La configuración de la potencia que se proporciona a la carga puede variar dependiendo de la operación deseada. Por ejemplo, cada uno de los convertidores DC / AC 12, 22, y 32 puede proporcionar una fase de una conexión de alimentación de 3 fases, la totalidad o una parte de los convertidores DC / AC 12, 22, y 32 puede proporcionar energía que tiene una única fase, cada uno de los convertidores DC / AC 12, 22, y 32 pueden proporcionar energía monofásica a las cargas
10 individuales, etc.

[0060] Por ejemplo, debido a la naturaleza del software, las funciones descritas anteriormente pueden implementarse utilizando software, hardware, firmware, cableado, o combinaciones de cualquiera de estos. Características de aplicación de funciones también pueden estar ubicadas físicamente en varias posiciones, incluyendo la de ser distribuidas de tal manera que las porciones de funciones se implementan en diferentes
15 ubicaciones físicas. Mientras que tres convertidores DC / AC se muestran (por ejemplo, convertidores DC / AC 12, 22, 32 y 42) un único convertidor DC / AC se puede utilizar si se desea la única potencia monofásica. Los convertidores AC / DC y DC / AC se pueden dividir en varios circuitos paralelos y ser interruptores de manera intercalada, por ejemplo, para reducir la corriente de ondulación en los buses. Las tensiones presentes en los buses
20 61, 62, 64, y 65 pueden ser diferentes de la descrita en este documento. Una batería puede acoplarse directamente a los buses 61, 63, y / o 64, sin el uso de un convertidor DC / DC.

[0061] Aunque la descripción en el presente documento describe numerosos condensadores separados, dos o más condensadores se pueden combinar en un solo capacitor. Por ejemplo, la FIG. 10 muestra el condensador 905 acoplado entre el bus 64 y el bus 63, la FIG. 11 muestra el condensador de 1050 acoplado entre el bus 64 y el bus
25 63, y la FIG. 12 muestra el condensador 1205 acoplado entre el bus 64 y el bus 63. Los condensadores 905, 1050, y 1205 pueden ser un único condensador compartido.

[0062] Haciendo referencia a la figura. 2, mientras que el convertidor de AC / DC 200 está configurado como un inversor de cuatro cuadrantes, al proporcionar voltajes de CC positivos y negativos, un convertidor AC / DC puede estar dispuesto en otras configuraciones. Por ejemplo, un convertidor AC / DC se puede configurar como un
30 rectificador de 2 cuadrantes, proporcionando voltajes de CC solamente positivos durante los semiciclos positivos de la tensión de línea de entrada (y voltajes de CC solamente negativos durante los semiciclos negativos de la tensión de línea de entrada) mediante la sustitución de los interruptores 210 y 260 con diodos.

[0063] Mientras que la presente descripción utiliza dispositivos co-envasados (por ejemplo, un interruptor y un diodo acoplados en paralelo) otros circuitos pueden ser utilizados, por ejemplo, un circuito configurado para permitir que fluya una corriente en una primera dirección sustancialmente desinhibida, mientras se controla selectivamente el
35 flujo de corriente en una dirección opuesta a la primera dirección, se puede utilizar.

40

45

50

55

60

65

Reivindicaciones

- 5 1. Un circuito (1200) para su uso con cuatro niveles de alimentación de CC que incluye tensiones primera, segunda, tercera y cuarta, comprendiendo el circuito:
- 10 nodos primero, segundo, tercero y cuarto (1310,1311,1313,1314) configurados para recibir la alimentación de CC de cuatro niveles; primero, segundo, tercero, cuarto, quinto, y sexto conmutadores, (1235,1245,1255,1265,1275,1285) acoplados en serie entre el primer y cuarto nodos, en el que el segundo nodo está acoplado a una unión de la segunda y tercera interruptores y el tercer nodo está acoplado a una
- 15 unión de los conmutadores cuarto y quinto;
un primer diodo (1240) acoplado en paralelo con el primer conmutador;
un segundo diodo (1250) acoplado en paralelo con el segundo conmutador;
un tercer diodo (1260) acoplado en paralelo con el tercer interruptor;
un cuarto diodo (1270) acoplado en paralelo con el cuarto conmutador;
- 20 quinto diodo (1280) acoplado en paralelo con el quinto conmutador;
sexto diodo (1290) acoplado en paralelo con el sexto conmutador;
un primer tanque resonante (1320) acoplado a un cruce de los conmutadores primero y segundo y para la unión de los conmutadores tercero y cuarto; y
un segundo tanque resonante (1325) acoplado a la unión de los conmutadores tercero y cuarto y para la
- 25 unión de los conmutadores quinto y sexto;
donde los tanques resonantes primero y segundo están configurados para almacenar energía; y en donde los conmutadores primero, segundo, tercero, cuarto, quinto, y sexto están configurados para cambio de energía entre al menos dos de los nodos primero, segundo, tercero y cuarto, si un valor absoluto del pimer voltaje difiere de un valor absoluto del cuarto voltaje, usando los tanques resonantes primer y segundo; y
en el que los conmutadores primero, segundo, tercero, cuarto, quinto, y sexto están configurados para cambio de energía entre al menos dos de los nodos primero, segundo, tercero y cuarto si un valor absoluto de la segunda tensión difiere de un valor absoluto de la tercera tensión, utilizando los tanques resonantes primero y segundo.
- 30 2. El circuito de la reivindicación 1 en la que:
- el primer tanque resonante comprende un primer condensador (1225) acoplado en serie con un primer inductor (1295); y
el segundo tanque resonante comprende un segundo condensador (1,230) acoplado en serie con un
- 35 segundo inductor (1300).
3. El circuito de la reivindicación 1 en el que el circuito comprende además un controlador (1315) configurado para accionar los conmutadores primero, segundo, tercero, cuarto, quinto, y sexto en sus respectivos estados de activado y desactivado.
- 40 4. El circuito de la reivindicación 3 en donde el controlador es un controlador de modulación de ancho de pulso (PWM) (1.315).
- 45 5. El circuito de la reivindicación 3 en el que el controlador está configurado para hacer que el circuito opere en uno de dos estados, en los que:
- en un primer estado los interruptores primero, tercero y quinto están en sus respectivos estados y los interruptores segundo, cuarto y sexto están activados en sus respectivas estados de encendido; y
en un segundo estado, el primer, tercer y quinto interruptores están en sus respectivas fuera de los estados y los interruptores segundo, cuarto y sexto están activados en sus respectivas estados de apagado.
- 50 6. El circuito de la reivindicación 5 en el que el controlador está configurado para hacer que el circuito repetidamente se alterne entre los estados primero y segundo a una frecuencia sustancialmente igual a las frecuencias resonantes de los tanques resonantes primero y segundo.
- 55 7. El circuito de la reivindicación 5 en el que el controlador está configurado para hacer que el circuito repetidamente se alterne entre los estados primero y segundo de tal manera que las amplitudes de las ondas cuadradas inducidas en los cruces de los interruptores segundo y tercero, los conmutadores tercero y cuarto, y los conmutadores quinto y sexto sean sustancialmente iguales cuando el valor absoluto de los voltajes primero y cuarto sean sustancialmente iguales y el valor absoluto de las tensiones segunda y tercera sean sustancialmente iguales.
- 60 8. El circuito de la reivindicación 3 en el que el controlador está configurado para causar que los interruptores primero, segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto para alternen entre los estados de encendido y apagado a un ciclo de trabajo de sustancialmente un cincuenta por ciento.
- 65

9. El circuito de la reivindicación 1 que comprende además un tercer inductor (1305) acoplado entre la unión de los interruptores tercero y cuarto y un neutral.

10. El circuito de la reivindicación 1 que comprende además:

un primer condensador (1205) acoplado entre el primer nodo y el segundo nodo; un segundo condensador (1210) acoplado entre el segundo nodo y un neutral; un tercer condensador (1215) acoplado entre el neutro y el tercer nodo; y un cuarto condensador (1220) acoplado entre el tercer nodo y el cuarto nodo.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

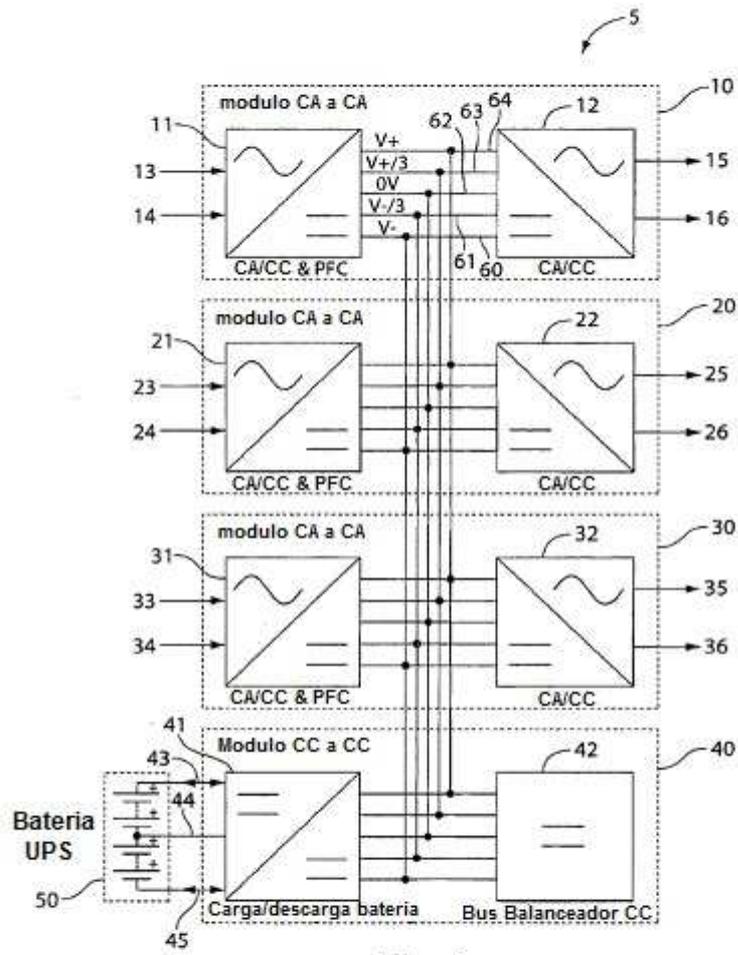


Fig. 1

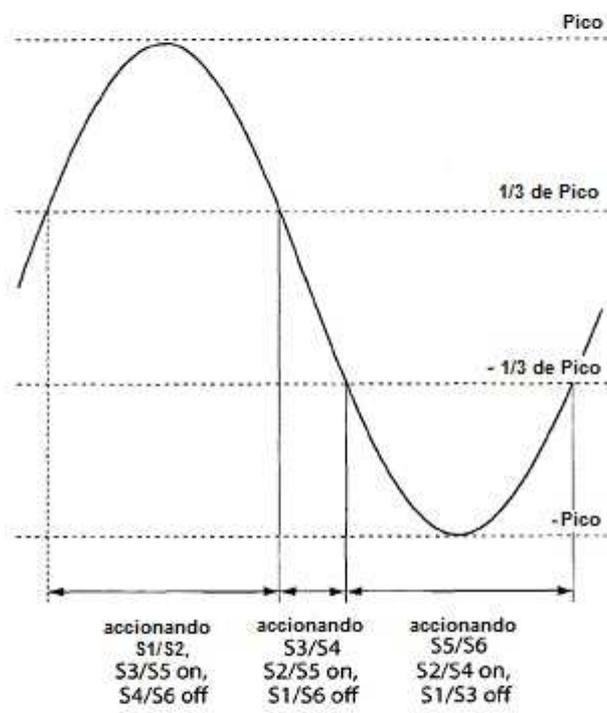


Fig. 3

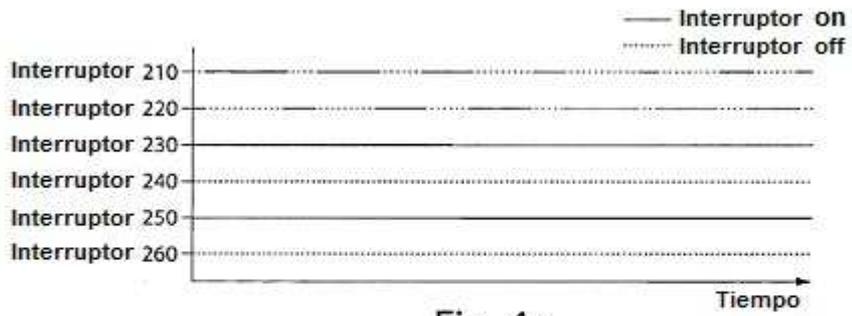


Fig. 4a
Estado 1

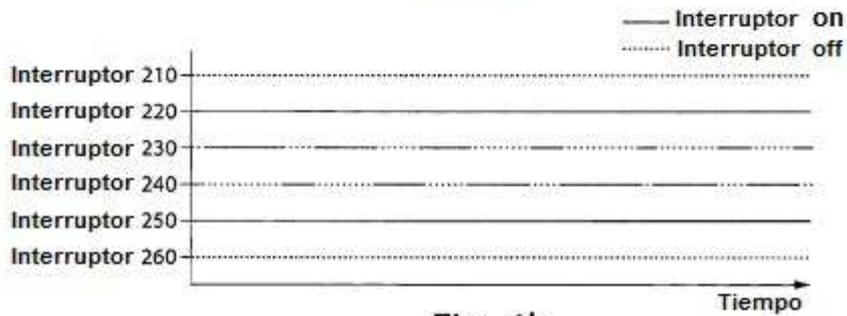


Fig. 4b
Estado 2

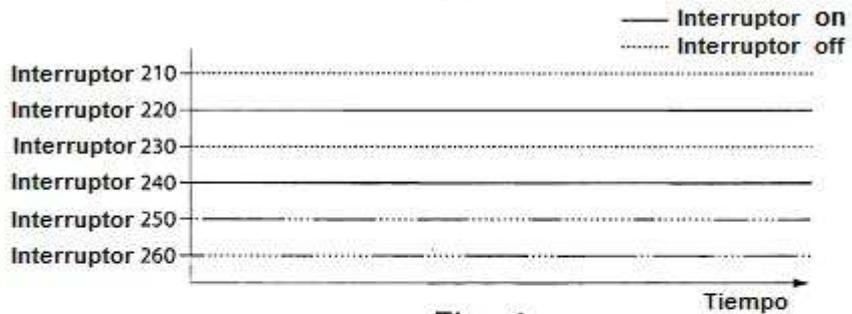


Fig. 4c
Estado 3

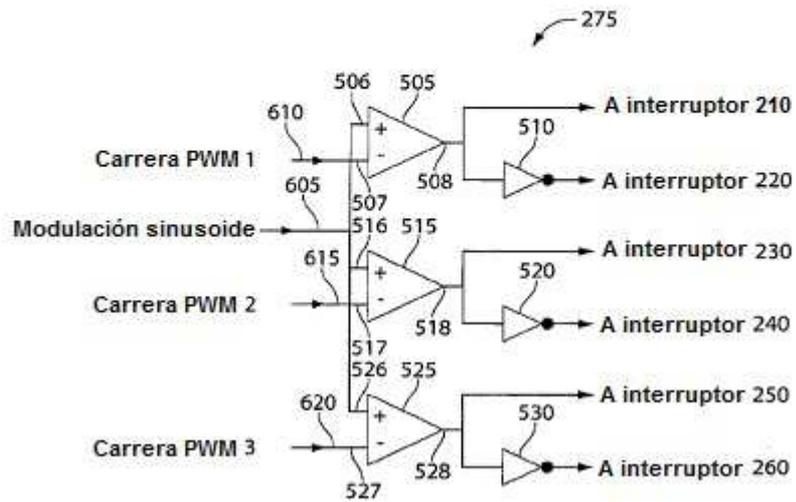


Fig. 5

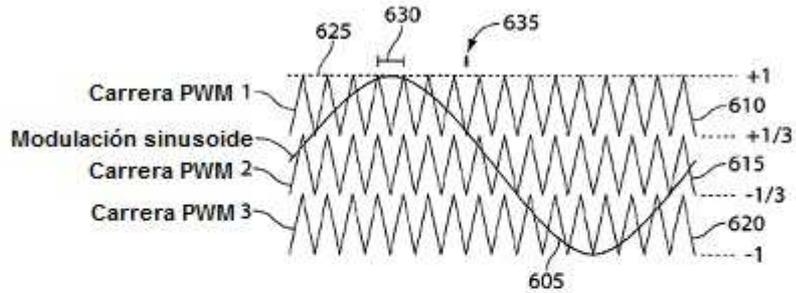


Fig. 6

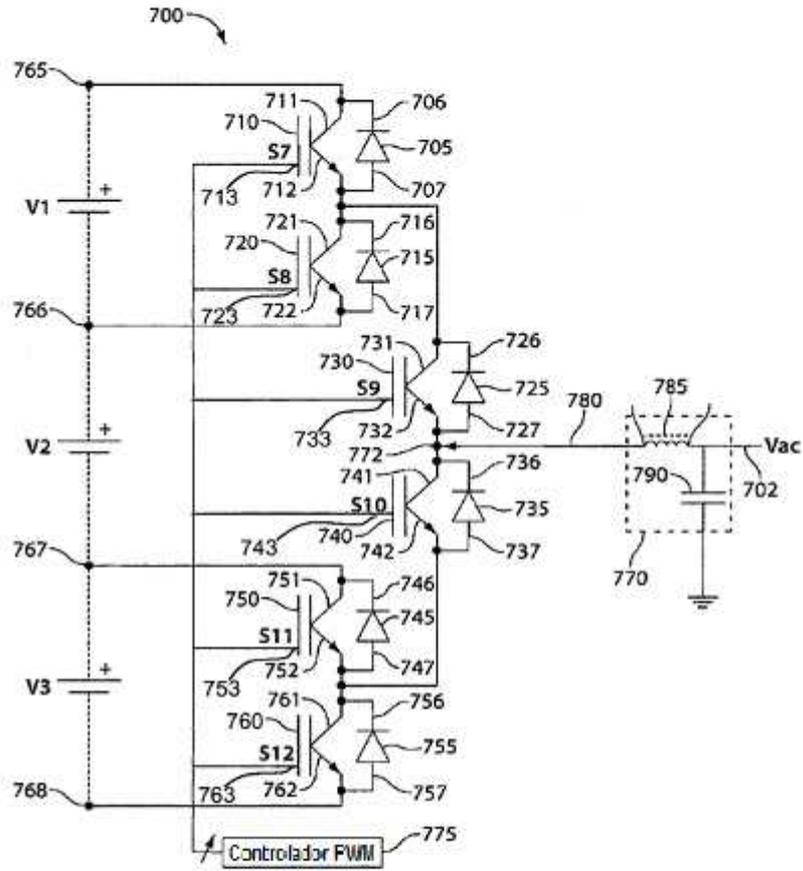


Fig. 7

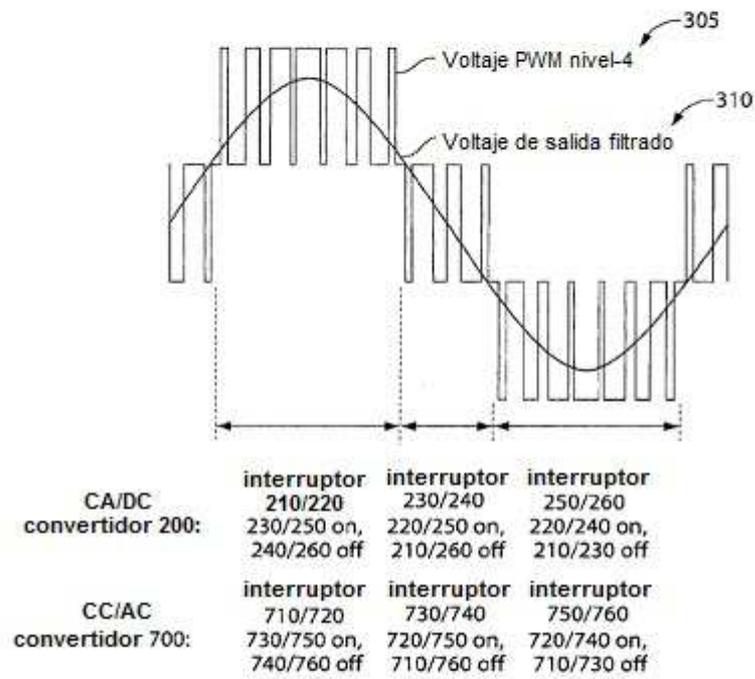
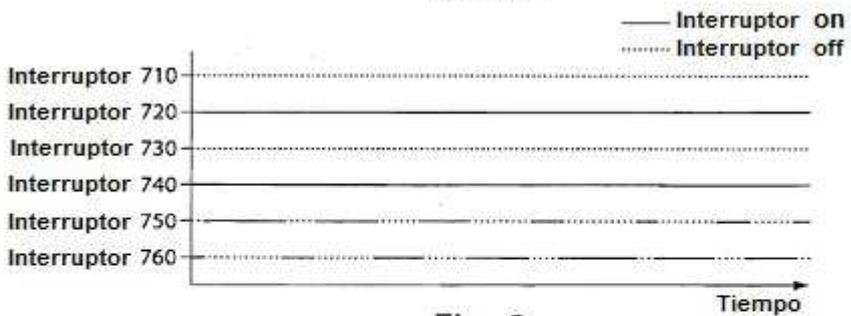
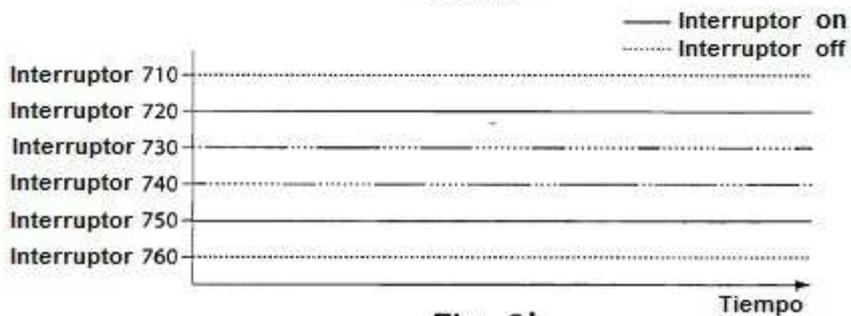
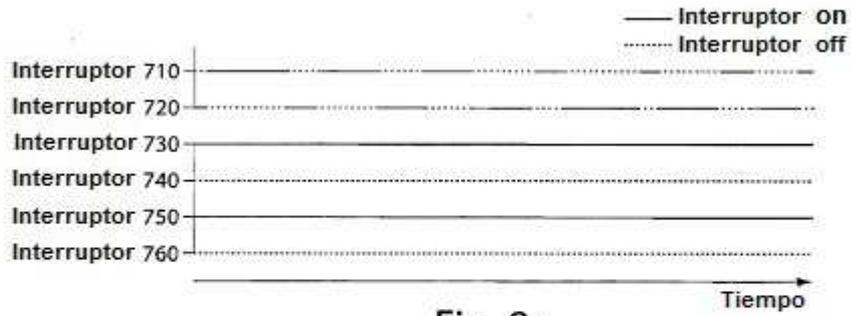


Fig. 8



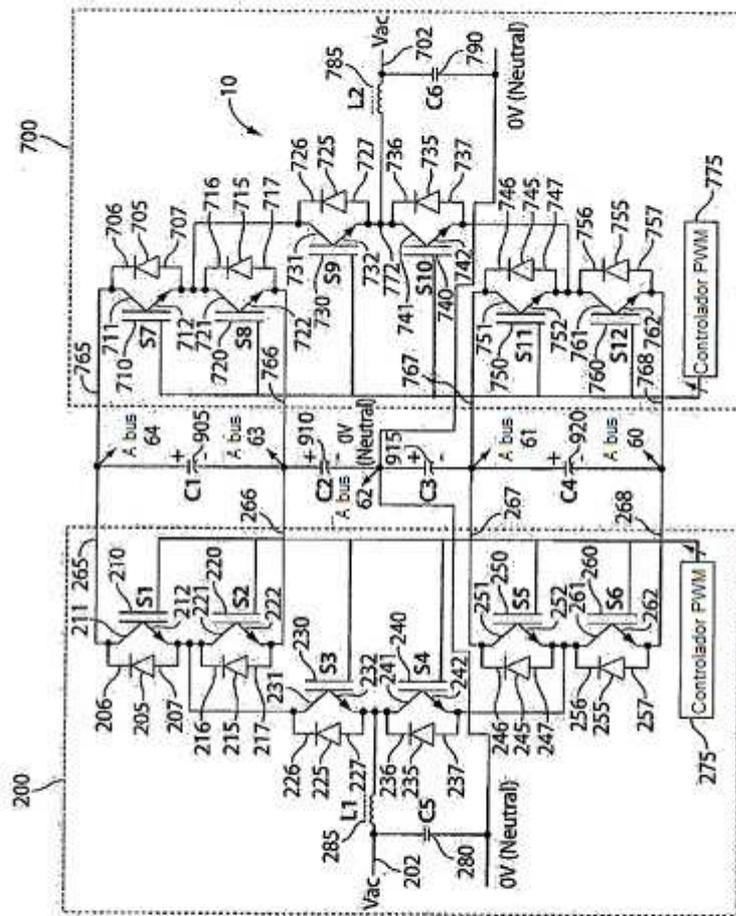


Fig. 10

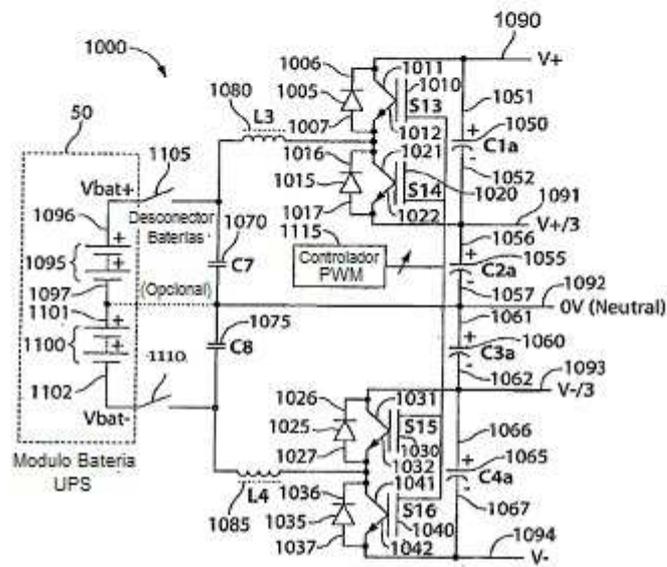


Fig. 11

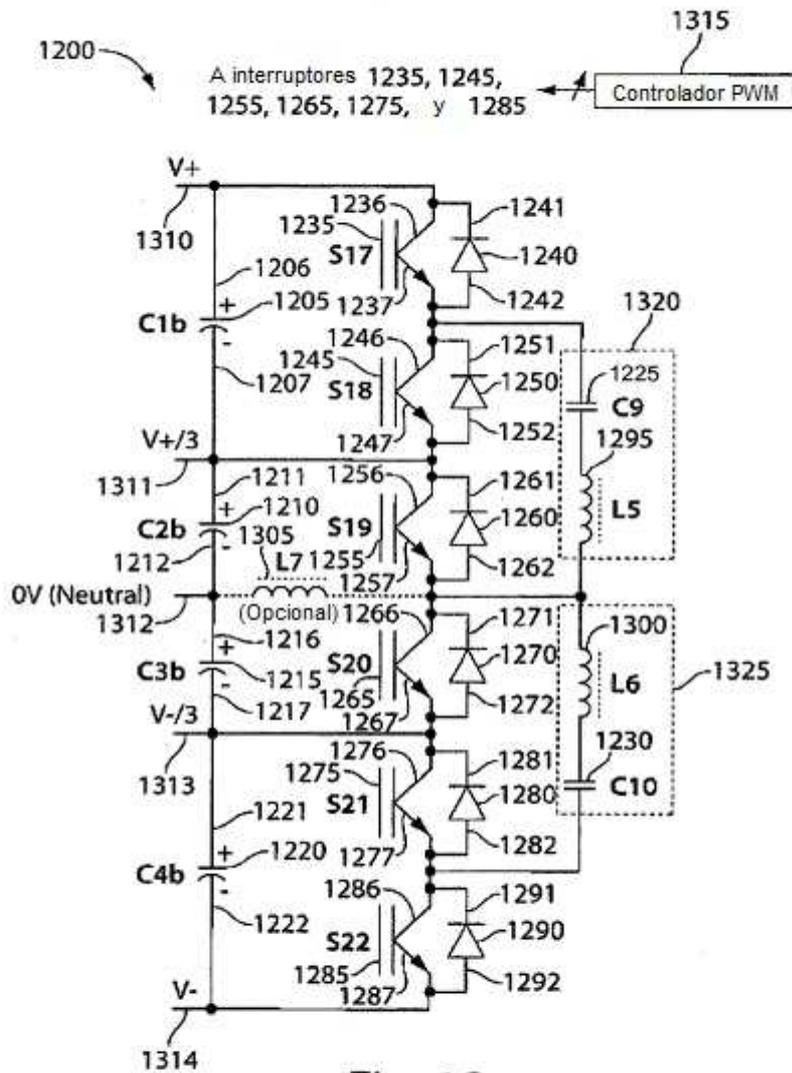


Fig. 12

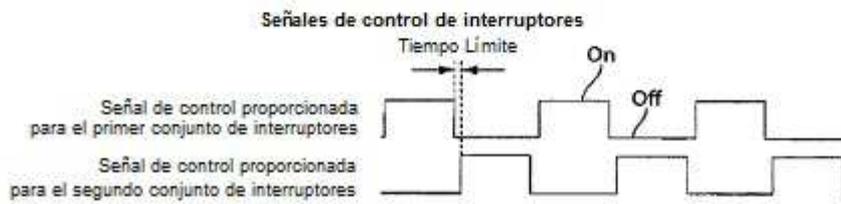


Fig. 13

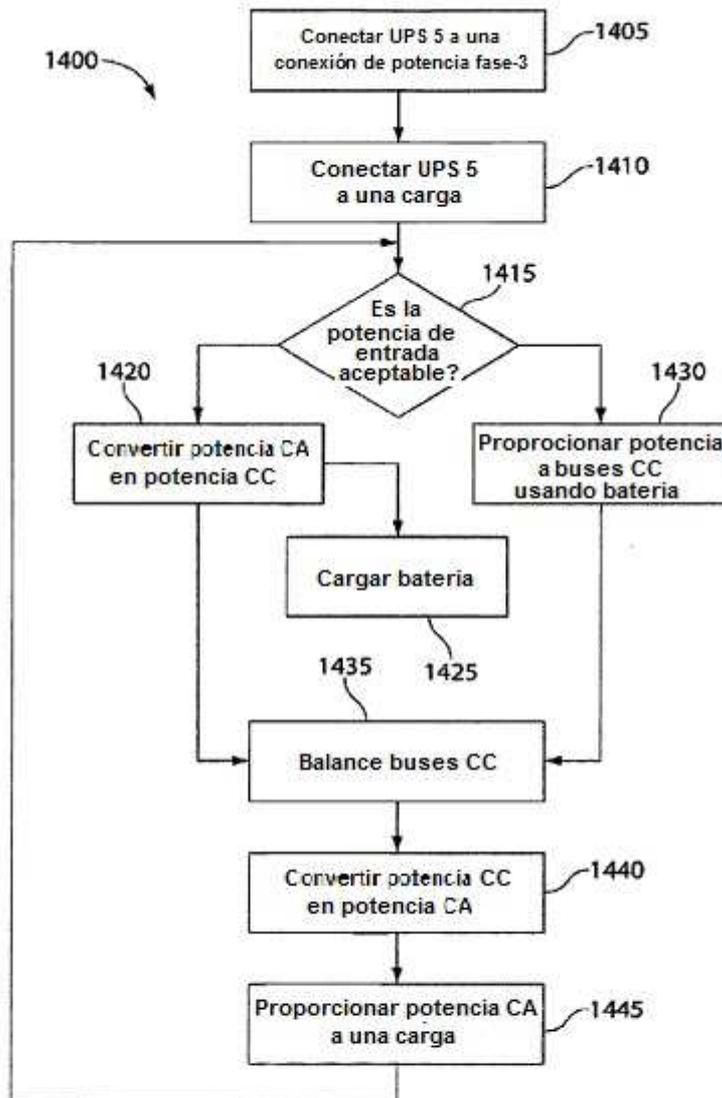


Fig. 14