

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 448 581**

51 Int. Cl.:

H02J 5/00 (2006.01)

H02M 7/797 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2007 E 07789117 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2013 EP 2047590**

54 Título: **Control de fuente de alimentación para generador de energía**

30 Prioridad:

04.08.2006 GB 0615562
25.10.2006 US 854081 P

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

14.03.2014

73 Titular/es:

CERES INTELLECTUAL PROPERTY COMPANY LIMITED (100.0%)
VIKING HOUSE, FOUNDRY LANE
HORSHAM, SUSSEX RH13 5PX, GB

72 Inventor/es:

ELLIOTT, CHARLES RICHARD;
EVANS, CHRISTOPHER JOHN y
WATKINS, STEPHEN JAMES

74 Agente/Representante:

BALLESTER CAÑIZARES, Rosalía

ES 2 448 581 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

Control de fuente de alimentación para generador de energía

5 [0001] La presente invención hace referencia a la generación de energía. En especial, la presente invención hace referencia a sistemas para controlar la conexión de un apilamiento de celdas de combustible y una red de CA.

Antecedentes de la invención

10 [0002] Las celdas de combustible pueden ser una solución útil, eficiente y respetuosa con el medio ambiente para la generación de energía. Tienen pocas partes móviles y son altamente eficientes en la conversión de energía contenida en el combustible en electricidad utilizable y, en algunos casos, calor utilizable. Las celdas de combustible generan corriente continua (CC). En general, una celda de combustible generará CC a una tensión del orden de 1V y, cuando funcione bajo carga, entre 0,3 V y 0,8 V. La tensión cambia, dependiendo de los parámetros de funcionamiento de las celdas de combustible y la carga absorbida.

15 [0003] En general, la energía de una celda de combustible resulta insuficiente para satisfacer los requisitos de carga eléctrica de las aplicaciones para las que se facilitan las celdas de combustible. Por tanto, se conectan múltiples celdas de combustible juntas para formar un apilamiento de celdas de combustible, con la preferencia de conectar de manera eléctrica las celdas de combustible en una disposición en serie. Un apilamiento de celdas de combustible incluye elementos adicionales, que incluyen colectores de aire y combustible y medios para extraer la energía eléctrica del apilamiento de celdas de combustible.

20 [0004] Un sistema de celdas de combustible incorporará al menos uno de dichos apilamientos de celdas de combustible, así como los componentes de gestión de combustible y aire (como un ventilador, válvulas y filtros), un sistema de control, y la electrónica de potencia para permitir que la energía eléctrica de la celda de combustible sea convertida a la forma correcta para alimentar la carga o cargas eléctricas a las que está conectada. Dichas cargas eléctricas podrían ser cargas de corriente continua (cargas de CC) o cargas de corriente alterna (cargas de CA). Los ejemplos de dichas cargas incluyen baterías, bombas y ventiladores, motores, red de suministro local, redes locales y la red nacional.

25

30 [0005] Los apilamientos de celdas de combustible pueden usarse para proporcionar electricidad a una "red" de corriente alterna (CA) (como la red nacional de Reino Unido). Las "redes" alternativas pueden incluir generadores o inversores autónomos conectados a una fuente de CC, de hecho cualquier sistema de CA. Dichos sistemas de celdas de combustible, cuando están conectados a la red, proporcionan una red distribuida de generación de energía, y: son especialmente útiles para proporcionar energía extra a una red en momentos de demanda máxima de energía, cuando la red se encuentra bajo una alta carga. Debido a la naturaleza de funcionamiento, que requiere que se proporcione combustible y aire a la celda de combustible bajo condiciones correctas de temperatura, y en algunos casos presión, los sistemas de celdas de combustible no empiezan ni paran de manera instantánea de generar electricidad. En su lugar, tienen periodos de "aumento" y "disminución", entre estar completamente apagado y en su capacidad operativa. Además, los sistemas de celdas de combustible necesitan dispositivos auxiliares, que permiten el funcionamiento de los apilamientos de celdas de combustible. Los ejemplos de dichos dispositivos auxiliares son ventiladores de aire, que mantienen la temperatura operativa en los niveles correctos, y bombas de combustible, que proporcionan el combustible a los apilamientos de celdas de combustible para permitirles generar energía, etc. Puesto que el apilamiento de celdas de combustible genera tensión de CC, y la red exige tensión de CA, el sistema de celdas de combustible requiere la conversión de energía de CC cuando se suministre la energía a una red. Debido al tiempo de rampa de un apilamiento de celdas de combustible, hay momentos en los que las cargas auxiliares deben alimentarse desde la red, de manera que siempre cuenten con energía de funcionamiento, incluso cuando el apilamiento de celdas de combustible no suministre energía. El documento WO 2005/036684 describe electrónica de potencia conocida para un sistema alimentado por celdas de combustible. El documento US 2002/0047309 describe un convertidor de CC a CC conocido y un sistema de gestión de energía.

35

40

45

Sumario de la invención

[0006] La presente invención busca superar o mejorar al menos una de las desventajas asociadas a la técnica precedente.

50 [0007] Según la invención proporciona se acopla un bus de CC entre un apilamiento de celdas de combustible y una red de CA, y se acopla una carga auxiliar de CC, que puede ser una carga parásita de la al menos una celda de combustible, al bus de CC y es alimentada desde dicho bus.

[0008] Según la invención, se proporciona un convertidor de CC a CC entre la al menos una celda de

- combustible y el bus de CC. Este puede transformar la tensión generada por la al menos una celda de combustible a la tensión a ser portada en el bus de CC. En modos de realización, el convertidor de CC a CC aumenta la tensión de la salida de tensión no regulada por la al menos una celda de combustible a una tensión regulada portada en el bus de CC, que es superior a la tensión de salida de la al menos una celda de combustible. El convertidor de CC a CC puede ser un transformador de alta frecuencia, por ejemplo, con una frecuencia entre 20KHz y 100KHz. Pueden usarse diferentes tipos de convertidor CC/CC, incluyendo, sin carácter limitativo, de medio puente, de puente completo o en contrafase (*push-pull*). En un modo de realización, se usa un puente completo con un transformador de aislamiento.
- 5
- [0009] Según la invención, se regula la tensión del bus de CC, y se proporciona un inversor bidireccional entre el bus de CC y la red de CA. En modos de realización de la invención, el inversor bidireccional puede controlar la tensión en el bus de CC y puede proporcionar la regulación de tensión. En modos de realización de la invención, el inversor bidireccional está configurado para regular la tensión en el bus de CC cuando el sistema está conectado a la red de CA, y puede hacerlo.
- 10
- [0010] En modos de realización de la invención, la carga auxiliar de CC es una carga parásita de la al menos una celda de combustible, es decir, una carga que es necesaria para que la al menos una celda de combustible funcione. En modos de realización de la invención, la carga auxiliar de CC incluye un ventilador para la al menos una celda de combustible. En modos de realización, la carga auxiliar incluye una bomba de combustible para la al menos una celda de combustible.
- 15
- [0011] En modos de realización de la invención, el sistema incluye un bus de CC regulado en tensión conectado entre un convertidor de CC a CC y un inversor bidireccional, estando conectado también el inversor bidireccional a una red de CA, y el convertidor de CC a CC estando conectado también a la al menos una celda de combustible, donde al menos una carga auxiliar de CC de la al menos una celda de combustible está conectada al bus de CC regulado en tensión. Por lo tanto, el sistema puede hacerse significativamente más pequeño y más ligero a costa de una leve pérdida de eficacia.
- 20
- [0012] Al proporcionar carga(s) auxiliar(es) de CC de la al menos una celda de combustible en el bus de CC, se evita la transformación de corriente generada por la al menos una celda de combustible de CC a CA de la red de suministro y de nuevo a CC para alimentar las cargas auxiliares. De esta manera, se exige solo un único paso de conversión para proporcionar la energía a la carga de CC, tanto si es desde la al menos una celda de combustible, como si es desde la red de CA.
- 25
- [0013] Además, si las cargas auxiliares de CC se alimentan desde la salida no regulada de la al menos una celda de combustible, en lugar de desde el bus de CC, durante el inicio cuando la celda de combustible no está generando ninguna energía, el sistema debe funcionar en reversa para alimentar las cargas conectadas a la celda de combustible. En este caso, sería necesario un contactor para evitar aplicar una tensión a la celda de combustible, lo cual no es deseable. Dichos contactores son generalmente grandes, caros y ruidosos.
- 30
- [0014] Las cargas de CC situadas en sistemas de energía CC no regulados están diseñados generalmente para un intervalo concreto de tensiones de CC (por ejemplo 40-60 V) para adecuarse la condición operativa de la(s) celda(s) de combustible. Sin embargo, esto significa que si se produce una unidad de energía ligeramente superior, por ejemplo, con más capas, o una unidad con la misma salida de energía pero diferente ratio de tensión y corriente, sería necesario rediseñar la(s) carga(s) de CC.
- 35
- [0015] Además, para que la tensión de CC no regulada alimente los dispositivos parásitos, con energía de la red de AC, el paso CC/CC debe ser bidireccional. Esto añade un notable coste y complejidad al sistema. En modos de realización de la presente invención, puede usarse un convertidor de CC a CC unidireccional.
- 40
- [0016] En modos de realización de la invención, la regulación de tensión en el bus de CC se basa en la tensión media, en lugar de controlar la tensión para que sea exactamente constante. En un modo de realización para su uso donde la red de CA tiene una frecuencia de 50Hz, superpuesta al voltaje regulado se encuentra una corriente de ondulación de 100 Hz del orden de 10 V. Esta se proporciona porque la energía en fase simple se distribuye siempre a 100 Hz; se usa el bus de CC para filtrar esto de manera que lo que se extrae de la celda de combustible es CC pura.
- 45
- [0017] En modos de realización de la invención, al menos una carga auxiliar de CA está conectada al lado de red de CA del inversor bidireccional. La carga auxiliar de CA puede ser una carga auxiliar del apilamiento de celdas de combustible.
- 50
- [0018] En modos de realización de la invención, se conecta un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica al bus de CC. El dispositivo de almacenamiento puede conectarse al bus de CC mediante un convertidor CC:CC controlable. Puede proporcionarse más de uno de tales dispositivos de almacenamiento, si

se requiere.

5 **[0019]** En un modo de realización de la invención, puede proporcionarse un segundo bus de CC regulado en tensión de manera externa del sistema para conectar un apilamiento de celdas de combustible a una red de CA. El bus de CC externo puede conectarse al bus de CC regulado en tensión del sistema. Pueden conectarse uno o más dispositivos de almacenamiento a este bus de CC adicional a través de uno o más convertidores CC:CC. Además, el bus de CC puede tener un sistema de celdas de combustible adicional conectado al mismo. El sistema de celdas de combustible adicional puede ser diferente del apilamiento de celdas de combustible descrito arriba. En modos de realización de la invención se proporciona tanto un dispositivo de almacenamiento interno como externo. En modos de realización de la invención, pueden proporcionarse múltiples dispositivos de almacenamiento y/o apilamientos de celdas de combustible externos al sistema.

[0020] El dispositivo de almacenamiento puede ser uno o más de una o más baterías, condensadores, volantes u otros dispositivos de almacenamiento de energía.

15 **[0021]** En funcionamiento, en modos de realización de la invención, el sistema puede funcionar en modos diferentes. En un primer modo, la energía de CC regulada en tensión puede proporcionarse a al menos una carga auxiliar de CC de al menos una celda de combustible desde una red de CA, a través de un bus de CC regulado en tensión. En un segundo modo, la energía de CC regulada en tensión puede proporcionarse a la al menos una carga auxiliar de CC desde al menos una celda de combustible, a través del bus de CC regulado en tensión. En modos de realización de la invención, en un primer submodo del primer modo, se proporciona energía a la al menos una carga auxiliar de CC desde la red de CA solamente. En modos de realización de la invención, en un segundo submodo del primer modo, se proporciona energía a la al menos una carga auxiliar de CC tanto desde la red de CA como desde la al menos una celda de combustible. El primer submodo del primer modo puede ocurrir cuando la al menos una celda de combustible no está produciendo energía. El segundo submodo del primer modo puede ocurrir cuando la al menos una celda de combustible está produciendo menos energía de la que la al menos una carga auxiliar de CC absorbe. Cuando el sistema se encuentra en el segundo modo, puede proporcionarse energía a la red de CA desde la al menos una celda de combustible. El segundo modo puede ocurrir cuando la al menos una celda de combustible está produciendo más energía de la que la al menos una carga auxiliar de CC absorbe. El sistema también puede funcionar en un tercer modo en el que el sistema de generación de energía de la celda de combustible está aislado de la red de CA y la tensión del bus de CC es regulada por el convertidor de CC a CC. La tensión del bus de CC puede regularse entre 300 y 500 voltios CC. La tensión del bus de CC puede regularse a aproximadamente 400 voltios CC. El arranque del sistema puede alimentarse también desde uno o más dispositivos de almacenamiento, si se proporcionan. En este modo, puede proporcionarse energía a la al menos una carga auxiliar de CC desde el uno o más dispositivos de almacenamiento, en lugar de la red de CA, durante el arranque del apilamiento de celdas de combustible.

35 **[0022]** Por lo tanto, según un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema para conectar un apilamiento de celdas de combustible a una red de CA para proporcionar energía a la misma según la reivindicación 1. Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método según la reivindicación 14.

Breve descripción de los dibujos

40 **[0023]** Los modos de realización de la invención se describirán ahora, puramente a modo de ejemplo, con relación a los dibujos que acompañan, en los que:

La Figura 1a muestra un sistema de control esquemático según un primer modo de realización de la invención;

La Figura 1b muestra un sistema de control esquemático según una variación del primer modo de realización;

45 La Figura 2a muestra un sistema de control esquemático según un segundo modo de realización de la invención;

La Figura 2b y 2c muestran variaciones del segundo modo de realización;

La Figura 3 muestra un diagrama esquemático del flujo de energía en diversos modos de operación del sistema de la Figura 2a; y

50 La Figura 4 muestra un diagrama esquemático de los criterios de cambio entre diferentes modos de funcionamiento del sistema de las Figuras 2a y 3.

Descripción detallada de modos de realización de la invención

5 [0024] La Figura 1a muestra un diagrama esquemático de un sistema según un modo de realización de la invención. El sistema 100 incluye un bus de CC regulado en tensión 110 a acoplar a un apilamiento de celdas de combustible (que puede comprender una o más celdas de combustible), un inversor bidireccional 120 conectado al bus de CC 110, y a conectar entre el bus de CC 110 y una red de CA, y al menos una carga auxiliar de CC 130 del apilamiento de celdas de combustible acoplado al bus de CC 110. Se proporciona un convertidor amplificador de CC a CC 140 entre el apilamiento de celdas de combustible y el bus de CC. El convertidor de CC a CC 140 aísla el apilamiento de celdas de combustible del bus de CC y pasa la tensión no regulada del apilamiento de celdas de combustible a una tensión regulada en el bus de CC. Aunque en la presente memoria se muestra una sola carga auxiliar de CC 130, se apreciará que pueden conectarse cargas auxiliares adicionales al bus de CC 110.

15 [0025] La carga auxiliar de CC 130 absorbe energía desde el bus de CC 110. Dependiendo de la operación del sistema 100, la energía para la carga auxiliar 130 puede proporcionarse al bus de CC para ser absorbida por la carga auxiliar de CC 130 desde el apilamiento de celdas de combustible, la red de CA, o una combinación de ambos. El convertidor bidireccional 120 regula la tensión en el bus de CC 110. En el presente modo de realización, la regulación de tensión en el bus de CC se basa en la tensión media, en lugar de controlar la tensión para que sea exactamente constante. Superpuesta a la tensión regulada hay una corriente de ondulación de 100 Hz del orden de 10V. Esta se proporciona porque se distribuye exactamente energía monofásica a 100 Hz; el bus de CC se usa para filtrar ésta de manera que lo que se extrae de la celda de combustible es CC pura.

20 [0026] La Figura 1b muestra una variación del sistema de control según el primer modo de realización. En esta variación, se hace referencia a componentes similares con números de referencia similares. En esta variación, que por lo demás corresponde a lo analizado arriba en relación con la Figura 1a, se proporciona un convertidor de CC:CC adicional 150, que está conectado al bus de CC regulado en tensión 110. Se conecta un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica 160 al bus de CC 110 a través del convertidor de CC:CC adicional 150. En el presente modo de realización, el dispositivo de almacenamiento es un sistema de batería. Sin embargo, otros dispositivos de almacenamiento podrían incluir condensadores, volantes u otros como se conocerá por aquellos expertos en la técnica.

30 [0027] La Figura 2a muestra un segundo modo de realización de la invención. El segundo modo de realización es similar al primer modo de realización y comparte las características mostradas en el primer modo de realización. Por lo tanto, se proporciona un bus de CC 210, que es regulado en tensión por un inversor bidireccional 220. En el presente modo de realización, el inversor bidireccional 220 se muestra de manera simplificada y comprende un convertidor CA a CC. Una carga auxiliar de CC 230 está conectada al bus de CC 210. Además, como en el primer modo de realización, se apreciará que otras cargas auxiliares adicionales pueden conectarse también al bus de CC 210. Por ejemplo, también podría proporcionarse una bomba de combustible y/u otras cargas auxiliares en el bus de CC.

40 [0028] Se proporciona un convertidor de CC a CC 240 entre un apilamiento de celdas de combustible 250 (que puede comprender una o más celdas de combustible) y el bus de CC 210, que acopla el apilamiento de celdas de combustible 250 al bus de CC 210. El convertidor de CC a CC 240 es unidireccional, es decir, solo permite el flujo de energía del apilamiento de celdas de combustible 250 al bus de CC 210, sin permitir el flujo de energía del bus de CC 210 de vuelta al apilamiento de celdas de combustible 250. Los apilamientos de celdas de combustible adecuados del presente modo de realización son operables para producir una salida de energía de hasta aproximadamente 10 KW. La tensión del apilamiento de celdas de combustible es variable dependiendo de factores analizados a continuación en relación con el funcionamiento del sistema.

45 [0029] En este modo de realización, la carga auxiliar del CC 230 es un motor CC sin escobillas, que se muestra como un motor trifásico y que puede, por ejemplo, ser un ventilador para el apilamiento de celdas de combustible 250. Pueden proporcionarse cargas auxiliares de CC alternas o adicionales. También se proporciona una carga auxiliar de CA 270, que, aunque no se muestra como tal en el presente modo de realización, también puede ser una carga parásita del apilamiento de celdas de combustible 250. Pueden proporcionarse también más cargas auxiliares de CA. La carga auxiliar de CA 270 se conecta a una red de CA 280.

50 [0030] Se proporciona un interruptor 285 para aislar el sistema 200 de la red de CA 280. En el presente modo de realización, la carga auxiliar de CA 270 es aislada de la red de CA 280 cuando el interruptor 285 está abierto; la carga auxiliar de CA 270 no está en el lado de la red de CA del interruptor de aislamiento 285. De manera alternativa, el interruptor 285 puede reconfigurarse (o proporcionarse un interruptor más) de manera que las cargas auxiliares de CA no estén aisladas de la red de CA cuando el interruptor esté abierto, si se desea. Se proporciona un filtro 290 entre la red de CA 280 y el inversor bidireccional 220.

- 5 **[0031]** Se proporciona un controlador 300, que controla el apilamiento de celdas de combustible 250, el convertidor de CC a CC 240, el inversor bidireccional 220 y el filtro 290. En un modo de realización, el controlador 300 se divide en dos elementos de control distintos 300A, 300B. El primer elemento 300A controla el apilamiento de celdas de combustible 250, la(s) carga(s) de CC 230 y controlador de CC a CC 240, con una opción de controlar la carga auxiliar de CA 270. El segundo elemento 300B controla el inversor bidireccional 220, y el interruptor 285, etc. Los dos elementos del controlador 300 pueden separarse, y ser capaces de funcionar de manera independiente, dentro del control global del sistema 200. Los elementos de control 300A, 300B pueden comunicarse entre ellos.
- 10 **[0032]** Las Figuras 2b y 2c muestran dos variaciones del segundo modo de realización. Se hace referencia a los componentes similares entre las figuras mediante referencias numéricas similares. La variación mostrada en la Figura 2b corresponde a la mostrada en la Figura 2a, con la excepción de que el convertidor de CC : CC 310 está conectado al bus de CC 210. Un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica 320 está conectado al bus de CC 210 a través del convertidor CC: CC 310. El convertidor CC: CC 310 también incluye un controlador, para controlar la transferencia de energía entre el dispositivo de almacenamiento 320 y el bus de CC 210. El controlador en el convertidor de CC:CC 310 está conectado al controlador 300.
- 15 **[0033]** La Figura 2c muestra una variación en el segundo modo de realización en el que se proporciona un convertidor CC:CC 310a, conectado al bus de CC 210, y también conectado a un bus de CC adicional 410, externo al sistema 200. Se conectan uno o más dispositivos de almacenamiento de CC 320a al bus de CC adicional 410. Además, o de manera alternativa, pueden conectarse uno o más sistemas de celdas de combustible adicionales al bus de CC adicional 410.
- 20 **[0034]** La Figura 3 muestra una vista esquemática del flujo de energía en un sistema según la Figura 2a en diferentes modos de funcionamiento. Las flechas en la Figura muestran la dirección de flujo de corriente en cada modo. El análisis hace referencia a los elementos del sistema 200 mostrados en la Figura 2a por sus referencias numéricas.
- 25 **[0035]** En un primer modo, se muestra el flujo de corriente y el funcionamiento del sistema 200 de la Figura 2a cuando el apilamiento de celdas de combustible 250 está produciendo menos energía que la exigida por la(s) carga(s) auxiliar(es) de CC 230 para funcionar. Esta situación ocurriría generalmente durante, por ejemplo, el arranque o la parada del apilamiento de celdas de combustible 250. En este caso, cualquier energía generada por el apilamiento de celdas de combustible 250 (que puede no ser ninguna, si el apilamiento no está operativo en un primer submodo del primer modo) se proporciona al bus de CC 210 a través del convertidor de CC a CC 240. El primer elemento 300A del controlador 300 es el principal y controla la corriente extraída, basándose en los requisitos de arranque/parada de la celda de combustible. El convertidor de CC a CC 240 es controlado por el primer elemento 300A del controlador 300 para extraer la cantidad de corriente necesaria del apilamiento de celdas de combustible 250 donde está suministrando algo de energía, en un segundo submodo del primer modo, y al bus de CC 210 asegurando así que no se bombea energía de CC desde la red de CA 280 al apilamiento de celdas de combustible 250.
- 30 **[0036]** La energía restante necesaria para las cargas auxiliares de CC 230 se proporciona al bus de CC 210 por el inversor bidireccional 220 desde la red de CA 280. El inversor bidireccional 220 es controlado por el segundo elemento 300B del controlador 300 para regular el bus de CC 210 a, en el presente modo de realización, 400V, variando la corriente CA de entrada desde la red 280 (el sistema está en modo control de corriente, proporcionando corrección del factor de potencia, analizado más abajo). La carga o cargas auxiliares de CA 270 son alimentadas desde la red de CA 280 directamente.
- 35 **[0037]** En un segundo modo, se muestra el flujo de corriente y el funcionamiento del sistema 200 de la Figura 2a cuando el apilamiento de celdas de combustible 250 está produciendo más energía de la exigida por las cargas auxiliares de CC 230. Esta situación ocurriría generalmente cuando el apilamiento de celdas de combustible 250 se encuentra en funcionamiento normal. En este caso, el primer elemento 300A del controlador 300 controla el apilamiento de celdas de combustible 250 para controlar qué corriente debería producir el apilamiento de celdas de combustible 250, basándose, por ejemplo, en las demandas del usuario, momento del día, otros picos esperados en la demanda, etc. El controlador 300 regula el flujo de combustible, flujo de aire y otros requisitos en consecuencia. El controlador de CC a CC 240 se controla para extraer esta cantidad de corriente de la celda de combustible y al bus de CC 210. En el segundo modo, el inversor está de nuevo en modo de control de corriente, la red de CA establece la tensión y frecuencia y el inversor bidireccional pasa corriente a la red de CA en fase.
- 45 **[0038]** El inversor bidireccional 220 es controlado por el controlador 300 para regular el bus de CC 210 a 400V variando la corriente CA de salida. El sistema se configura de manera que no rastrea las oscilaciones de 2 x frecuencia de la red de suministro (100 Hz en Reino Unido) que están presentes en el bus de CC 210. Se utiliza parte de la salida de energía del convertidor bidireccional 220 para alimentar las cargas auxiliares de CA 270, y
- 50

el resto se transfiere a la red de CA 280.

5 **[0039]** En un tercer modo, el sistema 200 de la Figura 2a es aislado de la red abriendo el interruptor de aislamiento 285. El sistema 200 opera ahora como una isla local, desconectada de la red de CA 280. El inversor bidireccional 220 funciona ahora en un modo de control de tensión, en el que es controlado por el controlador 300 para generar una "red" local definiendo la tensión y frecuencia, y proporcionar energía a la carga auxiliar de CA 270. El convertidor de CC a CC 240 se usa ahora para regular el bus de CC 210 a 400V, y se controla para proporcionar la energía correcta para el funcionamiento de la carga auxiliar de CC 230. El primer elemento 300A del controlador 300 es ahora un esclavo y reacciona a la corriente de CC a CC variando el flujo de combustible, flujo de aire y otros parámetros del sistema en consecuencia.

10 **[0040]** En un cuarto modo, el sistema está apagado. En este modo, las cargas de CC y CA 230, 270 están apagadas. No se extrae energía del apilamiento de celdas de combustible 250. El bus de CC 210 no es regulado, el inversor 220 está apagado y las fuentes de alimentación auxiliares (no mostradas) están activas y el controlador 300 es alimentado.

15 **[0041]** En general, el sistema se configura de manera que el punto más bajo de la oscilación en el bus regulado en tensión sea mayor que el pico de la tensión CA de la red de suministro. Este pico puede ser un punto definido, o puede monitorizarse y regularse la tensión para garantizar que la tensión regulada no sea mayor que un pico instantáneo de la tensión de la red de suministro.

20 **[0042]** La Figura 4 muestra un diagrama esquemático de los criterios de cambio entre diferentes modos de funcionamiento del sistema de las Figura 2a y 3. Cuando el sistema 200 está en el primer modo y la energía del apilamiento de celdas de combustible 250 se hace mayor a la extraída por la carga auxiliar de CC 230, por ejemplo durante el arranque del apilamiento de celdas de combustible 250, el sistema cambiará al segundo modo una vez que el apilamiento de celda de combustible 250 comience a suministrar más energía de la exigida por las cargas auxiliares de CC 230. Cuando el sistema 200 está en el segundo modo, y, por ejemplo, como sucede durante la parada del apilamiento de celdas de combustible 250, la energía proporcionada por el apilamiento de celdas de combustible 250 cae por debajo de la exigida por la carga auxiliar de CC 230, el sistema 200 cambia al primer modo. Para evitar que el sistema 200 "vibre" entre el primer y segundo modo, el sistema incluye alguna histéresis para proporcionar un retraso entre la detección del cambio en la distribución de energía y el cambio entre modos. La "vibración" puede evitarse también, por ejemplo, dejando solo una transición por ciclo de la red de suministro.

30 **[0043]** Además, si cuando el sistema 200 está en funcionando en el segundo modo, se detecta que la red de CA 280 se ha perdido y el sistema 200 es una isla, el sistema 200 cambia del segundo modo al tercer modo. Por el contrario, cuando se detecta que se está restaurando la red de CA 280, el sistema 200 cambia de nuevo del tercer modo al segundo modo.

[0044] El sistema puede moverse al cuarto modo apagado desde cualquier otro modo, según las necesidades.

35 **[0045]** En relación ahora de nuevo con la Figura 2a, los componentes del sistema 200 de la Figura 2a funcionan del siguiente modo. Cuando el sistema 200 está funcionando en el segundo modo, el inversor bidireccional 220, que se proporciona como un convertidor de CA a CC, se controla para suministrar una corriente sinusoidal en fase con la tensión de la red de suministro en la red de CA 280. El inversor bidireccional 220 crea esta forma variando el ciclo de trabajo de una señal de modulación de amplitud de impulsos (PWM, en inglés). El filtro 290 se proporciona para uniformizar la salida desde el inversor bidireccional 220 para extraer el componente de alta frecuencia de la señal de PWM para dejar el senoide subyacente para la salida a la red de CA 280.

40 **[0046]** La energía instantánea que se está suministrando a la red de CA 280 es el producto de la tensión y la corriente, ambas de las cuales son alternas a la frecuencia de la red de suministro (50 Hz en Reino Unido). Por lo tanto, la energía resultante es una onda \sin^2 , que es una onda sinusoidal al doble de la frecuencia de la red de suministro, oscilando entre cero y dos veces la potencia media. La energía, y por tanto, la corriente extraída del apilamiento de celdas de combustible 250, es CC pura, es decir, no está expuesta a ninguna frecuencia de CA, ya sea la frecuencia de la corriente o la energía. Para lograr esto de manera simple, se controla un convertidor de CC a CC 240 como una fuente de corriente, y pasa energía uniformemente desde el apilamiento de celdas de combustible 250 al bus de CC 210. El convertidor de CC a CC pasa la tensión del apilamiento de celdas de combustible 250 a un nivel de tensión superior que es mayor al pico de la tensión de la red de CA 280. Como se ha analizado arriba, la tensión pico de la red de suministro puede determinarse de una variedad de maneras. En el presente modo de realización, el convertidor de CC a CC 240 opera convirtiendo la CC del apilamiento de celdas de combustible 250 a una CA de alta frecuencia, pasándola a través de un transformador a la nueva tensión y después rectificándola de nuevo a CC. El convertidor de CC a CC 240 asegura, por tanto, que la tensión en el bus de CC 210 es constante, aunque la tensión del apilamiento de celdas de combustible 250 varía

y es por ello no regulada.

5 **[0047]** Para lograr un equilibrio energético en el bus de CC 210, se utiliza un banco de condensadores u otro dispositivo o sistema de almacenamiento de energía (que puede situarse dentro del convertidor de CA a CC 230), que absorbe y emite la corriente al bus de CC 210, proporcionando por tanto la salida de energía del doble de la frecuencia de red de suministro requerida a la salida. La tensión en el bus de CC 210 variará al doble de la tensión de la red de suministro puesto que la energía es suministrada y absorbida en los condensadores, normalmente entre 390V y 410V. La tensión media en el bus de CC 210 se mantiene equilibrando la energía extraída del apilamiento de celdas de combustible 250 con la energía media suministrada a la red de CA 280.

10 **[0048]** En el presente modo de realización, la carga auxiliar de CC 230 es un motor CC sin escobillas, que está devanado para alta tensión. Mediante el uso de un sistema de un modo de realización de la invención, es posible evitar el uso de un transformador adicional y pasos de conversión adicionales para generar la baja tensión usada normalmente para alimentar motores CC sin escobillas, comúnmente 24V o 48V, bien desde la CC de alta tensión o la CA, lo que reduce las pérdidas de conversión de energía así como el número de componentes, coste y tamaño del sistema 200 y aumenta la eficacia.

15 **[0049]** Cuando el sistema 200 está funcionando en el primer modo, al menos parte de la energía para las cargas auxiliares de CC 230 debe proceder de la red de CA 280. Si esto se hiciera proporcionando un rectificador de puente para convertir la red de suministro a CC y un condensador de filtro, se extraería una forma de onda de corriente distorsionada desde la red de CA 280, lo que exigiría que un circuito activo corrigiera esto. Dicho circuito debe usar un elevador de tensión entre la salida del rectificador de puente y el condensador de filtro para conformar que la corriente de entrada extraída sea sinusoidal. Tales circuitos adicionales aumentan el tamaño y coste de un sistema. En el presente modo de realización, el inversor 220 y el filtro 290 pueden usarse en reversa. En el primer modo, los interruptores del inversor 220 se controlan de manera que la corriente extraída de la red de CA 280 sea un senoide, y proporciona corrección del factor de potencia activa a la carga auxiliar de CC 230, lo que evita que el inversor 220 induzca armónicos en la red de CA 280. Los inductores dentro del filtro 290 (que en el segundo modo uniformizan la salida para extraer la señal de PWM) se utilizan ahora junto con los interruptores del inversor 220 para proporcionar un elevador de tensión. Una vez más, el banco de condensadores en el inversor 220 absorbe y genera el doble del componente de la frecuencia de la red de CA de la energía. La carga auxiliar de CC 230 puede, por tanto, funcionar de forma normal desde el bus de CC 210. Por tanto, la carga auxiliar de CC 230 está "ciega" ante si el sistema 200 está funcionando en el primer o segundo modo, es decir, si el bus de CC está recibiendo energía desde el apilamiento de celdas de combustible 250, la red de CA 280 o una combinación de ambos.

20

25

30

[0050] En los sistemas mostrados en las Figuras 2b y 2c, el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica puede usarse en lugar de o junto con la red de CA durante el encendido y apagado del apilamiento de celdas de combustible.

35 **[0051]** Se apreciará que los modos de realización de la invención pueden usarse e incorporarse a aplicaciones de generación de energía distribuida, micro-generación de energía, generación de energía a pequeña escala o aplicaciones mayores, como plantas eléctricas o centrales eléctricas. Además, como se ha analizado arriba, la red de CA puede ser una red eléctrica nacional o regional, o puede ser una red local o puede ser un generador o inversor independiente conectado a una fuente de CC, es decir, cualquier sistema que transporta CA.

40

45

Reivindicaciones

1. Un sistema (100, 200) para conectar un apilamiento de celdas de combustible (250) a una red de CA (280) para proporcionar energía a la misma, que comprende:
 - 5 un convertidor de CC a CC (140, 240) a conectar al apilamiento de celdas de combustible (250);
 - un bus de CC regulado en tensión (110, 210) conectado al convertidor de CC a CC (140, 240);
 - un inversor bidireccional (120, 220) conectado al bus de CC (110, 210), y a conectar entre el bus de CC (110, 210) y la red de CA (280); y
 - 10 al menos una carga auxiliar de CC (130, 230) del apilamiento de celdas de combustible (250) conectado al bus de CC (110, 210).
2. Un sistema (200) según la reivindicación 1, donde el inversor bidireccional comprende un convertidor de CA a CC (220).
3. Un sistema (100, 200) según la reivindicación 1 o reivindicación 2, donde el inversor bidireccional (120, 220) se configura para regular la tensión en el bus de CC (110, 210).
- 15 4. Un sistema (100, 200) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el inversor bidireccional (120, 220) se configura para regular la tensión en el bus de CC (110, 210) cuando el sistema (100, 200) está conectado a la red de CA (280).
5. Un sistema (100, 200) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el convertidor de CC a CC (140, 240) se configura para regular la tensión en el bus de CC (110, 210).
- 20 6. Un sistema (100, 200) según la reivindicación 5, donde el convertidor de CC a CC (140, 240) se configura para regular la tensión en el bus de CC (110, 210) cuando el sistema (100, 200) no está conectado a la red de CA (280).
7. Un sistema (200) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además al menos una carga auxiliar de CA (270) conectada en el lado de la red de CA del inversor bidireccional (220).
- 25 8. Un sistema (200) según la reivindicación 7, donde la carga auxiliar de CA (270) es una carga auxiliar del apilamiento de celdas de combustible (250).
9. Un sistema (100, 200) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el sistema está configurado para proporcionar energía de CC a la al menos una carga auxiliar de CC (130, 230), a través del bus de CC (110, 210), al menos parcialmente desde la red de CA (280) cuando el apilamiento de celdas de combustible (250) no está proporcionando suficiente energía para la al menos una carga auxiliar de CC (130, 230).
- 30 10. Un sistema (100, 200) según la reivindicación 9, donde el inversor bidireccional (120, 220) está adaptado para proporcionar corrección del factor de potencia activa a la carga auxiliar de CC (130, 230) cuando la carga auxiliar de CC (130, 230) es alimentada al menos parcialmente desde la red de CA (280).
- 35 11. Un sistema (100, 200) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el sistema está configurado para proporcionar energía a la al menos una carga auxiliar de CC (130, 230), a través del bus de CC (110, 210), desde el apilamiento de celdas de combustible (250) cuando el apilamiento de celdas de combustible (250) está proporcionando suficiente energía para la al menos una carga auxiliar de CC (130, 230).
- 40 12. Un sistema (200) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además al menos un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica (320) conectado al bus de CC (110, 210).
13. Un sistema (200) según la reivindicación 12, que comprende además un convertidor de CC a CC adicional (310), conectado entre el bus de CC (210) y el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica (320).
- 45 14. Un método para controlar un sistema de generación de energía (100, 200) que incluye un apilamiento de celdas de combustible (250) que alimenta una red de CA (280), comprendiendo el método proporcionar energía a un bus de CC regulado en tensión (110, 210), y al menos una carga auxiliar de CC (130, 230) del apilamiento de celdas de combustible (250) conectada al bus de CC (110, 210), donde:

en un primer modo, se proporciona energía de CC regulada en tensión a la al menos una carga auxiliar de CC (130, 230) desde la red de CA (280), a través de un inversor bidireccional (120, 220) y el bus de CC regulado en tensión (110, 210); y

en un segundo modo, se proporciona energía de CC regulada en tensión a la al menos una carga auxiliar de CC (130, 230) desde el apilamiento de celdas de combustible (250), a través de un convertidor de CC a CC (140, 240) y el bus de CC regulado en tensión (110, 210).

5 **15.** Un método según la reivindicación 14, donde:

un primer submodo del primer modo, se proporciona energía a la al menos una carga auxiliar de CC (130, 230) desde la red de CA (280) solamente, sucediendo el primer submodo del primer modo cuando el apilamiento de celdas de combustible (250) no está produciendo energía; y

10 en un segundo submodo del primer modo, se proporciona energía a la al menos una carga auxiliar de CC (130, 230) desde ambos la red de CA (280) y el apilamiento de celdas de combustible (250), sucediendo el segundo submodo del primer modo cuando el apilamiento de celdas de combustible (250) está produciendo menos energía de la que la al menos una carga auxiliar de CC (130, 230) consume.

15 **16.** Un método según la reivindicación 14 o 15, donde, en el primer modo, la tensión del bus de CC es regulada por un convertidor de CA a CC (240) entre la red de CA (280) y el bus de CC (210).

17. Un método según cualquiera de las reivindicaciones de la 14 a la 16, donde, en el segundo modo, la tensión del bus de CC es regulada por un convertidor de CA a CC (240) entre la red de CA (280) y el bus de CC (210).

18. Un método según cualquiera de las reivindicaciones de la 14 a la 17, donde, en el segundo modo, se proporciona energía a la red de CA (280) desde el apilamiento de celdas de combustible (250).

20 **19.** Un método según la reivindicación 14 o 15, donde, en el segundo modo sucede cuando el apilamiento de celdas de combustible (250) está produciendo más energía de la que la al menos una carga auxiliar de CC (230) consume.

25 **20.** Un método según cualquiera de las reivindicaciones de la 14 a la 19, que comprende además un tercer modo en el que el sistema de generación de energía está aislado de la red de CA (280) y la tensión del bus de CC es regulada por el convertidor de CC a CC (240).

21. Un método según la reivindicación 20, donde, en el tercer modo, se proporciona una red de CA local (280) por un convertidor de CA a CC entre la red de CA local (280) y el bus de CC (210).

30 **22.** Un método según las reivindicaciones de la 14 a la 21, que comprende además un cuarto modo en el que no se extrae energía desde el apilamiento de celdas de combustible (250), no se alimenta ninguna carga auxiliar y la energía se proporciona a un controlador del sistema (300).

23. Un método según la reivindicación 22, donde, en el cuarto modo, también se proporciona energía a al menos una carga auxiliar de CA (270) del sistema.

24. Un método según cualquiera de las reivindicaciones de la 14 a la 23, donde la tensión del bus de CC es de entre 300 y 500 voltios CC.

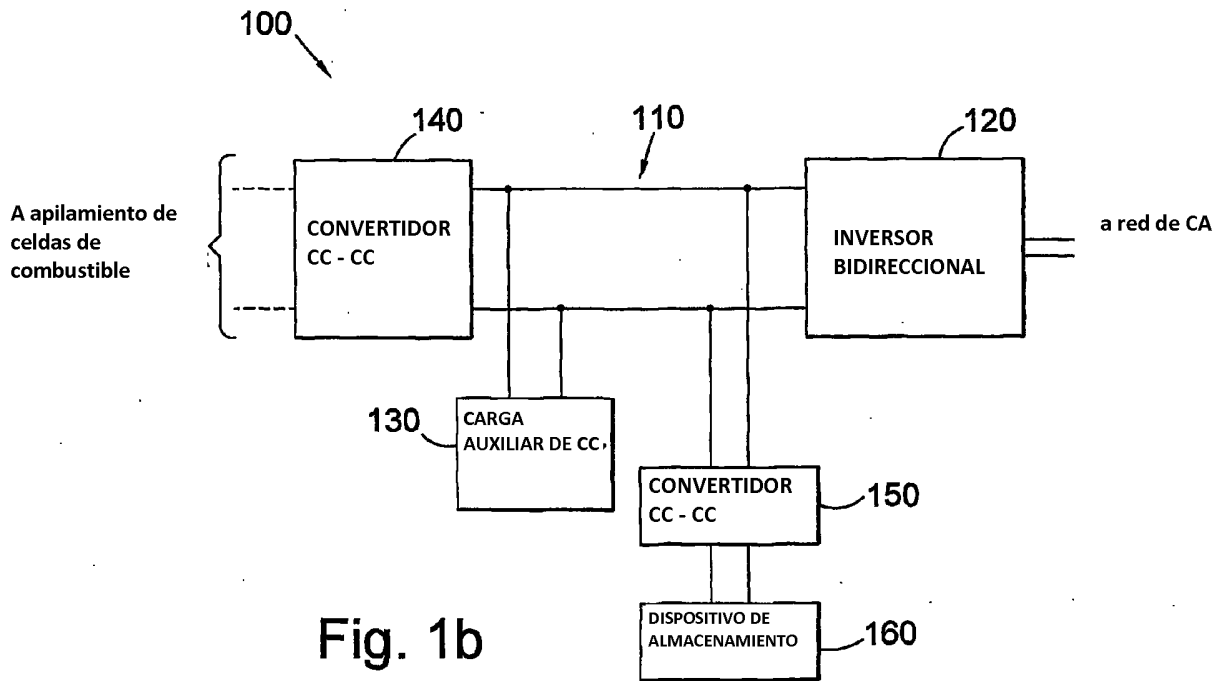
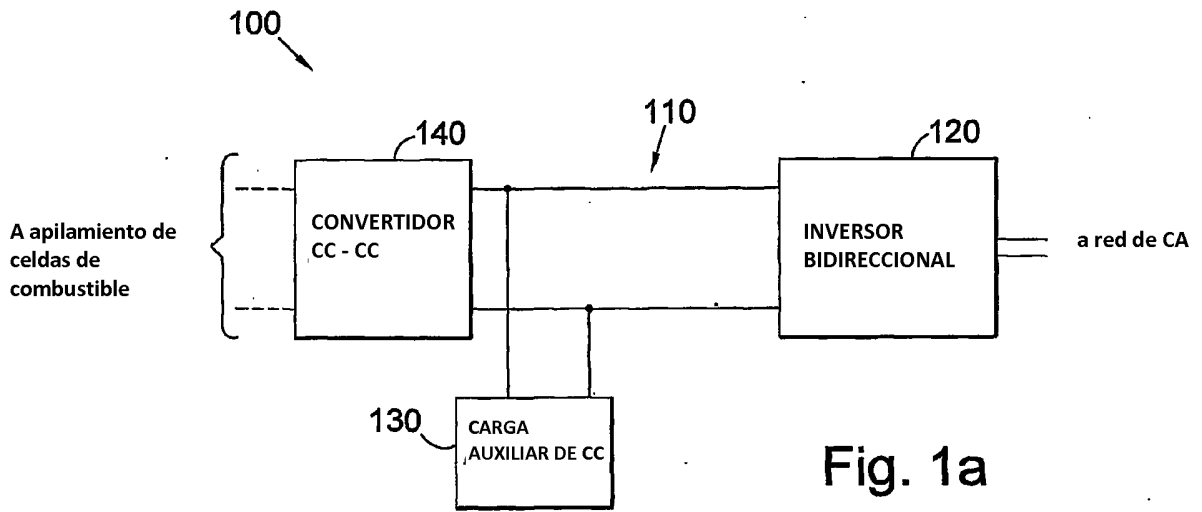
35 **25.** Un método según la reivindicación 24, donde la tensión del bus de CC es aproximadamente 400 voltios CC.

26. Un dispositivo de generación de energía, que comprende un sistema (100, 200) según cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 13.

27. Un dispositivo de generación de energía según la reivindicación 26, estando configurado el dispositivo para producir calor utilizable.

40

45



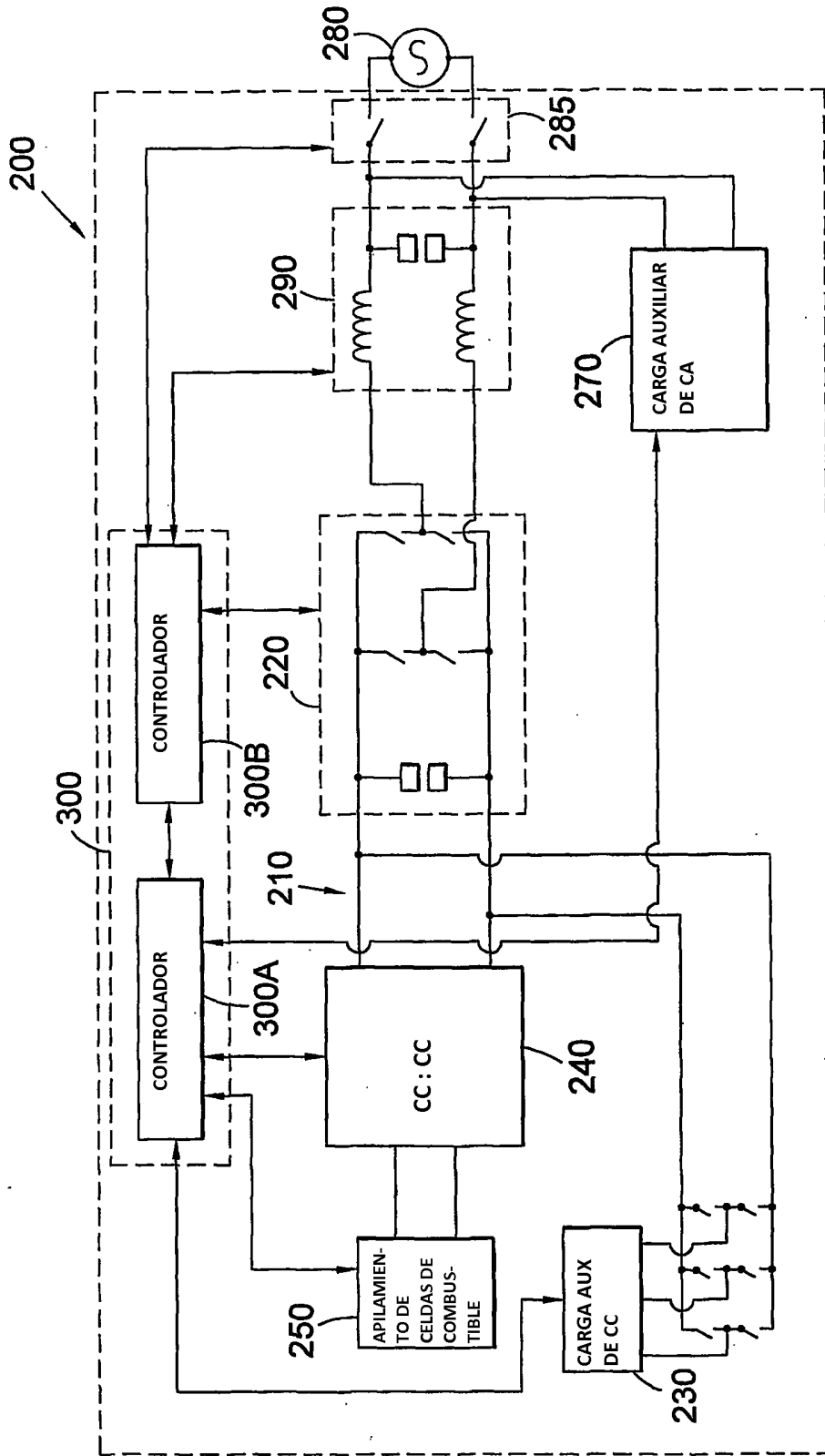


Fig. 2a

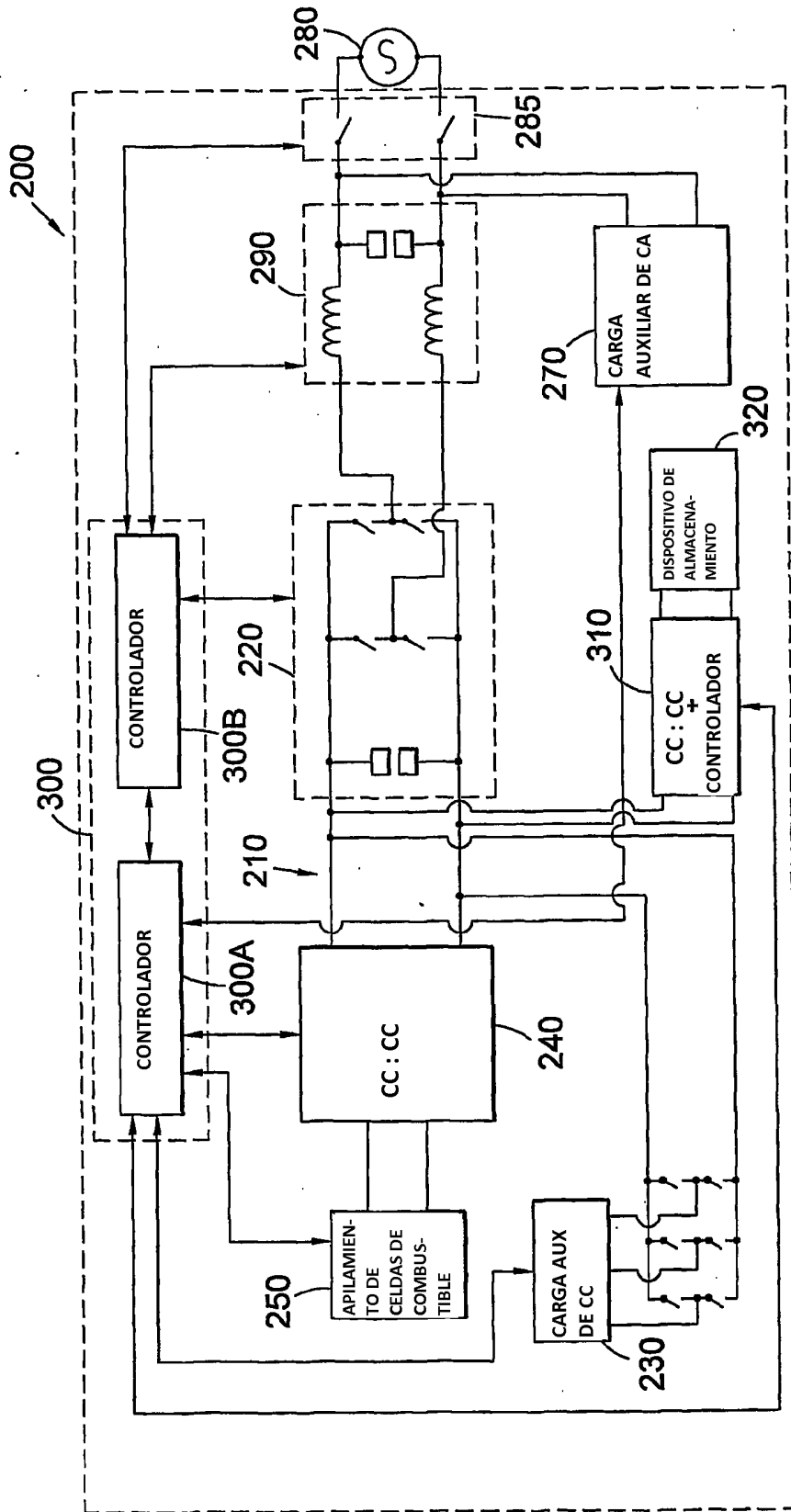


Fig. 2b

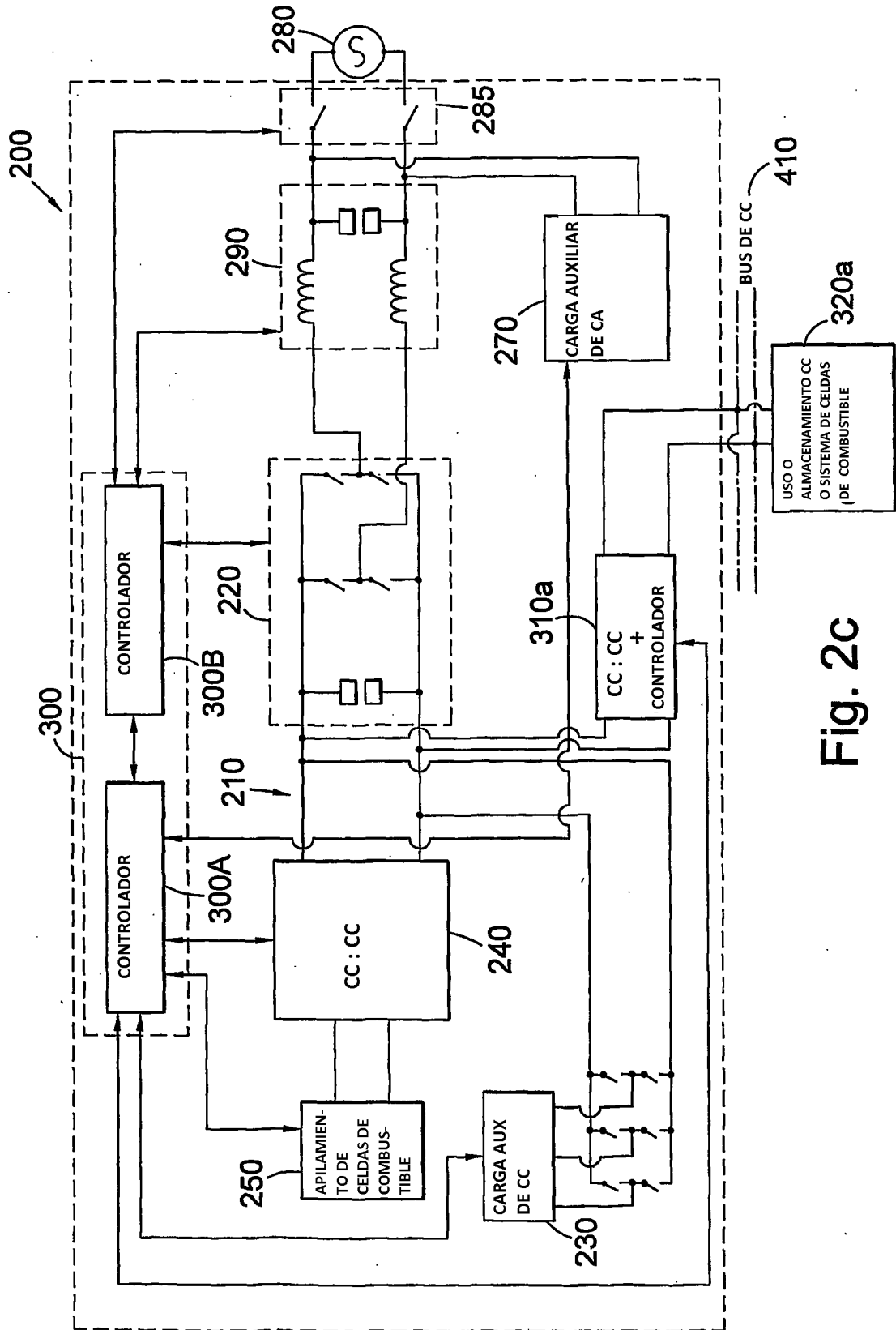


Fig. 2C

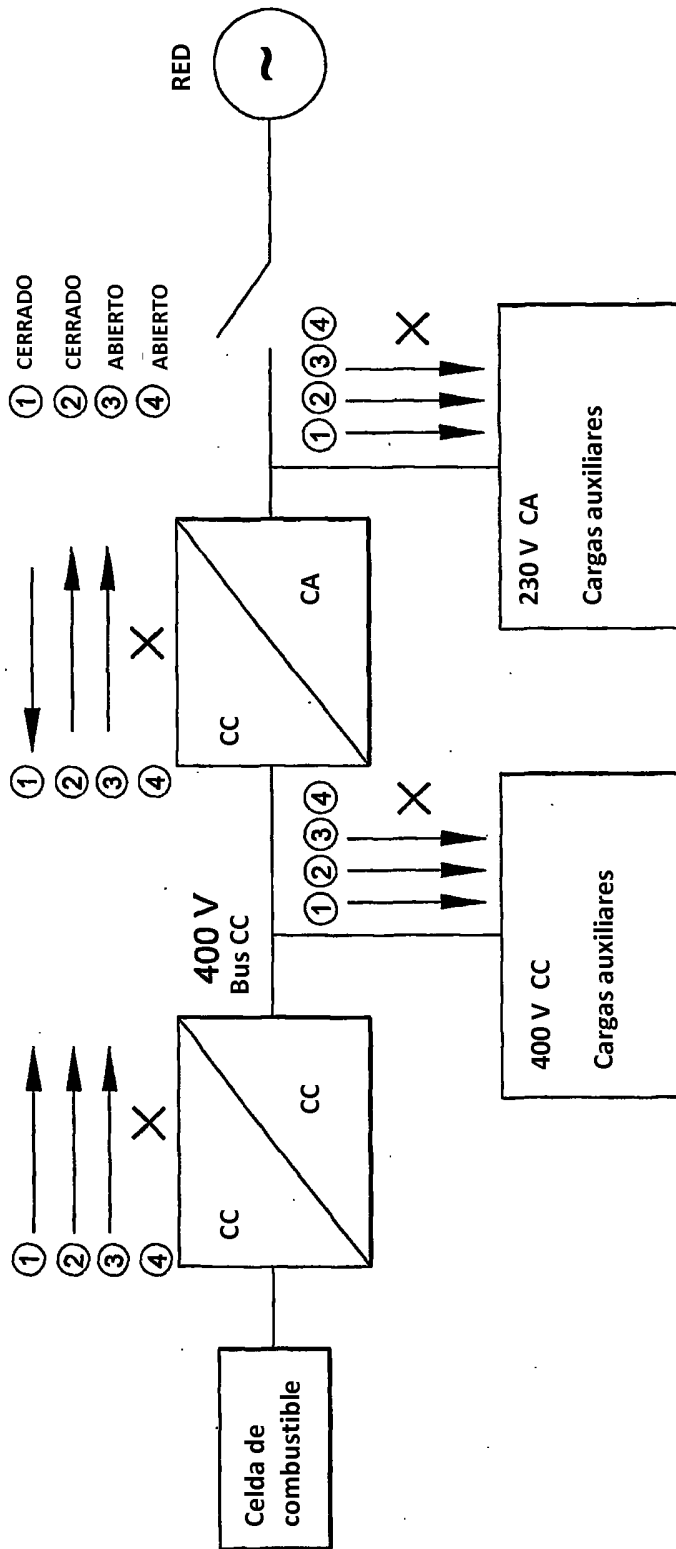


Fig. 3

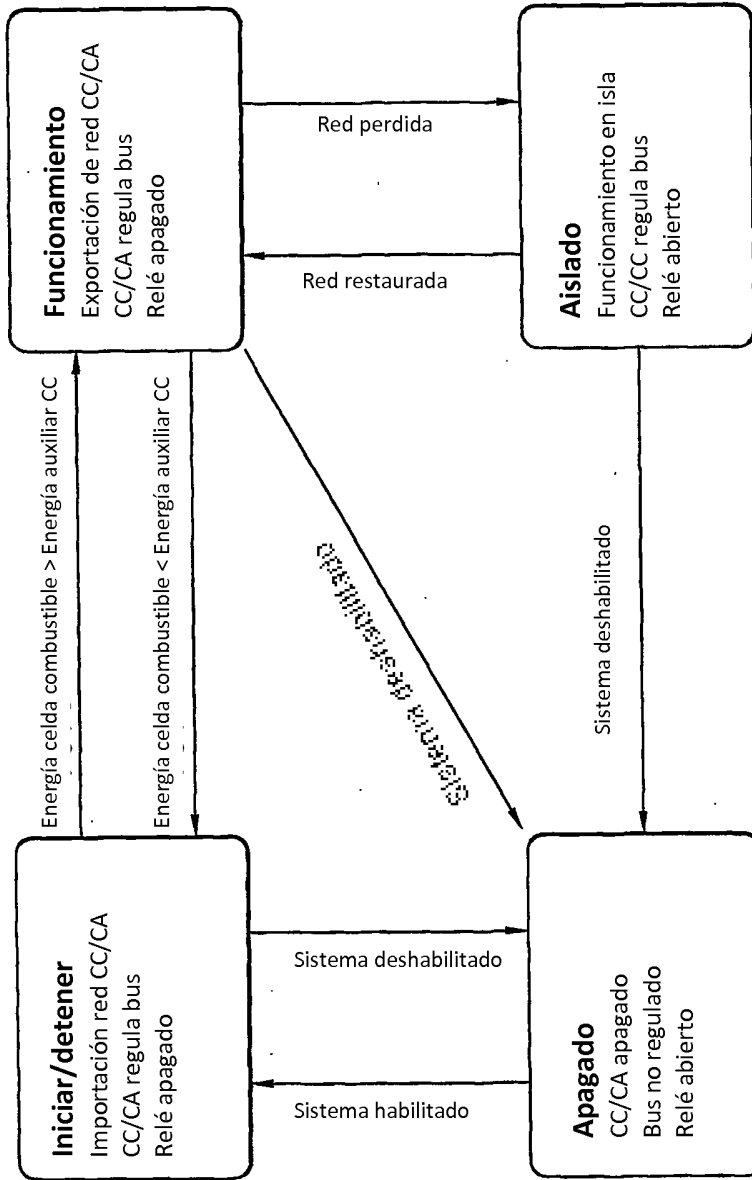


Fig. 4