

(12)

SOLICITUD de PATENTE

(43) Fecha de publicación: 11/05/2009 (51) Int. Cl: **H02M 7/68** (2006.01)
(22) Fecha de presentación: 04/02/2009 (86) Número de solicitud PCT: GB 07/02972
(21) Número de solicitud: 2009001330 (87) Número de publicación PCT: WO 2008/015461 (07/02/2008)

(30) Prioridad(es): 04/08/2006 GB 0615562.6
25/10/2006 US 60/854,081

(71) Solicitante:
**CERES INTELLECTUAL PROPERTY COMPANY
LIMITED**
Unit. 18, Denvale Trade Park, Haslett Avenue East
RH10 1SS Crawley West Sussex GB

(72) Inventor(es):
EVANS, Christopher, John
Chapel Street 17, Caverley Pudsey West Yorkshire
LS28 5PS GB
ELLIOT, Charles, Richard
WATKINS, Stephen, James

(74) Representante:
JORGE MIER Y CONCHA SEGURA.*
Insurgentes Sur 1605, Piso 20 Distrito Federal 03900
MX

(54) Título: CONTROL DE FUENTE DE ALIMENTACION PARA GENERADOR DE ENERGIA.

(54) Title: POWER SUPPLY CONTROL FOR POWER GENERATOR.

(57) Resumen

Se describe un sistema (100) para conectar la pila de celdas de combustible a una red de CA para proporcionar energía al mismo, en el cual un bus de CC de voltaje regulado (110) se proporciona para acoplarse a la pila de celdas de combustible, un inversor bidireccional (120) está acoplado al bus de CC (110), y será acoplado entre el bus de CC (110) y la red de CA. Se proporciona por lo menos una carga auxiliar de CC (130) de la pila de celdas de combustible acoplada al bus de CC (110). Se proporciona un convertidor de CC a CC(140) entre la pila de celdas de combustible y el bus de CC (110).

(57) Abstract

A system (100) for connecting a fuel cell stack to an A.C. grid to provide power thereto is disclosed in which a voltage regulated D. C. bus (110) is provided to be coupled to the fuel cell stack, a bidirectional inverter (120) is coupled to the D. C. bus (110), and is to be coupled between the D. C. bus (110) and the A.C. grid. At least one D. C. auxiliary load (130) of the fuel cell stack is provided coupled to the D.C. bus (110). A D.C. to D. C. converter (140) is provided between the fuel cell stack and the D.C. bus (110).

**CONTROL DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN PARA GENERADOR DE
ENERGÍA**

La presente invención se relaciona con la
5 generación de energía. Específicamente, la presente
invención se relaciona con sistemas para controlar la
conexión de una pila de celdas de combustible y una
red de CA.

10 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Las celdas de combustible pueden ser una solución
útil, eficiente y ecológica para la generación de
energía. Tienen pocas partes móviles, y son altamente
15 eficientes para convertir energía contenida en el
combustible en electricidad utilizable y, en algunos
casos, calor utilizable. Las celdas de combustible
generan corriente continua (CC). Generalmente, una
celda de combustible generará CC a un voltaje en el
20 orden de 1V y, al operar bajo una carga, entre 0.3V y
0.8V. El voltaje cambia según los parámetros de
operación de las celdas de combustible y la carga
extraída.

En general, la energía de una celda de combustible
25 es insuficiente para satisfacer los requisitos de

carga eléctrica de las aplicaciones para las cuales se proporcionan celdas de combustible. Estas celdas de combustible múltiples están conectadas juntas para formar una pila de celdas de combustible, con la preferencia para conectar eléctricamente las celdas de combustible en un arreglo en serie. Una pila de celdas de combustible incluye elementos adicionales, incluyendo distribución de aire y combustible, y medios para obtener energía eléctrica de la pila de celdas de combustible.

Un sistema de celda de combustible incorporará por lo menos una de tales pilas de celdas de combustible, así como los componentes de manejo de combustible y aire (como un ventilador, válvulas y filtros), un sistema de control, y los componentes electrónicos de energía para permitir que la energía eléctrica de la celda de combustible se convierta en la forma correcta para alimentar la carga eléctrica o las cargas a las cuales está conectado. Tales cargas eléctricas pueden ser cargas de corriente continua (cargas CC) o cargas de corriente alterna (cargas CA). Ejemplos de tales cargas incluyen baterías, bombas y ventiladores, motores, alimentación local, redes de distribución locales y la red de energía eléctrica nacional.

Las pilas de celdas de combustible pueden utilizarse para proporcionar electricidad a una "red"

de corriente alterna (CA) (como la red nacional en el Reino Unido). Las "redes" alternativas pueden incluir generadores o inversores independientes conectados a una fuente de CC, de hecho cualquier sistema de CA.

5 Tales sistemas de celdas de combustible, al conectarse 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 de energía pico, cuando la red se encuentra

10 bajo una carga pesada. Debido a la naturaleza de la operación, que requiere proporcionar combustible y aire a la celda de combustible bajo las condiciones de temperatura y, en algunos casos de presión adecuadas, los sistemas de celda de combustible no comienzan y

15 dejan de generar electricidad instantáneamente. En lugar de ello, tienen periodos de "aumento" y "disminución", entre estar totalmente apagados y a su capacidad de operación. Además, los sistemas de celdas de combustible requieren dispositivos auxiliares, los

20 cuales habilitan la operación de las pilas de celdas de combustible. Algunos ejemplos de tales dispositivos auxiliares son ventiladores de aire, los cuales mantienen la temperatura de operación a los niveles correctos, y bombas de combustible, las cuales

25 proporcionan el combustible a las pilas de celda de combustible para permitirles generar energía, etc.

Debido a que la pila de celdas de combustible genera voltaje de CC, y la red requiere voltaje de AC, el sistema de celdas de combustible requiere la conversión del sistema de CC al proporcionar energía a una red. Debido al tiempo de cambio gradual de una pila de celdas de combustible, hay momentos en los que las cargas auxiliares deben alimentarse desde la red, de manera que siempre estén provistas de energía de operación, incluso cuando la pila de celdas de combustible no proporciona energía.

Sumario de la Invención

La presente invención busca superar o reducir por lo menos una de las desventajas asociadas con la técnica anterior.

Modalidades de la invención proporcionan un bus de CC acoplado entre por lo menos una celda de combustible y una red de CA. Modalidades de la invención proporcionan una carga auxiliar de CC, la cual puede ser una carga parasítica de la o las celdas de combustible, acopladas al bus de CC y alimentadas por éste.

En modalidades de la invención, se proporciona un convertidor de CC a CC entre la o las celdas de combustible y el bus de CC. Esto puede transformar el

voltaje generado por la o las celdas de combustible en el voltaje a ser transportado por el bus de CC. En algunas modalidades, el convertidor de CC a CC aumenta el voltaje desde la salida de voltaje no regulado mediante la o las celdas de combustible transportado por el bus de CC, el cual es mayor que el voltaje de salida de la o las celdas 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 utilizarse diferentes tipos de convertidor CC/CC, incluyendo de manera enunciativa, convertidores en medio puente, en puente completo o con transformador de toma media (conocidos como "push-pull"). En una modalidad, se utiliza un puente completo con un transformador de aislamiento.

En modalidades de la invención, se regula el voltaje del bus de CC. En modalidades de la invención, se proporciona un inversor bidireccional entre el bus de CC y la red de CA. En modalidades de la invención, el inversor bidireccional puede controlar el voltaje en el bus de CC, y puede proporcionar la regulación de voltaje. En modalidades de la invención, el inversor bidireccional está configurado para regular el voltaje en el bus de CC cuando el sistema está conectado a la red de CA, y podría hacerlo.

En modalidades de la invención, la carga auxiliar

de CC es una carga parasítica de por lo menos una celda de combustible, es decir, una carga que se requiere para que la o las celdas de combustible funcionen. En modalidades de la invención, la carga auxiliar de CC incluye un ventilador para la o las celdas de combustible. En algunas modalidades, la carga auxiliar incluye una bomba de combustible para la o las celdas de combustible.

En modalidades de la invención, el sistema incluye un bus de CC de voltaje regulado conectado entre un convertidor de CC a CC y un inversor bidireccional, el inversor bidireccional también está conectado a una red de CA y el convertidor de CC a CC también está conectado a por lo menos una celda de combustible, donde por lo menos una carga auxiliar de CC de la o las celdas de combustible está conectada al bus de CC de voltaje regulado. Por tanto, el sistema puede hacerse significativamente más pequeño y ligero, a expensas de una ligera pérdida de eficiencia.

Al proporcionar carga(s) auxiliares de CC de la o las celdas de combustible en el bus de CC, se evita la transformación de la corriente generada por la o las celdas de combustible de CC a CA de alimentación principal y de nuevo a CC para alimentar las cargas auxiliares. De esta manera, únicamente se requiere una sola etapa de conversión para proporcionar energía

a la carga de CC, ya sea desde la o las celdas de combustible o desde la red de CA.

Además, si las cargas auxiliares de CC se alimentan desde la salida no regulada de por lo menos una celda de combustible, en lugar de hacerlo del bus de CC, durante el arranque cuando la celda de combustible no genera ninguna energía, el sistema debe hacerse funcionar en reversa para alimentar las cargas conectadas a la celda de combustible. En este caso, se necesitaría un contactor para evitar aplicar un voltaje a la celda de combustible, lo cual no es deseable. Tales contactores son generalmente grandes, caros y ruidosos.

Las cargas de CC en un sistema de energía de CC no regulado generalmente están diseñadas para un rango específico de voltajes de CC (por ejemplo de 40-60V) para adecuarse a las condiciones de operación de las celdas de combustible. Sin embargo, esto significa que si se produce una unidad con potencia ligeramente más alta, por ejemplo con más capas, o una unidad con la misma salida de potencia pero una proporción de voltaje y corriente diferente, se requeriría rediseñar la o las cargas de CC.

Además, con el fin de que el de voltaje de CC no regulado alimente los dispositivos parasíticos, con energía desde la red de CA, la etapa de CC/CC debe ser

bidireccional. Esto añade costo y complejidad significativos al sistema. En modalidades de la presente invención, puede utilizarse un convertidor CC a CC unidireccional.

5 En modalidades de la invención, la regulación de voltaje del bus de CC se basa en el voltaje promedio, en lugar de controlar el voltaje para que sea exactamente constante. En una modalidad para uso donde la red de CA tiene una frecuencia de 50 Hz,
10 sobrepuesta en el voltaje regulado se encuentra una corriente de ondulación de 100Hz del orden de 10V. Ésta se proporciona debido a que la energía de fase sencilla en realidad siempre se distribuye a 100Hz; el bus de CC se utiliza para filtrar esto de manera que
15 lo que se extrae de la celda de combustible es CC pura.

 En modalidades de la invención, por lo menos una carga auxiliar está conectada en el lado de la red de CA del inversor bidireccional. La carga auxiliar de CA
20 puede ser una carga auxiliar de la pila de la celda de combustible.

 En modalidades de la invención, un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica se conecta al bus de CC. El dispositivo de almacenamiento puede estar
25 conectado al bus de CC por un convertidor de CC: CC controlable. Puede proporcionarse más de uno de tales

dispositivos de almacenamiento según se requiera.

En una modalidad de la invención, puede proporcionarse un segundo bus de CC de voltaje regulado externamente del sistema para conectar una pila de celdas de combustible a una red de CA. El bus de CC externo puede estar conectado al bus de CC de voltaje regulado del sistema. Pueden conectarse uno o más dispositivos de almacenamiento a este bus de CC adicional mediante uno o más convertidores de 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 de la pila de celdas de combustible descritas anteriormente. En modalidades de la invención se proporcionan dispositivos de almacenamiento tanto internos como externos. En modalidades de la invención, varios dispositivos de almacenamiento y/o pilas de celdas de combustible pueden proporcionarse en forma externa al sistema.

El dispositivo de almacenamiento puede ser cualquiera o más de una o varias baterías, capacitores, volantes u otros dispositivos de almacenamiento de energía.

En la operación, en modalidades de la invención, el sistema puede operar en modos diferentes. En un primer modo, puede proporcionarse energía de CC

regulada por voltaje a por lo menos una carga auxiliar de CC de por lo menos una celda de combustible dentro de una red de CA, a través de un bus de CC regulada por voltaje. En un segundo modo, la energía de CC regulada por voltaje puede proporcionarse a la o las 5 cargas auxiliares de CC desde por lo menos una celda de combustible, a través del bus de CC regulada por voltaje. En modalidades de la invención, en un primer sub-modo del primer modo, la energía se proporciona a la o las cargas auxiliares de CC sólo desde la red de 10 CA. En modalidades de la invención, en un segundo sub-modo del primer modo, se proporciona energía a la o las cargas auxiliares de CC tanto desde la red de CA y la o las celdas de combustible. El primer sub-modo del primer modo puede ocurrir cuando la o las celdas de 15 combustible no están produciendo energía. El segundo sub-modo del primer modo puede ocurrir cuando la o las celdas de combustible producen menos energía que la extraída por la o las cargas auxiliares de CC. Cuando el sistema se encuentra en el segundo modo, puede 20 proporcionarse energía a la red de CA a partir de la o las celdas de combustible. El segundo modo puede ocurrir cuando la o las celdas de combustible producen más energía que la extraída por la o las cargas auxiliares de CC. El sistema también puede operar en 25 un tercer modo en el cual el sistema de generación de

energía de las celdas de combustible está aislado de la red de CA y el voltaje del bus de CC es regulado por el convertidor de CC a CC. El voltaje del bus de CC puede regularse entre 300 y 500 volts CC. El
5 voltaje del bus de CC puede regularse alrededor de 400 volts CC. El arranque del sistema también puede alimentarse desde uno o más dispositivos de almacenamiento, si se proporciona. En este modo, puede proporcionarse energía a la o las cargas
10 auxiliares de CC desde el o los dispositivos de almacenamiento adicionales, en lugar de hacerlo desde la red de CA, durante el arranque de la pila de celdas de combustible.

Por tanto, de acuerdo con un primer aspecto de la
15 invención, se proporciona un sistema para conectar una pila de celdas de combustible a una red de CA para proporcionar energía a la misma, según la reivindicación 1. De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método según
20 la reivindicación 14.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación se describirán modalidades de la
25 invención, únicamente como ejemplo, con referencia a los dibujos anexos, en las cuales:

La Figura 1a muestra un sistema de control esquemático según una primera modalidad de la invención;

5 La Figura 1b muestra un sistema de control esquemático según una variación de la primera modalidad;

La Figura 2a muestra un sistema de control esquemático según una segunda modalidad de la invención;

10 La Figura 2b y 2c muestran variaciones de la segunda modalidad;

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

15 La Figura 4 muestra un diagrama esquemático del criterio de cambio entre diferentes modos de operación del sistema de las Figuras 2a y 3.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS MODALIDADES DE LA

20

INVENCION

La Figura 1a muestra un diagrama esquemático de un sistema según una modalidad de la invención. El sistema (100) incluye un bus de CC regulado por voltaje (110) que va a ser acoplado a una pila de celdas de combustible (la cual puede comprender una o

25

más celdas de combustible), un inversor bidireccional (120) conectado al bus de CC (110) y por conectarse entre el bus de CC (110) y una red de CA, y por lo menos una carga de CC auxiliar (130) de la pila de celdas de combustible acoplada al bus de CC (110). Un convertidor amplificador de CC a CC (140) se proporciona entre la pila de celdas de combustible y el bus de CC. El convertidor de CC a CC aísla la pila de celdas de combustible del bus de CC y dirige el voltaje no regulado desde la pila de celdas de combustible a un voltaje regulado en el bus de CC. Aunque en el presente documento se muestra una sola carga auxiliar de CC (130), se apreciará que cargas auxiliares adicionales podrían conectarse al bus de CC (110).

La carga auxiliar de CC (130) extrae energía del bus de CC (110). Según la operación del sistema (100), la energía de la carga auxiliar (130) puede proporcionarse al bus de CC para ser extraída por la carga auxiliar de CC (130) desde la pila de celdas de combustible, la red de CA, o una combinación de ambas. El convertidor bidireccional (120) regula el voltaje en el bus de CC (110). En la modalidad presente, la regulación de voltaje en el bus de CC se basa en el voltaje promedio, en lugar de controlar el voltaje de modo que sea exactamente constante. Sobrepuesta al

voltaje regulado, existe una corriente de ondulación de 100Hz del orden de los 10V. Esta se proporciona debido a que la energía de fase sencilla en realidad se distribuye a 100Hz; el bus de CC se utiliza para
5 filtrar esto de manera que lo que se extrae de la celda de combustible es CC pura.

La Figura 1b muestra una variación del sistema de control según la primera modalidad. En esta variación, se hace referencia a los componentes similares con
10 números de referencia similares. En esta variación, la cual de otro modo corresponde a la discutida anteriormente en relación con la Figura 1a, se proporciona un convertidor de CC: CC adicional, el cual está conectado al bus de CC de voltaje regulado
15 (150). Un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica (160) está conectado al bus de CC (110) a través del convertidor de CC: CC adicional (150). En la modalidad actual, el dispositivo de almacenamiento es un sistema de baterías. Sin embargo, otros
20 dispositivos de almacenamiento pueden incluir capacitores, volantes u otros como es conocido para un experto en la técnica.

La Figura 2a muestra una segunda modalidad de la invención. La segunda modalidad es similar a la
25 primera modalidad, y comparte las funciones mostradas en la primera modalidad. Por lo tanto, se proporciona

un bus de CC (210), el cual tiene su voltaje regulado por un inversor (220). En la presente modalidad, el inversor bidireccional (220) se muestra en una manera simplificada y comprende un convertidor de CA a CC.

5 Una carga auxiliar de CC (230) está conectada al bus de CC (210). Además, como en la primera modalidad, se podrá apreciar que cargas auxiliares adicionales también pueden conectarse al bus de CC (210). Por ejemplo, una bomba de combustible y/o otras cargas
10 auxiliares también pueden proporcionarse en el bus de CC.

Se proporciona un convertidor de CC a CC (240) entre una pila de celdas de combustible (250) (la cual puede comprender una o más celdas de combustible) y el
15 bus de CC (210), el cual acopla la pila de celdas de combustible (250) al bus de CC (210). El convertidor de CC a CC (240) es unidireccional, es decir, sólo permite que la energía fluya desde la pila de celdas de combustible (250) al bus de CC (210), sin permitir
20 que la energía del bus (210) regrese a la pila de celdas de combustible (250). Pilas de celdas de combustible adecuadas son operables para producir una salida de energía de hasta aproximadamente 10 KW. El voltaje de la pila de la celda de combustible es
25 variable según los factores discutidos anteriormente en relación con la operación del sistema.

En esta modalidad, la carga de CC auxiliar (230) es un motor de CC sin escobillas, el cual se muestra como un motor trifásico, y el cual puede, por ejemplo, ser un ventilador para la pila de celdas de combustible (250). Pueden proporcionarse cargas auxiliares de CC adicionales o alternas. También puede proporcionarse una carga auxiliar (270) la cual, aunque no se muestra como tal en la modalidad actual, también puede ser una carga parasítica de la pila de celdas de combustible (250). También pueden proporcionarse cargas auxiliares de CA. La carga auxiliar de CA (270) está acoplada a una red de CA (280).

Se proporciona un interruptor (285) para aislar el sistema (200) desde la red de CA (280). En la modalidad actual, la carga auxiliar de CA (270) está aislada de la red de CA (280) cuando el interruptor (285) está abierto; la carga auxiliar de CA (270) no se encuentra en el lado de la red de CA del interruptor de aislamiento (285). Alternativamente, el interruptor (285) puede reconfigurarse (o proporcionarse un interruptor adicional) de manera que las cargas auxiliares de CA no estén aisladas de la red de CA cuando el interruptor esté abierto, si se desea. Un filtro (290) se proporciona entre la red de CA (280) y el inversor bidireccional (220).

Se proporciona un controlador (300), el cual controla la pila de celdas de combustible (250), el convertidor de CC a CC (240), el inversor bidireccional (220) y el filtro (290). En una
5 modalidad, el controlador (300) se divide en dos elementos de control distintos, (300A, 300B). El primer elemento (300A) controla la pila de celdas de combustible (250), la(s) carga(s) (230) y el controlador de CC a CC (240), con una opción para
10 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 estar separados, y tener la capacidad de funcionar independientemente, dentro
15 del control general del sistema (200). Los elementos de control (300A, 300B) pueden comunicarse entre sí.

Las Figuras 2b y 2c muestran variaciones de la segunda modalidad. Se hace referencia a componentes similares entre las figuras mediante números de
20 referencia similares. La variación mostrada en la Figura 2b corresponde a la mostrada en la Figura 2a, con la excepción de que un convertidor de CC: CC (310) está conectado al bus de CC (210). Un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica (320) está
25 conectado al bus de CC (210) a través del convertidor de CC: CC (310). El convertidor de 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 CC: CC (310) está
5 acoplado al controlador (300).

La Figura 2c muestra una variación en la segunda modalidad en la cual se proporciona un convertidor CC: CC (310a), acoplado al bus de CC (210), y también se acopla a un bus de CC adicional (410), externo al
10 sistema (200). Uno o más dispositivos de almacenamiento de CC (320a) están conectados al bus de CC adicional (410). Adicionalmente, o alternativamente, uno o más sistemas de celdas de combustible pueden estar conectados al bus de CC
15 adicional (410).

La Figura 3 muestra una vista esquemática del flujo de energía en un sistema según la Figura 2a en diferentes modos de operación. Las flechas en la Figura muestran la dirección del flujo de corriente en
20 cada modo. La discusión se refiere a los elementos del sistema (200) mostrado en la Figura 2a por sus números de referencia.

En un primer modo, el flujo de corriente y la operación del sistema (200) de la Figura 2a se
25 muestran cuando la pila de celdas de combustible (250) producen menos energía que la que la(s) carga(s)

auxiliar(es) (230) requieren para operar. Esta situación generalmente ocurre durante, por ejemplo, arrancar o apagar la pila de celdas de combustible (250). En este caso, cualquier energía generada por la pila de celdas de combustible (250) (podría no generarse nada de energía si la pila no está funcionando en un primer sub-modo 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 maestro y controla la corriente actual, con base en los requisitos de arranque/apagado 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 requerida de corriente de la pila de celdas de combustible (250) donde se suministra más energía, en un segundo sub-modo del primer modo, y al bus de CC (210) asegurando así que no se bombeará alimentación de CC de la red de CA (280) dentro de la pila de celdas de combustible (250).

La energía restante requerida para las cargas auxiliares de CC (230) se proporciona al bus de CC (210) mediante 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), en

la modalidad actual, 400V, variando la corriente de entrada de CA desde la red (280) (el sistema se encuentra en modo de control de corriente, con la corrección del factor de potencia discutida a continuación). La(s) carga(s) auxiliar(es) de CA (270) se alimenta(n) directamente desde la red de CA (280).

En un segundo modo, el flujo de corriente y la operación del sistema (200) de la Figura 2a se muestran cuando la pila de celdas de combustible (250) produce más potencia de la requerida para las cargas auxiliares de CC (230). Esta situación generalmente ocurriría cuando la pila de celdas de combustible (250) se encuentra en su operación normal. En este caso, el primer elemento (300A) del controlador (300) controla la pila de celdas de combustible (250) para controlar qué corriente la pila de celdas de combustible (250) debe producir, con base en, por ejemplo, las demandas de los usuarios, hora del día, otros picos esperados en la demanda, etc. El controlador (300) regula el flujo de combustible, el flujo de aire y otros requisitos de manera acorde. El controlador de CC a CC (240) está controlado para extraer esta corriente desde la celda de combustible y al bus de CC (210). En el segundo modo, el inversor se encuentra de nuevo en modo de control de corriente, la red de CA ajusta el voltaje y la frecuencia y el

inversor bidireccional transfiere la corriente a la red de CA en fase.

El inversor bidireccional (220) es controlado por el controlador (300) para regular el bus de CC (210) a 400V variando la corriente de salida de CA. El sistema está configurado de manera que no rastree las oscilaciones de $2 \times$ frecuencia de alimentación principal (100Hz en el Reino Unido) presentes en el bus de CC (210). Una parte de la salida de energía desde el convertidor bidireccional (220) se utiliza para alimentar las cargas auxiliares de CA (270), y el resto se expulsa a la red de CA (280).

En un tercer modo, el sistema (200) de la Figura 2a se aísla de la red abriendo el interruptor de aislamiento (285). El sistema (200) ahora se ejecuta como una isla local, desconectada de la red de CA (280). El inversor bidireccional (220) ahora funciona en un modo de control de voltaje, en el cual es controlado por el controlador (300) para generar una 'red' local definiendo el voltaje y la frecuencia, y proporcionar alimentación para la carga auxiliar de CA (270). El convertidor de CC a CC (240) se utiliza ahora para regular el bus de CC (210) a 400V, y es controlado para proporcionar la alimentación correcta para hacer funcionar 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 de manera acorde.

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 de la pila de celdas de combustible (250). El bus de CC (210) no está regulado, el inversor (220) está apagado y las fuentes de alimentación auxiliares (no mostradas) están activas y el controlador (300) recibe alimentación.

En general, el sistema está configurado de manera que el punto más bajo de la oscilación en el bus de voltaje regulado sea mayor que el pico del voltaje de la alimentación principal de CA. Este pico puede ser un punto de ajuste definido, o puede ser monitoreado y el voltaje regulado para asegurar que el voltaje regulado no sea mayor que un pico instantáneo del voltaje de alimentación principal.

La Figura 4 muestra un diagrama esquemático de los criterios de cambio entre diferentes modos de operación del sistema de las Figuras 2a y 3. Cuando el sistema (200) se encuentra en el primer modo y la energía de la pila de celdas de combustible (250) se vuelve mayor que la extraída por la carga auxiliar de CC (230), por ejemplo durante el arranque de la pila de celdas de combustible (250), el sistema cambiará al

segundo modo una vez que la pila de celdas de combustible (250) comience a suministrar más energía de la requerida para las cargas auxiliares de CC (230). Cuando el sistema (200) se encuentra en el
5 segundo modo y, por ejemplo, como ocurre durante el apagado de la pila de celdas de combustible (250), la energía provista por la pila de celdas de combustible (250) cae por debajo de la requerida por la carga auxiliar de CC (230), el sistema (200) cambia al
10 primer modo. Con el fin de evitar que el sistema (200) 'vibre' alternando entre el primer y el 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
15 'vibración' también puede evitarse, por ejemplo, permitiendo sólo una transición por ciclo de alimentación principal.

Además, si cuando el sistema (200) está operando en el segundo modo, se detecta que la red de CA (280)
20 se ha perdido y el sistema (200) es una isla, el sistema (200) cambia del segundo modo al tercer modo. Por lo contrario, cuando se detecta que la red de CA (280) se restablece, el sistema (200) cambia de nuevo del tercer modo al segundo modo.

25 El sistema puede moverse al cuarto modo, apagado, desde cualquier otro modo, según se requiera.

Refiriéndose ahora de nuevo a la Figura 2a, los componentes del sistema (200) de la Figura 2a funcionan como sigue. Cuando el sistema (200) está operando en el segundo modo, el inversor bidireccional (220), el cual se proporciona como un convertidor de CA a CC, se controla para proporcionar una corriente senoidal en fase con el voltaje de alimentación principal en la red de CA (280). El inversor bidireccional (220) construye esta forma variando el ciclo de trabajo de una señal de ancho de pulso modulado (PWM). El filtro (290) se proporciona para suavizar la salida del inversor bidireccional (220) para extraer el componente de alta frecuencia de la señal de PWM para dejar el senoide subyacente para salida a la red de CA (280).

La energía instantánea suministrada a la red de CA (280) es el producto del voltaje y la corriente, de los cuales ambos alternan en la frecuencia de alimentación principal (50Hz en el Reino Unido). La energía resultante por tanto es una onda sen^2 , la cual es una onda senoidal al doble de la frecuencia de alimentación principal, oscilando entre cero y dos veces la potencia media. La energía, y por tanto la corriente extraída de la pila de celdas de combustible (250), es CC pura, es decir, no está expuesta a ninguna frecuencia de CA, ya sea la alimentación o la

frecuencia de corriente. Con el fin de lograr esto de manera sencilla, el convertidor de CC a CC (240) se controla como una fuente de corriente, y suministra energía uniformemente desde la pila de celdas de combustible (250) hasta el bus de CC (210). El convertidor de CC a CC transforma el voltaje de la pila de celdas de combustible (250) a un nivel de voltaje más alto el cual es más alto que el pico de voltaje de la red de CA (280). Como se discutió anteriormente, este voltaje pico de la alimentación principal puede determinarse en varias maneras. En la modalidad actual, el convertidor de CC a CC (240) funciona convirtiendo la CC desde la pila de la celda de combustible (250) a CA de alta frecuencia, haciéndola pasar a través de un transformador al nuevo voltaje y después rectificándola de nuevo a CC. El convertidor de CC a CC (240) por tanto asegura que el voltaje en el bus de CC (210) es constante, incluso si el voltaje de la pila de celdas de combustible (250) varía y, por tanto, no es regulado.

Con el fin de lograr un equilibrio de energía en el bus de CC (210), se utiliza un banco de capacitores u otro dispositivo o sistema de almacenamiento de energía (el cual puede posicionarse dentro del convertidor de CA a CC (230)), el cual absorbe y genera la corriente al bus de CC (210), proporcionando

por este medio la salida de energía del doble de la frecuencia principal requerida en la salida. El voltaje en el bus de CC (210) variará al doble del voltaje de alimentación principal a medida que la energía se genere y absorba en los capacitores, típicamente entre 390V y 410V. El voltaje promedio en el bus de CC (210) se mantiene equilibrando la energía extraída desde la pila de celdas de combustible (250) a la energía media suministrada a la red de CA (280).

En la modalidad actual, la carga auxiliar de CC (230) es un motor de CC sin escobillas, el cual está devanado para un alto voltaje. Mediante el uso de un sistema de una modalidad de la invención, es posible evitar el uso de un transformador adicional y pasos de conversión adicionales para generar el bajo voltaje utilizado normalmente para alimentar motores de CC sin escobillas, comúnmente de 24V ó 48V, ya sea a partir de la CC de alto voltaje o la CA, lo cual reduce las pérdidas de conversión de energía así como el número de componentes, el costo y el tamaño del sistema (200), y aumenta la eficiencia.

Cuando el sistema (200) está funcionando en el primer modo, por lo menos una parte de la energía para las cargas auxiliares de CC (230) deben provenir de la red de CA (280). Si esto se hiciera proporcionando un rectificador de puente para convertir la alimentación

principal en CC y un capacitor filtrador, se extraería una forma de onda de corriente distorsionada desde la red de CA (280), la cual requeriría un circuito activo para corregir esto. Tal circuito puede utilizar un
5 amplificador de voltaje entre la salida del rectificador de puente y el capacitor filtrador para dar forma activamente a la corriente de entrada extraída de manera que sea senoidal. Tales circuitos adicionales aumentan el tamaño y costo de un sistema.

10 En la presente modalidad, el inversor (220) y el filtro (290) pueden ser utilizados en reversa. En el primer modo, los interruptores del inversor (220) están controlados de manera que la corriente extraída de la red de CA (280) sea un senoide, y proporciona
15 una corrección de factor de potencia activo a la carga auxiliar de CC (230), la cual impide que el inversor (220) induzca armónicos que regresan a la red de CA (280). Los inductores dentro del filtro (290) (los cuales en el segundo modo hacen uniforme la salida
20 para eliminar la señal PWM) se utilizan ahora en conjunto con interruptores en el inversor (220) para proporcionar una amplificación de voltaje. Una vez más, el banco de capacitores en el inversor (220) absorbe y genera el doble de la frecuencia de la red
25 de CA componente de la energía. La carga auxiliar de CC (230), por tanto, puede operar en forma normal a

partir del bus de CC (210). La carga auxiliar de CC (230), por tanto, es 'ciega' a si el sistema (200) está operando en el primer o segundo modo, es decir, si el bus de CC está recibiendo energía desde la pila de celdas de combustible (250), la red de CA (280), o una combinación de ambas.

En los sistemas mostrados en las Figuras 2b y 2c, el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica puede utilizarse en lugar de o en conjunto con la red de CA durante el encendido y apagado de la pila de celdas de combustible.

En el presente documento se han descrito modalidades de la presente invención en una forma no limitativa, por medio del ejemplo, y se apreciará que muchas alternativas, omisiones, sustituciones y adiciones se presentarán para un experto en la técnica, tales alternativas, omisiones, sustituciones y adiciones se encuentran dentro del espíritu y alcance de la invención. Se apreciará que modalidades de la invención pueden utilizarse e incorporarse en aplicaciones de generación de energía distribuida, generación de micro-energía, generación de energía a pequeña escala o aplicaciones mayores, como plantas de energía o estaciones de energía. Además, como se discute anteriormente, 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 transporte CA

5 A menos que el contexto lo requiera claramente de otro modo, las palabras "que comprende", "comprendiendo" y similares, se utilizan en el presente documento en una manera inclusiva, más que en una manera exclusiva o exhaustiva, en la forma de "que incluye, pero sin limitarse a".

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para conectar una pila de celdas de combustible a una red de CA para proporcionar energía a la misma, el sistema comprende:
- 5 un convertidor de CC a CC para acoplarse a la pila de celdas de combustible;
- un bus de CC de voltaje regulado acoplado al convertidor de CC a CC:
- 10 un inversor bidireccional acoplado al bus de CC, y para acoplarse entre el bus de CC y la red de CA; y
- por lo menos una carga auxiliar de CC de la pila de celdas de combustible acoplada al bus de CC.
- 15 2. Un sistema según la reivindicación 1, en donde el inversor bidireccional comprende un convertidor de CA a CC.
3. Un sistema según la reivindicación 1 ó la reivindicación 2, en donde el inversor bidireccional
- 20 está configurado para regular el voltaje en el bus de CC.
4. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el inversor bidireccional está configurado para regular el voltaje
- 25 en el bus de CC cuando el sistema está conectado a la

red de CA.

5 5. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el convertidor de CC a CC está configurado para regular el voltaje en el bus de CC.

6. Un sistema según la reivindicación 5, en donde el convertidor de CC a CC está configurado para regular el voltaje en el bus de CC cuando el sistema no está conectado a la red de CA.

10 7. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, el cual además comprende por lo menos una carga auxiliar de CA conectada al lado de la red de CA del inversor bidireccional.

15 8. Un sistema según la reivindicación 7, en donde la carga auxiliar de CA es una carga auxiliar de la pila de celdas de combustible.

20 9. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el sistema está configurado para proporcionar energía de CC a la o las cargas auxiliares de CC, a través del bus de CC, por lo menos parcialmente a partir de la red de CA cuando la pila de celdas de combustible no proporciona suficiente energía para la o las cargas auxiliares de CC.

25 10. Un sistema según la reivindicación 9, en donde el inversor bidireccional está adaptado para

proporcionar una corrección del factor de potencia activo a la carga auxiliar de CC cuando la carga auxiliar de CC es alimentada por lo menos parcialmente desde la red de CA.

5 11. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el sistema está configurado para proporcionar energía de CC a la o las cargas auxiliares de CC, a través del bus de CC, a partir de la red de CA cuando la pila de celdas de
10 combustible no proporciona suficiente energía para la o las cargas auxiliares de CC.

 12. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, el cual comprende por lo menos un dispositivo de almacenamiento de
15 energía eléctrica acoplado al bus de CC.

 13. Un sistema según la reivindicación 12, el cual además comprende un convertidor de CC a CC adicional, acoplado entre el bus de CC y el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica.

20 14. Un método para controlar un sistema de generación de energía que incluye una pila de celdas de combustible que alimenta una red de CA, el método comprende proporcionar energía a un bus de CC de voltaje regulado, y la o las cargas auxiliares de CC
25 de la pila de celdas de combustible conectada al bus de CC, en donde:

en un primer modo, la energía de CC de voltaje regulado se proporciona a la o las cargas auxiliares de CC desde la red de CA, a través del bus de CC de voltaje regulado; y

5 en un segundo modo, la energía de CC de voltaje regulado se proporciona a la o las cargas auxiliares de CC desde la pila de celdas de combustible, a través del bus de CC de voltaje regulado.

15 10 15. Un método según la reivindicación 14, en donde, en un primer sub-modo del primer modo, se proporciona energía a la o las cargas auxiliares de CC de la red de CA únicamente.

15 16. Un método según la reivindicación 15, en donde, en un segundo sub-modo del primer modo, se proporciona energía a la o las cargas auxiliares de CC tanto desde la red de CA como de las celdas de combustible.

20 17. Un método según la reivindicación 15 ó la reivindicación 16, en donde el primer sub-modo del primer modo ocurre cuando la pila de la celda de combustible no produce energía alguna.

25 18. Un método según la reivindicación 16, en donde el segundo sub-modo del primer modo ocurre cuando la pila de la celda de combustible produce menos energía que la extraída por la o las cargas auxiliares de CC.

19. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, en donde, en el primer modo, el voltaje del bus de CC es regulado por un convertidor de CA a CC entre la red de CA y el bus de
5 CC.

20. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 19, en donde, en el segundo modo, el voltaje del bus de CC es regulado por un convertidor de CA a CC entre la red de CA y el bus de
10 CC.

21. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 20, en donde, en el segundo modo, se proporciona energía a la red de CA desde la pila de celdas de combustible.

22. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, en donde el segundo modo ocurre cuando la pila de la celda de combustible produce más energía que la extraída por la o las cargas auxiliares de CC.
15

23. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 22, el cual además comprende un tercer modo en el cual el sistema de generación de energía está aislado de la red de CA y el voltaje del bus de CC está regulado por el convertidor de CC a CC.
20

24. Un método según la reivindicación 23, en donde, en el tercer modo, se proporciona una red de CA
25

local mediante un convertidor de CA a CC entre la red de CA local y el bus de CC.

25. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 24, el cual además comprende un
5 cuarto modo en el cual no se extrae energía de la pila de celdas de combustible, no se alimentan cargas auxiliares y se proporciona energía a un controlador del sistema.

26. Un método según la reivindicación 25, en
10 donde, en el cuarto modo, también se proporciona energía a la o las cargas auxiliares de CA.

27. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 26, en donde el voltaje del bus de CC se encuentra entre 300 y 500 volts de CC.

15 28. Un método según la reivindicación 27, en donde el voltaje del bus de CC se encuentra alrededor de los 400 volts de CC.

29. Un sistema, esencialmente como el descrito anteriormente en la presente, descrito con
20 referencia a cualquiera de los dibujos adjuntos.

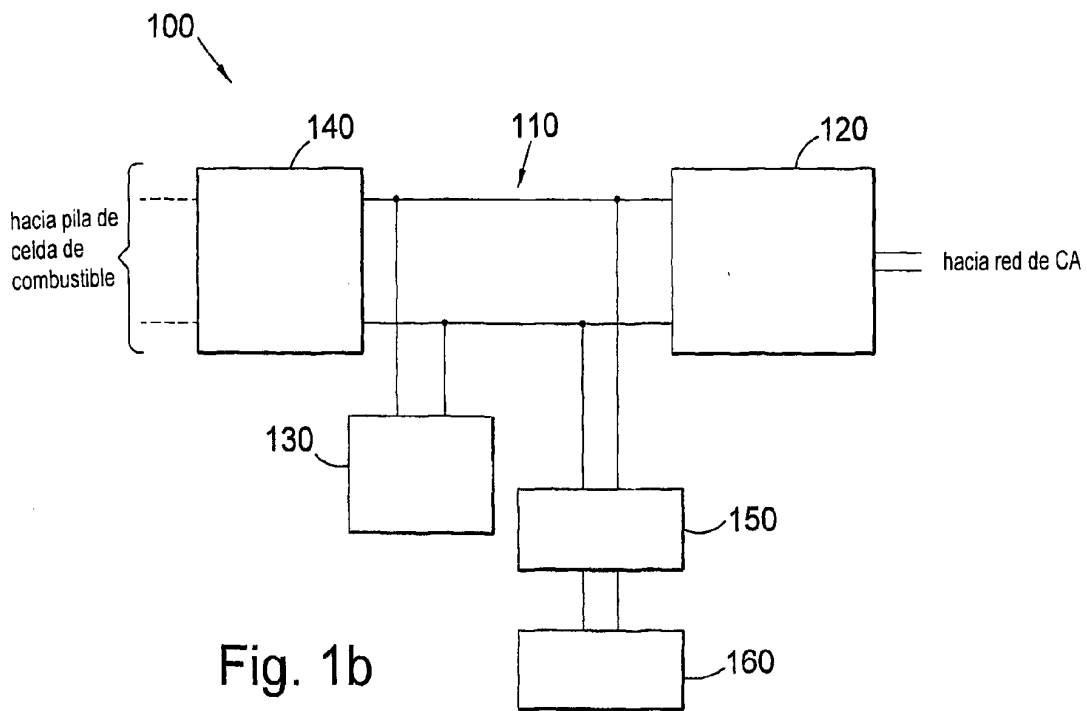
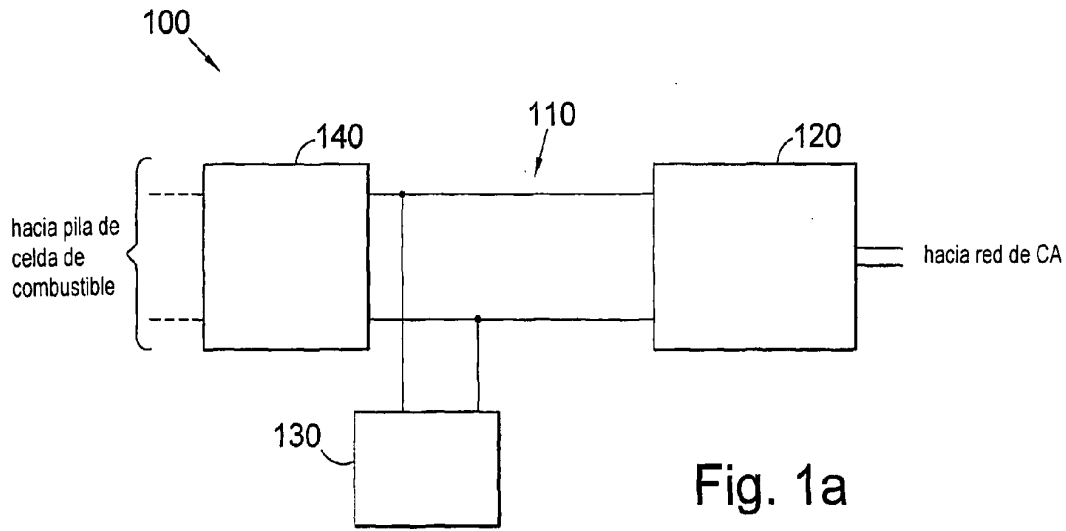
30. Un método, esencialmente como el descrito anteriormente en la presente, descrito con referencia a cualquiera de los dibujos adjuntos.

31. Un dispositivo de generación de energía,
25 el cual comprende un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

32. Un dispositivo generador de energía según la reivindicación 31, el dispositivo está configurado para producir calor utilizable.

RESUMEN DE LA INVENCION

Se describe un sistema (100) para conectar la pila de celdas de combustible a una red de CA para proporcionar energía al mismo, en el cual un bus de CC de voltaje regulado (110) se proporciona para acoplarse a la pila de celdas de combustible, un inversor bidireccional (120) está acoplado al bus de CC (110), y será acoplado entre el bus de CC (110) y la red de CA. Se proporciona por lo menos una carga auxiliar de CC (130) de la pila de celdas de combustible acoplada al bus de CC (110). Se proporciona un convertidor de CC a CC (140) entre la pila de celdas de combustible y el bus de CC (110).



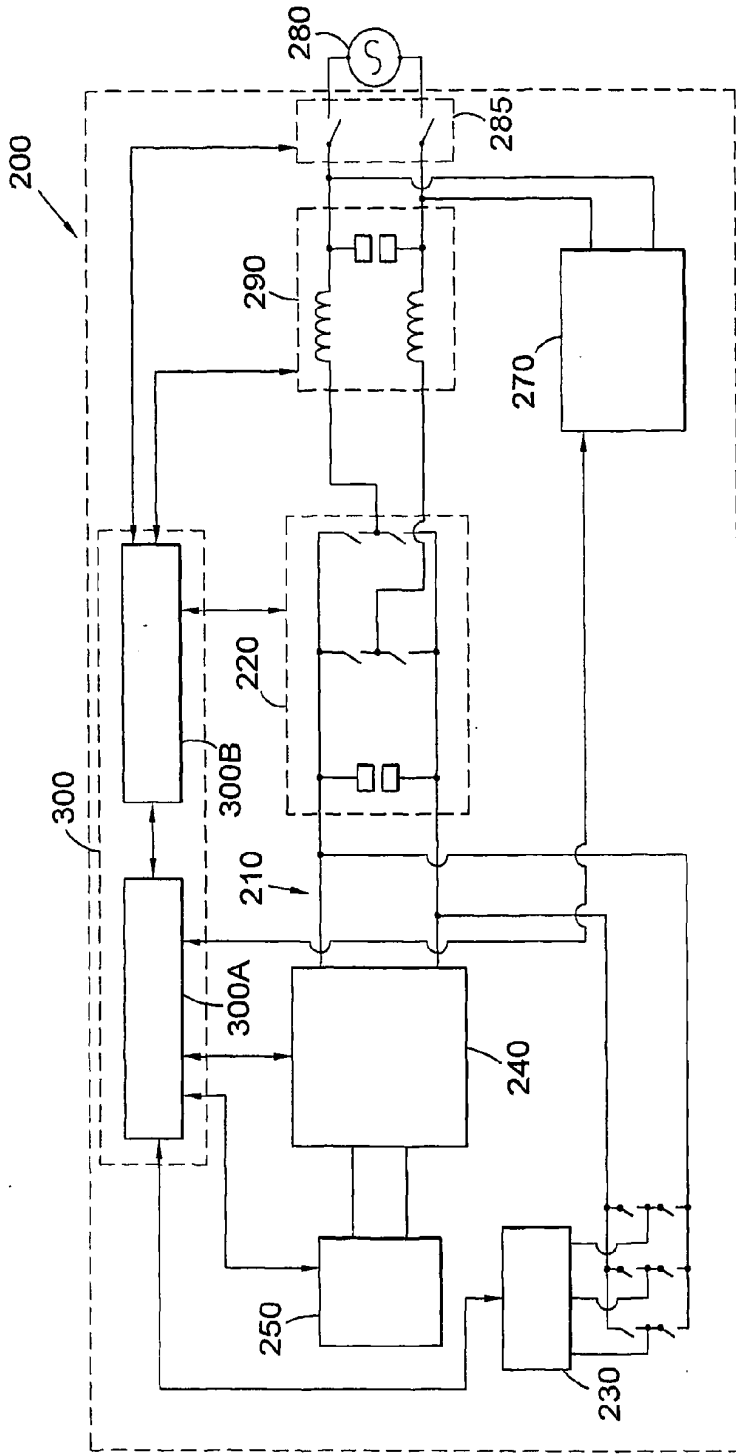


Fig. 2a

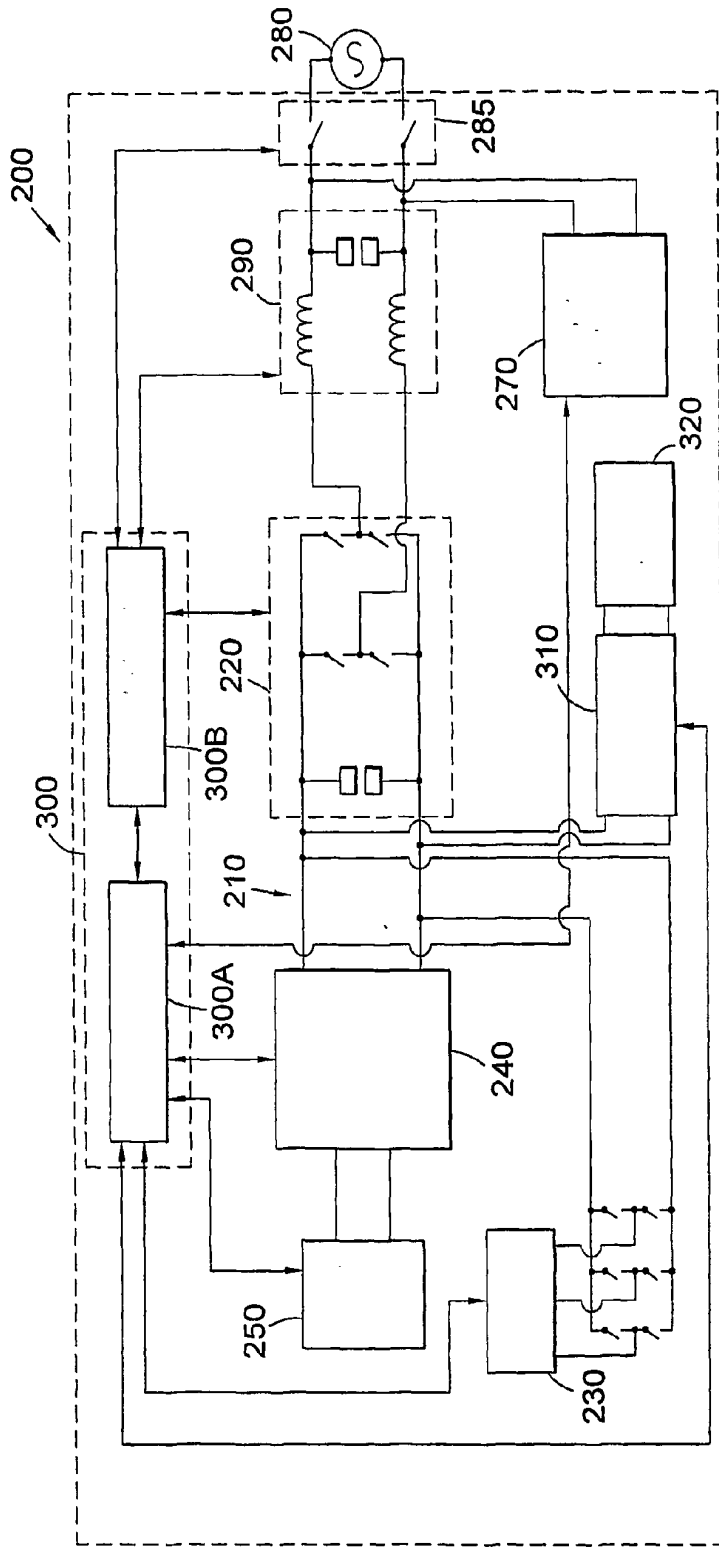


Fig. 2b

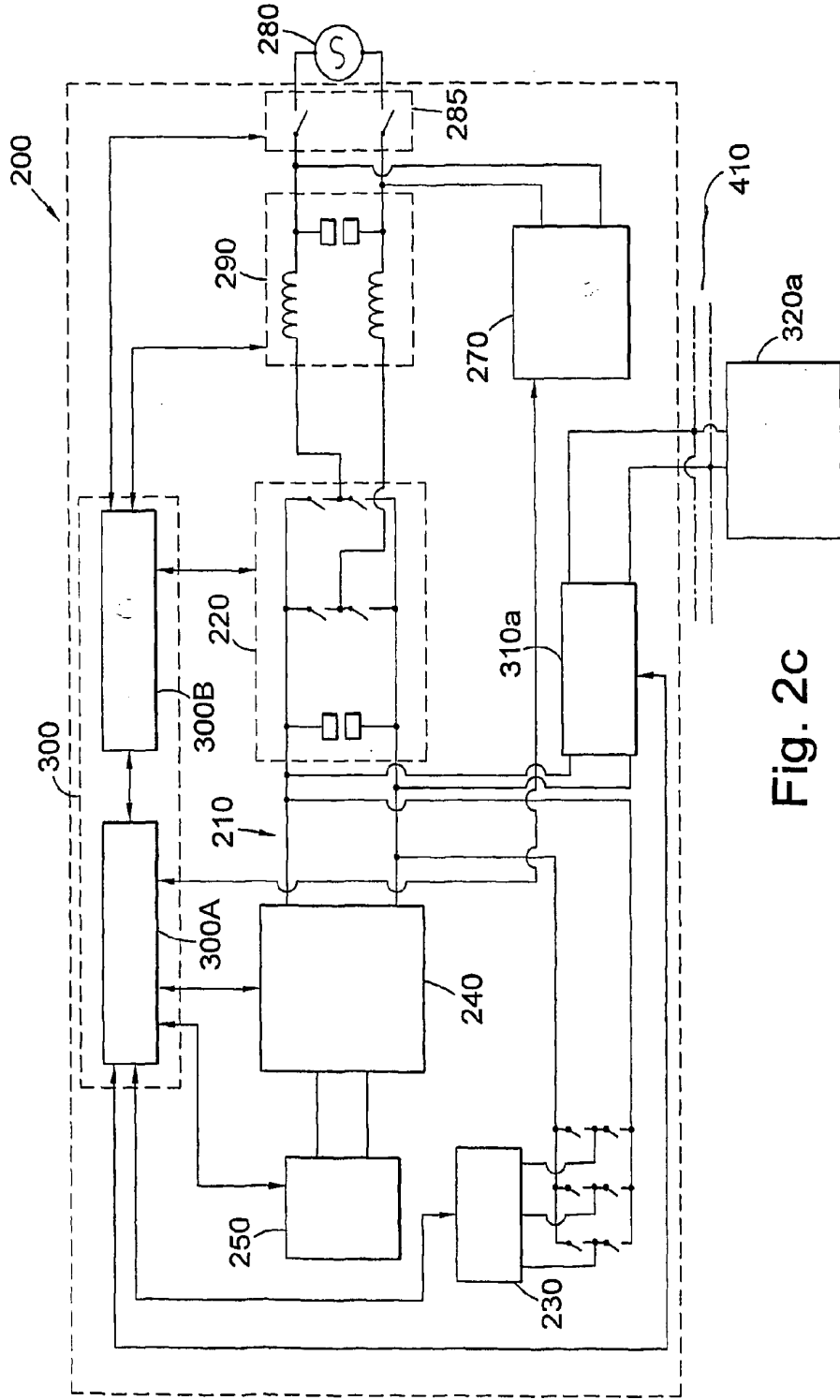


Fig. 2c

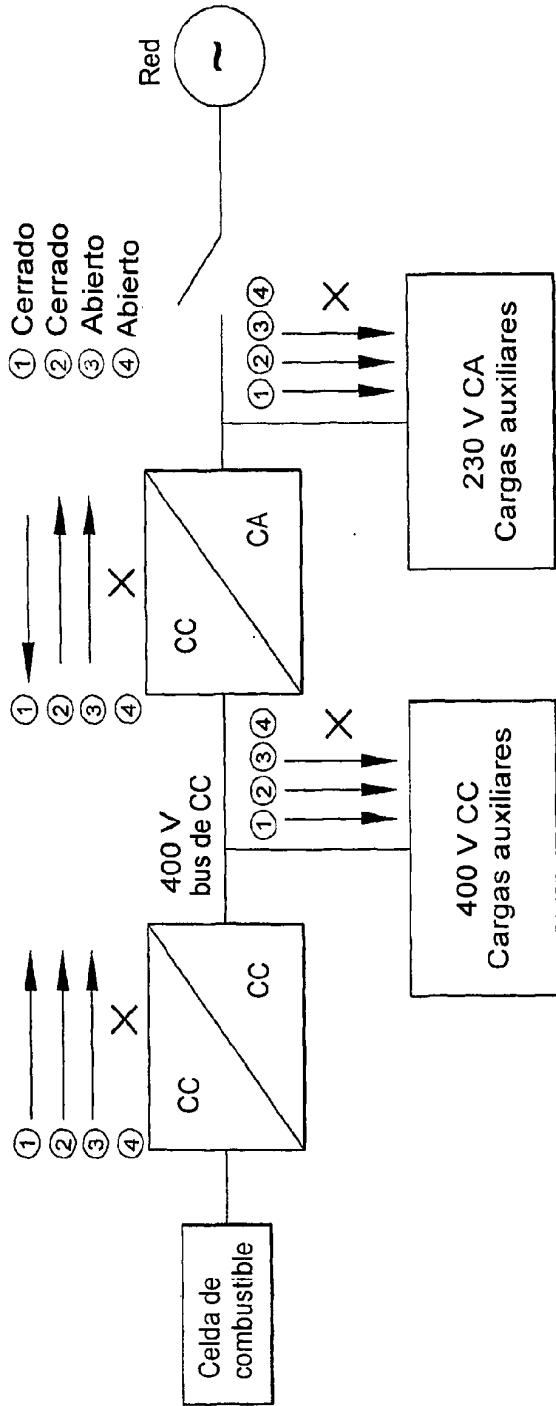


Fig. 3

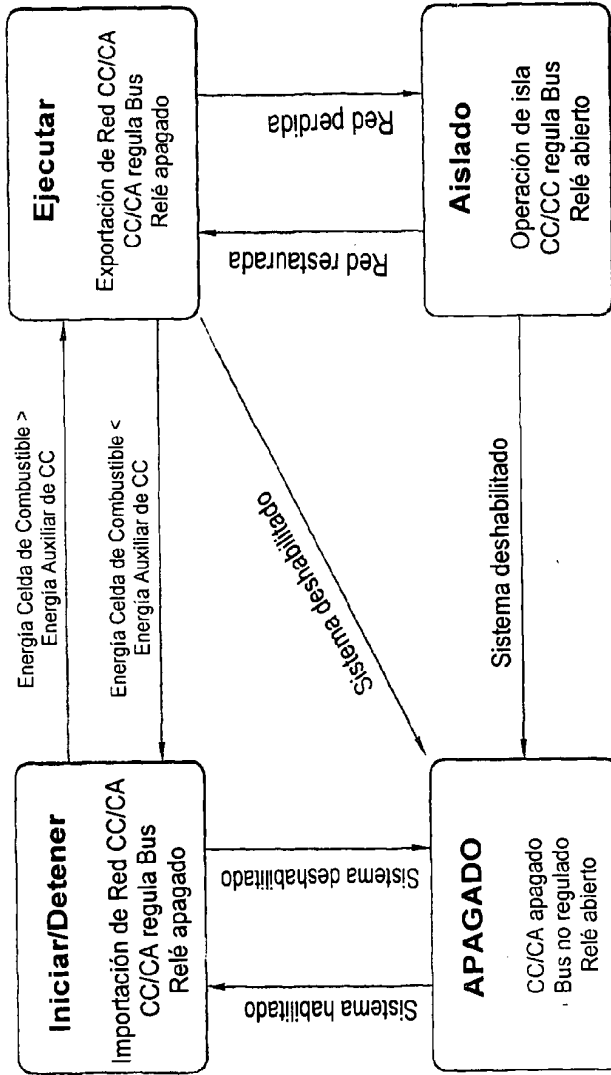


Fig. 4