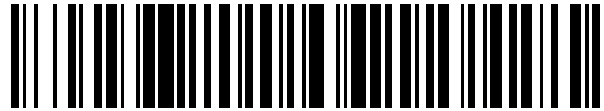


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 966**

51 Int. Cl.:

H01M 8/18 (2006.01)
H01M 8/04 (2006.01)
H01M 8/20 (2006.01)
H01M 8/22 (2006.01)
H02J 3/32 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)
H02J 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2010 E 10781371 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.08.2014 EP 2436081**

54 Título: **Sistema de control para una batería de células de flujo**

30 Prioridad:

28.05.2009 US 182079 P
29.05.2009 US 182660 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.01.2015

73 Titular/es:

IMERGY POWER SYSTEMS, INC. (100.0%)
48611 Warm Springs Boulevard
Fremont, CA 94539, US

72 Inventor/es:

PARAKULAM, GOPALAKRISHNAN R.;
SAHU, SAROJ KUMAR;
FIROUZI, ALI;
WINTER, RICK;
BANERJEE, JAGAT;
AGRAWAL, BINOD y
PANDARINATH, SIDDINENI

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 525 966 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

Sistema de control para una batería de células de flujo.

5 **Antecedentes****Campo de la invención**

10 Las formas de realización divulgadas en la presente memoria se refieren en general a sistemas de control y, más particularmente, a un sistema de control para una batería de células de flujo y a un procedimiento de funcionamiento de una batería de células de flujo.

Descripción de la técnica relevante

15 Hay una demanda creciente de sistemas novedosos e innovadores de almacenamiento de energía eléctrica. Las baterías de células de flujo redox se han convertido en unos medios atractivos para dicho almacenamiento de energía. En particular, las baterías redox pueden utilizarse como fuentes de alimentación de reserva en áreas donde la alimentación de la red es poco fiable, para trasladar la carga de alimentación a un lugar donde puede almacenarse en momentos de baja demanda y suministrarse en momentos de máxima demanda, y para almacenarla en sistemas de alimentación alternativa a fin de suministrar alimentación cuando la fuente de alimentación alternativa (por ejemplo, solar, eólica, mareomotriz o de otro tipo) no está disponible o presenta un bajo rendimiento.

20 En un sistema de baterías de células de flujo redox, por ejemplo, una célula de batería puede comprender dos electrodos, cada uno sumergido en un electrolito. Los dos electrolitos están separados por una membrana. La batería se descarga cuando la corriente fluye entre los terminales y se transporta un ion cargado a través de la membrana. Se permite el flujo de los electrolitos a través de la batería de tal forma que la cantidad de energía almacenada no viene determinada por el tamaño de la propia célula. La batería se carga cuando se suministra una corriente entre los terminales y el ion cargado se transporta de nuevo a través de la membrana, cargando los dos electrolitos separados en la célula. La energía eléctrica se almacena de esta forma cargando correctamente los dos electrolitos.

25 Para ofrecer una fuente de alimentación uniforme, es importante que muchos de los componentes del sistema de baterías de células de flujo funcionen correctamente. El rendimiento de una célula de flujo, por ejemplo, puede cambiar dependiendo de parámetros tales como el estado de la carga, la temperatura, el nivel de electrolito, la concentración de electrolito y condiciones de avería como filtraciones, problemas de bomba y fallo de fuente de alimentación para el funcionamiento de los componentes electrónicos. Para ser útil como sistema de almacenamiento de energía eléctrica, es deseable que el sistema de baterías de células de flujo se someta a una cantidad mínima de mantenimiento y monitorización. Por consiguiente, hay una necesidad de sistemas de control eficaces para controlar y supervisar un sistema de baterías de células de flujo.

30 La publicación de solicitud de patente US n.º 2006/0251957 de Darcy *et al.*, titulada "Flowing Electrolyte Battery with Electric Potential Neutralization", describe sistemas y procedimientos para neutralizar químicamente baterías de flujo de electrolito.

35 La patente US n.º 4.543.302 de Gahn *et al.*, titulada "Negative Electrode Catalyst for the Iron Chromium Redox Energy Storage System", describe una célula de batería de reducción-oxidación (redox) operativa a temperaturas elevadas y describe varios procedimientos que generan curvas de carga-descarga.

40 La publicación de solicitud de patente US n.º 2005/0158614 de Hennessy, titulada "System and Method for Optimizing Efficiency and Power Output from a Vanadium Redox Battery Energy Storage System" describe sistemas y procedimientos para calcular velocidades de bomba, rangos de temperatura de electrolito y regímenes de carga y descarga para una batería redox de vanadio que pueden utilizarse para controlar la batería redox de vanadio.

45 La patente US n.º 4.576.878 de Gahn, titulada "Method and Apparatus for Rebalancing a Redox Flow Cell System" describe una célula de reequilibrado que puede utilizarse para equilibrar un sistema redox haciendo circular un fluido catódico a través de un compartimento de reequilibrado y un compartimento de cloro mientras se aplica un potencial eléctrico al compartimento de reequilibrado.

60 **Sumario**

Se dan a conocer un controlador para controlar un sistema de baterías de células de flujo y un procedimiento para hacer funcionar un sistema de baterías de células de flujo. El controlador comprende uno o más procesadores que ejecutan una máquina de estados, comprendiendo la máquina de estados un estado de apagado; un estado de inicialización al cual se hace transición cuando se enciende el sistema de baterías de células de flujo; un estado de galvanización al cual se hace transición desde el estado de inicialización; un estado que carga al cual se hace

transición desde el estado de galvanización; un estado de flotación al que puede hacerse transición desde el estado de carga si la carga ha concluido; un estado de descarga al cual puede hacerse transición desde el estado de carga o desde el estado de flotación si se detecta una condición de descarga; y un estado de hibernación al cual puede hacerse transición desde el estado de descarga cuando la batería de células de flujo se descarga por debajo de un nivel de umbral, y en el que el estado de hibernación puede hacer transición al estado de carga cuando se detecta una condición de carga.

En el estado de galvanización, por lo menos una parte de los electrodos son galvanizados un metal de galvanización. En el estado de carga, por lo menos una parte de los electrolitos de la batería de células de flujo pasan a un estado químico cargado. En el estado de descarga se suministra alimentación a una carga acoplada al sistema de baterías de células de flujo en el estado de descarga.

El controlador cambia el sistema de baterías de células de flujo al estado de carga cuando la corriente que atraviesa los electrodos del sistema de baterías de células de flujo cae por debajo del umbral actual o el voltaje que atraviesa los electrodos del sistema de baterías de células de flujo se incrementa por encima de un umbral de voltaje que indica que la galvanización de los electrodos ha concluido. El controlador cambia además el estado de carga del sistema de baterías de células de flujo al estado de descarga cuando se desconecta la alimentación del sistema de baterías de células de flujo y se acopla una carga al sistema de baterías de células de flujo.

El sistema de baterías de células de flujo también puede utilizarse en un estado de flotación. En el estado de flotación, la alimentación suministrada a los electrodos del sistema de baterías de células de flujo se reduce con respecto a la alimentación suministrada a los electrodos durante el estado de carga. El controlador cambia además el estado de carga del sistema de baterías de células de flujo al estado de flotación cuando el estado de carga del sistema de baterías de células de flujo es más elevado que un punto de carga nominal predeterminado y cuando se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo. En algunas formas de realización, el punto de carga nominal predeterminado es un estado de carga superior al 80%, superior al 85%, superior al 90%, superior al 95% o superior al 99%.

El controlador puede cambiar además el estado de flotación del sistema de baterías de células de flujo al estado de descarga cuando se desconecta la alimentación del sistema de baterías de células de flujo y se acopla una carga al sistema de baterías de células de flujo.

El sistema de baterías de células de flujo también puede ser operativo en un estado de hibernación. El controlador cambia además el estado de descarga del sistema de baterías de células de flujo al estado de hibernación cuando el estado de carga del sistema de baterías de células de flujo es inferior a un punto de descarga nominal predeterminado y cuando no se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo. En algunas formas de realización, el punto de descarga nominal predeterminado es un estado de carga inferior al 20%, inferior al 15%, inferior al 10%, inferior al 5% o inferior al 1%. El controlador puede cambiar además el estado de hibernación del sistema de baterías de células de flujo al estado de carga cuando se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo. En algunas formas de realización, el controlador cambia el estado de descarga del sistema de baterías de células de flujo al estado de carga cuando se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo durante el estado de descarga y cuando el estado de carga del sistema de baterías de células de flujo es inferior a un punto de carga nominal predeterminado.

El sistema de baterías de células de flujo también puede hacerse funcionar en un estado de apagado. El controlador puede cambiar cualquier estado del sistema de baterías de células de flujo al estado de apagado cuando se detecta una avería. El sistema de baterías de células de flujo puede abandonar el estado de apagado tras una predeterminada cantidad de tiempo, si el apagado se debe a un cortocircuito ubicado en la salida del sistema de baterías de células de flujo o dentro del sistema de baterías de células de flujo.

El sistema de baterías de células de flujo también puede hacerse funcionar en un estado de inicialización. El controlador cambia el sistema de baterías de células de flujo al estado de inicialización cuando se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo que está funcionando en el estado de apagado. El controlador cambia el sistema de baterías de células de flujo a un estado de galvanización cuando el estado de inicialización ha concluido.

Breve descripción de los dibujos

Las ventajas de la presente invención resultarán evidentes a los expertos en la materia a través de la siguiente descripción detallada de las formas de realización y tras consulta de los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 ilustra un ejemplo particular de un sistema de baterías de células de flujo según algunas formas de realización;

la figura 2 ilustra una batería de células de flujo acoplada a un sistema de control según algunas formas de realización;

la figura 3 ilustra una caja donde se ubica la batería de células de flujo junto con unos sistemas de control de temperatura que están acoplados a un sistema de control según algunas formas de realización;

5 la figura 4 ilustra un ejemplo de entorno externo para un sistema de baterías de células de flujo según algunas formas de realización;

la figura 5 ilustra un sistema de controlador según algunas formas de realización;

10 la figura 6 ilustra un mapa de funciones de estado para su funcionamiento por un sistema de controlador;

las figuras 7 y 8 ilustran un sistema de comunicación que puede utilizarse con un sistema de baterías de células de flujo;

15 la figura 9 ilustra un esquema de sistema de tablero de control que presenta un tablero de control de relé;

la figura 10 representa un esquema de una forma de realización de un tablero de control de relé;

20 la figura 11 representa una curva de voltaje DAC - voltaje de salida sin carga;

la figura 12 representa un esquema de un algoritmo de control de bomba y

la figura 13 representa un sistema de corrección de control de bomba para una célula de reequilibrado.

25 Aunque la presente invención puede ser susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, los dibujos representan a título de ejemplo unas de sus formas de realización particulares que se describirán en detalle en la presente memoria. Los dibujos pueden no estar a escala. Debería tenerse en cuenta, no obstante, que los dibujos y la descripción detallada no pretenden limitar la presente invención a la forma particular dada a conocer, sino que, por el contrario, pretenden abarcar todas las modificaciones, equivalentes y alternativas comprendidas en el alcance de la presente invención definido por las reivindicaciones.

Descripción detallada de las formas de realización preferidas

35 Deberá tenerse en cuenta que la presente invención no se limita a los dispositivos ni sistemas particulares descritos que, por supuesto, pueden variar. Deberá tenerse en cuenta además que la terminología utilizada en la presente memoria no tiene por finalidad limitar, sino únicamente describir formas de realización particulares. En la presente memoria y las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares "uno/una" y "el/la" comprenden referentes singulares y plurales, a menos que del contenido se desprenda claramente lo contrario.

40 La figura 1 ilustra un sistema de baterías de células de flujo redox 100 que comprende una célula de flujo redox 202. Tal como se representa en la figura 1, la alimentación se recibe desde varias fuentes que comprenden una línea de alimentación externa 152 o un generador 154 (por ejemplo, un generador de diésel o gas). En general, la línea de alimentación externa puede suministrar alimentación desde cualquier fuente, incluida una red eléctrica o un generador dedicado, tal como un generador solar, mareomotriz, eólico o un generador de otra forma. La alimentación CA se recibe en un rectificador 102, que está acoplado para suministrar alimentación CC a la carga 164. La alimentación CC se suministra al sistema de baterías de células de flujo 100 desde el rectificador 102 cuando se suministra alimentación CA al rectificador 102. En la forma de realización representada en la figura 1, la alimentación CC suministrada al sistema de baterías de célula de flujo 100 y a la carga 164 se suministra entre un bus de referencia y un Bbus.

50 Tal como se representa en la figura 1, el sistema de baterías de células de flujo redox 100 comprende una célula de flujo redox 202 y una célula de reequilibrado 228. La célula del flujo redox 202 suministra o recibe alimentación CC a través de un CBus para un circuito elevador-reductor 110, cuando el interruptor 167 está cerrado. Un ejemplo de circuito elevador-reductor 110 se describe en la solicitud de patente US titulada "Buck-Boost Control Circuit" que reivindica prioridad sobre la solicitud de patente US n.º 61/182.082 titulada "Buck-Boost Control Circuit", presentada el 28 de mayo de 2009. Durante la carga, el circuito elevador-reductor 110 suministra corriente de carga del rectificador 102 a la célula de flujo redox 202 a fin de recargar el sistema de baterías de células de flujo redox 100. Durante la descarga, el circuito elevador-reductor suministra alimentación a través de la carga 164 cuando el rectificador no suministra alimentación 102. El circuito elevador-reductor 110 suministra o recibe alimentación cuando el interruptor 166 está cerrado.

60 La célula de reequilibrado 228 está acoplada con la célula de flujo redox 202 para reequilibrar los electrolitos durante el funcionamiento. Un tablero de control de reequilibrado 120 controla la célula de reequilibrado 228. Algunas formas de realización de la célula de reequilibrado 228 y el tablero de control de reequilibrado 120 se describen en mayor detalle en la solicitud de patente US titulada "Flow Cell Rebalancing" que reivindica prioridad sobre la solicitud de patente provisional US n.º 61/182,099 titulada "Flow Cell Rebalancing", presentada el 28 de mayo de 2009. Como se

representa en la figura 1, cuando el interruptor 168 está cerrado, el tablero de control de reequilibrado 120 puede suministrar alimentación a la célula de reequilibrado 228.

Los componentes electrónicos 130 supervisan y controlan el funcionamiento del sistema de baterías de células de flujo 100. Como se representa en la figura 1, los componentes electrónicos 130 están acoplados al tablero de control de reequilibrado 120 y supervisan el Bbus y el Cbus. Los componentes electrónicos 130 también están acoplados para controlar el flujo de electrolitos en la célula de flujo redox 202. Los componentes electrónicos 130 obtienen alimentación del CBus o el Bbus, representados en la figura 1, para asegurar que se mantenga la alimentación en los componentes electrónicos de control.

La figura 2 ilustra una batería de célula de flujo redox 212 que comprende una célula de flujo redox 202 y una célula de reequilibrado 228. La batería de célula de flujo redox comprende una o más células de flujo redox 202, presentando cada célula un lado de cátodo y un lado de ánodo separados por una membrana 205. Los extremos de las células están delimitados por los electrodos 256 y 258. En la batería de células de flujo redox 212, el electrodo 256 es el terminal anódico de la batería y el electrodo 258 es el terminal catódico de la batería. El electrolito para el ánodo se almacena en el depósito 204, el electrolito para el cátodo se almacena en el depósito 206 y se hace fluir a través de la célula de flujo redox 202. Por consiguiente, se produce la transformación entre la energía química almacenada en los electrolitos y la electricidad de la célula de flujo redox 202. Por consiguiente, la carga de la batería de células de flujo redox 212 está limitada solo por la capacidad de almacenamiento de los depósitos 204 y 206. El funcionamiento de una pila de células de flujo y la composición de una membrana se describen en detalle en la solicitud de patente US de n.º de serie 12/217.059 titulada "Redox Flow Cell", presentada el 1 de julio de 2008. La construcción de una pila de células de flujo se describe en la solicitud de patente US de n.º de serie 12/577.134, titulada "Common Module Stack Component Design" presentada el 9 de octubre de 2009. Los depósitos 204 y 206 pueden comprender sensores de nivel de fluido para determinar el nivel de fluido de los depósitos. Se describen ejemplos de sensores de nivel de fluido en la solicitud de patente US de n.º de serie 12/577.147, titulada "Level Sensor for Conductive Liquids" presentada el 9 de octubre de 2009. Se describen ejemplos de los electrodos 256 y 258 en la solicitud de patente US de n.º de serie 12/576.235, titulada "Magnetic Current Collector" presentada el 8 de octubre de 2009.

Como se representa en la figura 2, la bomba 218 puede bombear el electrolito del depósito 206 a través del tubo 220 hasta la célula de flujo redox 202 y de regreso al depósito 206 a través del tubo 248. Además, la bomba 216 puede bombear el electrolito del depósito 204 a través del tubo 214 hasta la célula de flujo redox 202 y de regreso al depósito 204 a través del tubo 268. En algunas formas de realización, las bombas 216 y 218 pueden estar situadas dentro de los depósitos 204 y 206, respectivamente.

En algunas formas de realización, durante el funcionamiento de la pila de células de flujo 202 se produce gas de hidrógeno y los electrolitos de cada mitad de célula de la célula de flujo redox 202 quedan desequilibrados. La célula de reequilibrado 228 es operativa para reequilibrar los electrolitos. Como se representa en la figura 2, la célula de reequilibrado 228 comprende los electrodos 232 y 236 separados por la membrana 234. El electrolito puede transferirse al compartimento 230 a través del tubo 222 y de regreso al depósito 204 a través del tubo 254. Además, el compartimento 238 puede llenarse parcialmente con electrolito transferido desde el depósito 204 a través del tubo 224. Además, el compartimento 238 puede vaciarse en el depósito 204 a través del tubo 252 cuando la válvula 250 está abierta. La válvula 250 puede ser una bomba también, cuya finalidad es desplazar fluido desde el compartimento 238 hasta el depósito 204.

Como se representa en la figura 2, el nivel de electrolito en el compartimento 238 puede controlarse mediante el sensor de nivel inferior 248 y el sensor de nivel superior 246. Debido a que se produce una pérdida de electrolito durante el procedimiento de reequilibrado del compartimento 238, cuando el nivel de fluido alcanza el sensor de nivel inferior 248 puede utilizarse fluido del depósito 204 para rellenar el compartimento 238 hasta que el fluido alcanza el sensor de nivel superior 246. Después de un número determinado de operaciones de relleno, tal vez sea necesario sustituir por completo el electrolito del compartimento 238. En tal caso, cuando el nivel de electrolito del compartimento 238 alcanza el sensor de nivel inferior 248, la válvula 250 puede abrirse para permitir el vaciado del fluido en el depósito 204 o el bombeo de regreso al depósito 204 y, a continuación, el compartimento 238 se rellena a partir del depósito 204. En algunas formas de realización, se puede permitir el flujo de electrolito a través del compartimento 238 durante un período de tiempo establecido a fin de extraer fluido del compartimento 238 antes de rellenarlo con electrolito nuevo.

Como se representa en la figura 2, puede hacerse pasar gas de hidrógeno desde el depósito 206 hasta el compartimento 238 a través del tubo 260. Cuando se aplica alimentación entre los electrodos 232 y 236 y el compartimento 238 se llena parcialmente con electrolito, se produce gas de cloro, de tal forma que se acumula una mezcla de gas de cloro y gas de hidrógeno que supera el nivel de fluido del compartimento 238. En el área del gas del compartimento 238 está instalada una fuente de luz UV 244. La luz de la fuente de luz UV 244 facilita la formación de HCl a partir del gas de hidrógeno y de cloro, que se absorbe en el fluido del electrolito del compartimento 238. Los iones de hidrógeno pueden atravesar la membrana 234 para interactuar con los componentes del electrolito 238 que se hace pasar a través del compartimento 230.

Tanto el gas de hidrógeno como el gas de cloro resultan problemáticos en términos de concentración, en particular en presencia de radiación UV. A fin de supervisar el procedimiento y, en última instancia, controlar el procedimiento, se instalan unos sensores 240 y 242 en el compartimento 238. El sensor 240 puede comprender sensores de temperatura y presión. Por ejemplo, si la temperatura o la presión sobrepasa un valor umbral establecido, pueden emprenderse determinadas medidas tales como desconectar la batería de células de flujo redox 212. El sensor 242 mide las concentraciones relativas de gas de cloro e hidrógeno. La razón entre la concentración de cloro y la concentración de hidrógeno puede mantenerse en un nivel particular, por ejemplo, entre uno y dos, a fin de llevar a cabo un control seguro de la formación de HCl. Algunas formas de realización del sensor 242 se describen en mayor detalle en la solicitud de patente US titulada "Hydrogen Chloride Level Detector" que reivindica prioridad sobre la solicitud de patente provisional US n.º 61/182.076 titulada "Hydrogen Chloride Level Detector", presentada el 28 de mayo de 2009.

La figura 3 ilustra una carcasa 312 que aloja la célula de flujo redox 212. Como se representa en la figura 3, la carcasa 312 comprende una sección inferior 306 y una sección superior 308. La sección inferior 306 aloja los depósitos de retención 206 y 204. La sección superior 308 aloja la pila de células de flujo 202, la célula de reequilibrado 228, los componentes electrónicos de control 302 y demás componentes de cableado, tubería, válvulas, bombas y otros componentes de la batería de células de flujo 212. La batería de células de flujo redox 212 puede ser de cualquier tamaño 312, de ahí que la carcasa pueda presentar unas dimensiones o formas cualesquiera capaces de alojar una batería de células de flujo redox 212.

Una batería de células de flujo redox funciona con eficacia dentro de un rango de temperaturas de, por ejemplo, entre alrededor de 30 °C y alrededor de 50 °C. No obstante, una batería de células de flujo redox puede encontrarse en condiciones térmicas ambientales que varían mucho a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la batería de células de flujo redox puede estar situada en un lugar expuesto al sol en un entorno de calor elevado o a la sombra en un entorno frío. Sin embargo, la temperatura del electrolito de los depósitos de retención 206 y 204 y la temperatura de los componentes electrónicos 302, la célula de flujo redox 202 y la célula de reequilibrado 228 deberían mantenerse dentro del rango operativo eficaz de la batería de células de flujo redox 212. La gestión térmica de una batería de células de flujo redox 212 se da a conocer en la solicitud de patente US de n.º de serie 12/577.127, titulada "Thermal Control of a Flow Cell Battery" presentada el 9 de octubre de 2009.

La carcasa 312 puede formar parte de la gestión térmica de la batería de células de flujo redox 212. Como se representa en la figura 3, se crea una capa de fluido 316 alrededor de los depósitos de retención 206 y 204 de la sección inferior 306. Además, se dispone de una capa de fluido 318 alrededor de la pila de células de flujo 202, los componentes electrónicos 302 y la célula de reequilibrado 228 de la parte superior 308. La capa de fluido 316 y la capa de fluido 318 pueden ser capas de aire que se utilizan para llevar el control térmico de las temperaturas. En algunas formas de realización, no obstante, la capa de fluido 316 o la capa de fluido 318 pueden ser de agua, aceite u otro tipo de fluido que pueda utilizarse para regular térmicamente el interior de la carcasa 312.

Los sensores de temperatura 320 y 322 pueden utilizarse para supervisar la temperatura del electrolito de los depósitos 206 y 204. El sensor de temperatura 324 puede utilizarse para supervisar la temperatura de la parte superior 308. Además, el sensor de temperatura 326 puede utilizarse para supervisar la temperatura ambiente. Los componentes electrónicos de control 302, que reciben lecturas de temperatura de los sensores de temperatura 320, 322, 324 y 326, pueden pues controlar ventiladores, sopladores o bombas de fluido y calentadores a fin de controlar la temperatura operativa de la batería 212. Por ejemplo, en la figura 3, los sopladores 330 y 328 pueden controlar el flujo de aire de la capa 316. Los ventiladores 332 y 334 pueden controlar el flujo de aire de la capa 318.

La figura 4 ilustra un ejemplo de entradas y salidas de algunas formas de realización del sistema de baterías de células de flujo 100 dispuesto en una carcasa 312. Como se representa en la figura 4, el sistema de baterías de células de flujo 100 recibe alimentación CC del rectificador 102. Un panel de pantalla del usuario 410 puede comprender unos indicadores 412 y una pantalla digital 414 para comunicar el estado del sistema de baterías de células de flujo 100 al usuario. Además, el panel de pantalla del usuario 410 puede comprender un panel de entrada 416 para recibir mandatos de entrada del usuario. Dichos mandatos de entrada pueden comprender un mandato de encendido, un mandato de apagado y diversas peticiones de información, los resultados de los cuales pueden presentarse en los indicadores 412 o la pantalla 414. Puede disponerse de una interfaz 420 para comunicar el sistema de baterías de células de flujo 100 con un dispositivo externo. La interfaz 420 también puede acoplarse para permitir que el sistema de baterías de células de flujo 100 se comunique a través de Internet o teléfono, de forma alámbrica o inalámbrica, con sistemas de monitorización y control separados del sistema de baterías de células de flujo 100.

La figura 5 representa una forma de realización de los componentes electrónicos 160. Los componentes electrónicos 160 comprenden los sistemas de control que controlan todos los aspectos del sistema 100. Como se representa en la figura 5, los componentes electrónicos 160 comprenden un controlador del sistema 510. El controlador del sistema 510 comprende uno o más procesadores 512, memoria volátil y no volátil 514 y procesadores de señales 516 que reciben y procesan diversas señales de entrada y transmiten señales de salida.

Como se representa en la figura 5, el controlador 510 recibe el voltaje y la corriente en el Bbus de los sensores 532 y

534, respectivamente. Además, el voltaje y la corriente del flujo con destino u origen en la pila de células 202 se suministra en los sensores 536 y 538, respectivamente. Las entradas de los detectores de fugas 540, 542 y 544 ofrecen información relativa a las fugas de fluido en el sistema de baterías de células de flujo 100. Unas formas de realización de detectores de fuga que, por ejemplo, pueden diferenciar entre fugas de electrolitos se describen en mayor detalle en la solicitud de patente US titulada "Optical Leak Detection Sensor" que reivindica prioridad sobre la solicitud de patente provisional US n.º 61/182.077 titulada "Optical Leak Detection Sensor", presentada el 28 de mayo de 2009. Los sensores de fuga pueden estar situados en diversas partes de la caja 312 y pueden estar dispuestos en las bombas 216 y 218. El controlador 510 también recibe señales desde los sensores de temperatura 546, 548, 550, 552, 554 y 556, por ejemplo, que son sensores de temperatura situados en diversas posiciones por todo el sistema. Además, pueden recibirse señales del sensor de presión 558.

También se reciben señales desde las bombas de electrolito 216 y 218. Por ejemplo, tal como se representa en la figura 5, se recibe la cifra de rpm de cada bomba y la corriente extraída de cada bomba. El controlador 510 transmite una señal para controlar las rpm a cada bomba, que a su vez controla a qué velocidad se bombea el electrolito.

El controlador 510 también recibe y transmite señales a varios ventiladores y sopladores 560 a fin de ofrecer el control térmico del sistema de baterías de células de flujo 100. El uso de sensores de temperatura 546 a 556 y ventiladores y sopladores 560 a fin de gestionar térmicamente el sistema de baterías de células de flujo 100 se da a conocer en detalle en la solicitud de patente US de n.º de serie 12/577.127, titulada "Thermal Control of a Flow Cell Battery" presentada el 9 de octubre de 2009.

El sensor de nivel 562 ofrece información relativa al nivel de electrolito y el estado del electrolito almacenado en los depósitos 204 y 206. Se describen formas de realización de sensores de nivel que pueden utilizarse como los sensores de nivel 562 en la solicitud de patente US de n.º de serie 12/577.147, titulada "Level Sensor for Conductive Liquids" presentada el 9 de octubre de 2009.

La monitorización del voltaje del sistema 564 facilita al controlador 510 señales relativas a los voltajes suministrados a los circuitos de control. Los voltajes comprenden, por ejemplo, los suministros de 5 V, 10 V, 15 V y 3,3 V.

En algunas formas de realización, el controlador 510 puede supervisar la célula de reequilibrado 228. En tal caso, el controlador 510 recibe señales desde los supervisores de voltaje 566 del sistema de célula de reequilibrado, los termistores de célula de reequilibrado 568 de los sensores 240, que supervisan la temperatura en diversos lugares de la célula de reequilibrado 228, el LED de la célula de reequilibrado 570, los interruptores de nivel de la célula de reequilibrado 572, el voltaje de la célula de reequilibrado suministrado a través de los electrodos 232 y 236 (574), la corriente de la célula de reequilibrado entre los electrodos 232 y 236 (576), y ofrece controles para las válvulas de la célula de reequilibrado 226 y 250 (578). La célula de reequilibrado 228 y el tablero de control de reequilibrado 120 se describen en mayor detalle en la solicitud de patente US titulada "Flow Cell Rebalancing" que reivindica prioridad sobre la solicitud de patente provisional US n.º 61/182.099 titulada "Flow Cell Rebalancing", presentada el 28 de mayo de 2009.

En algunas formas de realización, el controlador 510 puede comunicarse con dispositivos a través de una interfaz de dispositivo 530, que puede ser una interfaz I2C. Por ejemplo, el controlador 510 puede comunicarse con el tablero de control de reequilibrado 120 y el elevador-reductor 110 a través de la interfaz I2C. Además, el controlador 510 puede comunicarse con un sistema de monitorización 580 a través de un dispositivo de comunicación 520, que puede ser inalámbrico o puede estar directamente acoplado a una red.

La figura 6 ilustra un diagrama de estados que pueden ejecutarse en el controlador 510 para el funcionamiento del sistema de baterías de células de flujo 100. Como se representa en la figura 6, la máquina de estados 600 arranca en el estado de inicialización 602. El controlador 510 hace la transición a un estado de inicialización del sistema 602 cuando se activa un interruptor principal, el interruptor 166, o una vez que ha transcurrido un período de tiempo predeterminado tras experimentar una breve deficiencia. En algunas formas de realización, el interruptor 168 se cierra junto con el interruptor 166. En el estado de inicialización 602, se dispone de carga 164 y el sistema de batería de célula de flujo 100 se activa. Además, se inicializan los parámetros de software. Una vez que ha concluido la etapa de inicialización 602, el controlador 510 hace la transición a la etapa de galvanización 603.

Durante la etapa de galvanización 603, se aplica la alimentación a través de los electrodos 256 y 258 de la pila de flujo 202 (representada en la figura 2) a fin de permitir la galvanización de los electrodos mediante un metal de galvanización añadido a los electrolitos para los electrodos de la pila de flujo 202 (por ejemplo, metal de bismuto). En algunas formas de realización, se suministra una pequeña corriente a un voltaje nominal a través de los electrodos 256 y 258. Cuando la corriente desciende por debajo de un valor umbral de corriente o el voltaje se incrementa por encima de un valor umbral de voltaje, la galvanización habrá terminado. Por ejemplo, en algunas formas de realización el voltaje de galvanización se establece en 18,5 V con una corriente de 8 amperios. La galvanización termina si la corriente desciende por debajo de 4 amperios o el voltaje aumenta alrededor de 18,5 voltios. Una vez que ha concluido la galvanización, el controlador 510 hace la transición al estado de carga 604.

En algunas formas de realización, en particular cuando se pone en servicio una nueva batería de células de flujo

212, se añade una pequeña cantidad de metal de galvanización a los electrolitos que se galvaniza los electrodos de la pila de células de flujo 202 durante el estado de galvanización 603. Cuando la pila de células de flujo 202 se ha sometido a galvanización, en algunas formas de realización es posible evitar la etapa de galvanización 603. En algunas formas de realización, el estado de galvanización 603 es operativo en cada transición desde el estado de inicialización 602. La galvanización tiene lugar a bajo voltaje y baja corriente. Para que el estado de galvanización 603 termine, incluso en sistemas cuya galvanización ya se ha realizado, el controlador 510 es capaz de detectar su conclusión a fin de hacer la transición al estado de carga 604.

Algunos estados de la máquina de estados 600 hacen la transición al estado de apagado 601 tras la detección de una avería. Las condiciones de avería comprenden, por ejemplo, la detección de una fuga, la detección de una situación de alta temperatura, la detección de un problema de bomba, la detección de un fallo de fuente de alimentación para los componentes electrónicos y la detección de nivel bajo de electrolito. Se pueden detectar también otras condiciones de avería. El controlador 510 hace la transición del estado de galvanización 603 al estado de apagado 601 tras la detección de una avería o si el estado de reducción del elevador-reductor 110 no está habilitado. En el estado de apagado 601, todas las bombas están desactivadas y todos los elevadores-reductores están desactivados. La monitorización del sensor está activada y el controlador 510 puede estar tomando muestras de datos. Además, puede estar activada una petición de grupo electrógeno. Básicamente, el sistema de baterías de células de flujo 100 está apagado. Los interruptores 166, representados en la figura 1, pueden estar abiertos, con lo cual se aísla el sistema de baterías de células de flujo 100 de la carga 164, representada en la figura 1.

Si se ha hecho la transición al estado de apagado 601 debido a la presencia de un cortocircuito en la carga o en el Bbus, el controlador 510 está configurado para hacer la transición del sistema al estado de inicialización tras un tiempo predeterminado. Un algoritmo de liberación del bloqueo de cortocircuito guía esta secuencia. La señal de alimentación correcta del tablero del elevador-reductor está ligada a la línea de interrupción INT1. Cuando se produce la interrupción, el sistema debería generar una avería de Bbus y debería pasar al estado de apagado. En un principio, la línea INT1 debería estar configurada para activar el flanco de caída. Si se produce la interrupción, significa que existe un cortocircuito en el Bbus. Se informa sobre el error. Las rutinas de interrupción fijan un indicador de apagado del sistema. La interrupción debería reconfigurarse para obtener una interrupción en el flanco de subida. Cuando se produce la interrupción en el flanco de subida, el código de error debe reajustarse. Se envía una señal de liberación del bloqueo de 200 ms y se reinicia la máquina de estados desde el estado inicial. Se deja en blanco la comprobación de errores durante el siguiente segundo.

Como se propone, la batería de células de flujo 212 se carga durante el estado de carga 604. En general, la carga conlleva el suministro de una corriente entre los terminales 256 y 258 mientras se hacen circular electrolitos a través de la pila de células de flujo 202 a fin de restaurar el estado químico cargado de estos. En la solicitud US de n.º de serie 12/074.110, presentada el 28 de febrero de 2008, se describe en general la carga de electrolitos.

Durante el estado de carga 604, se suministra alimentación desde el generador 154 o la fuente de alimentación 152 a través del rectificador 102. En algunas formas de realización, el voltaje del Bbus cuando el rectificador 102 está activo puede ser de alrededor de 54 V. El circuito elevador-reductor 110 se halla en la modalidad de reducción y suministra alimentación al Cbus, que se utiliza para cargar la pila de células de flujo 202. Los controles de bomba están activos para controlar las bombas 216 y 218, los sensores de nivel están activos para supervisar los niveles de electrolito de los depósitos 206 y 204, la monitorización del estado de carga está activa y el control térmico está encendido.

La figura 12 representa un algoritmo de control de bombeo.

1. Cálculo del voltaje de control basado en el caudal estequiométrico (SFR)

a. En DESCARGA, $SFR = 3 * (I * \text{Núm. Cél}) / (C * SOC * 1608)$

b. En CARGA, $SFR = 3 * (I * \text{Núm. Cél}) / (C * (1-SOC) * 1608)$

siendo C la concentración de electrolito.

2. Compensación para diferencia de nivel de depósito

a. Cálculo de tolerancia de nivel = $ABS(L1-L2) / 2 * H$

L1 y L2 es el nivel de electrolito desde el fondo del depósito, siendo L el lado derecho del depósito, L2 el lado izquierdo del depósito y H la altura total del depósito.

b. Cálculo del voltaje de compensación (V delta) = $GANANCIA_DE_BOMBA * tolerancia * tolerancia * V \text{ mín.}$

3. Cálculo de voltaje de control de bomba

$$Vf_{bomba} = V_{\min}$$

$$Vc_{bomba} = V_{\min} + V_{\Delta}$$

5 A continuación, se indica un algoritmo para calcular la corrección del control de la bomba para la célula de flujo de reequilibrado con referencia a la figura 13. En las ecuaciones siguientes: Qf es el caudal a través del lado Fe de la célula de flujo redox; Qc es el caudal a través del lado Cr de la célula de flujo redox; Qr es el flujo que atraviesa la célula de reequilibrado; Vf es el voltaje de control de la bomba para la bomba del lado de Fe de la célula de flujo redox; Vc es el voltaje de control de la bomba para la bomba del lado Cr de la célula de flujo redox; Pf es la presión del lado Fe de la célula de flujo redox; Pc es la presión del lado Cr de la célula de flujo redox y k , α , β son constantes. El control de corrección puede determinarse de la manera siguiente:

$$\text{Si } Qf = k * Vf, Qc = k * Vc \text{ y } Qr = \alpha * Vf$$

$$15 \quad Q' = Qf - Qr$$

$$Q' = (k - \alpha) * Vf$$

$$\text{Si } Pf = \beta * Q' \text{ y } Pc = \beta * Qc$$

$$20 \quad Pf = \beta * (k - \alpha) * Vf$$

$$Pc = \beta * k * Vc$$

$$25 \quad \text{Si } Pf = Pc$$

$$\beta * (k - \alpha) * Vf = \beta * k * Vc$$

$$Vf = k / (k - \alpha) * Vc$$

30 Por lo tanto, si Qc es 15 L/min y Qr es 1,5 L/min, el voltaje de base para activar el control de la bomba es:

$$Vf = 1,1 Vc$$

35 Además, se supervisa e informa sobre el estado de carga (SOC) de los electrolitos durante el procedimiento de carga. Se ofrecen descripciones de las mediciones del estado de carga en la solicitud de patente US de n.º de serie 11/674.101, presentada el 12 de febrero de 2007. Durante la carga, se lleva a cabo la monitorización y el control térmico tal como se describe, por ejemplo, en la solicitud de patente US de n.º de serie 12/577.127, titulada "Thermal Control of a Flow Cell Battery" presentada el 9 de octubre de 2009.

40 En algunas formas de realización, se aplican un voltaje y una corriente particulares a través de los electrodos 256 y 258 a fin de cargar electrolitos. Cuando se aplica la alimentación a los electrodos 256 y 258 mientras los electrolitos fluyen a través de la batería de células, una parte de los electrolitos pasan del estado de descarga química al estado químico cargado. En algunas formas de realización, la carga puede detenerse en un punto de carga nominal predeterminado. Por ejemplo, la carga puede detenerse cuando el SOC es sustancialmente del 100 %. En otras formas de realización, se llega al punto de carga nominal predeterminado cuando el SOC es superior al 80 %, superior al 85 %, superior al 90 %, superior al 95 % o superior al 99 %. Si en ese momento la fuente de alimentación 152 todavía dispone de alimentación, el controlador 510 hace la transición al estado de flotación 605. En algunas formas de realización, por ejemplo, la carga puede producirse a un voltaje a través de los electrodos 256 y 258 de alrededor de 30 voltios y una corriente a través de la pila de células 202 de alrededor de 100 amperios, aunque el controlador 510 puede emplear algoritmos de carga más complicados.

50 Se diseña un algoritmo de carga alternativo para obtener rápidamente la corriente cargada deseada. El algoritmo comprende:

- 55 1. Lectura del voltaje del Cbus ($V_{\text{cél.}}$).
2. Si se conoce el valor ESR de la célula, utilización de este; en caso contrario, adopción de un valor nominal de 27 mOhmios.
- 60 3. $V_{\text{carga}} = V_{\text{cél.}} + I_{\text{carga}} * \text{ESR}$. En la ecuación anterior I_{carga} es la corriente de carga necesaria.
- 65 4. A partir de las curvas de calibrado para cada una de las unidades, utilización de la ecuación para voltaje DAC - V_{carga} VS. (Curva y ecuación de muestra representadas en la figura 11, valor DAC = $-0,0792x + 2,9822$, siendo x el valor de V_{carga} deseado).

5. Aplicación del voltaje DAC y período de espera hasta que el sistema se adapte.

Si durante el procedimiento de carga se detecta una avería que se produce en el estado de carga 604, el controlador 510 hace la transición al estado de apagado 601 para apagar el sistema 100. En caso contrario, una vez que se obtiene un SOC de alrededor del 100 %, el controlador 510 hace la transición al estado de flotación 605 si el reductor todavía está habilitado. El controlador 510 hace la transición del estado de carga 604 al estado de descarga 606 si el elevador-reductor 110 cambia de reductor a elevador, lo cual indica que se ha dejado de recibir alimentación desde el rectificador 102.

Durante el estado de flotación 605, el reductor está habilitado y ofrece un voltaje de salida a un valor particular. En algunas formas de realización, el valor es de alrededor de 25 voltios. Durante este estado, la batería de células de flujo 212 está en estado de espera y lista para suministrar alimentación a la carga 164 en caso de que se reduzca la alimentación del rectificador 102. Durante el estado de flotación, el control de las bombas está activado y las bombas 216 y 218 pueden activarse para ofrecer un flujo reducido de electrolito a través de la pila de células de flujo 202. Además, en algunas formas de realización, la alimentación utilizada para suministrar voltaje al elevador-reductor 110 y para activar las bombas y otros sistemas puede suministrarse cargando el rectificador 102, en lugar de utilizar el electrolito cargado de la batería 212. Además, la monitorización del SOC puede desactivarse. También en este caso, si se detecta una avería, el controlador 510 hace la transición al estado de apagado 601.

Si por un fallo el rectificador 102 no recibe alimentación, el controlador 510 hace la transición del estado de flotación 605 al estado de descarga 606. El controlador 510 también puede hacer la transición del estado de carga 604 al estado de descarga 606 antes de que el SOC sea de alrededor del 100 % si la señal En_Buck indica que la alimentación para el rectificador 102 se ha interrumpido. En el estado de descarga 606, la alimentación de la batería de células de flujo 212 se suministra a la carga 164. En tal caso, se activan y controlan las bombas 216 y 218, el elevador-reductor 110 está en la modalidad elevadora, se supervisan los niveles de electrolito de los depósitos y se supervisa e informa sobre el SOC. En algunas formas de realización, el voltaje del Bbus puede mantenerse en alrededor de 50 V. Una vez que el SOC desciende por debajo de cierto valor, por ejemplo el 10%, o la alimentación disponible en el Cbus desciende, por ejemplo, por debajo de alrededor de 20 V, lo cual indica que la batería de células de flujo 212 está en un estado sustancialmente descargado, el controlador 510 puede hacer la transición del estado de descarga 606 al estado de hibernación 607. Si durante la descarga se detecta una avería, el controlador 510 puede hacer la transición del estado de descarga 606 al estado de apagado 601. Además, si la alimentación de, por ejemplo, la fuente de alimentación 152 o el generador 154 se suministra al rectificador 102, entonces el controlador 510 puede hacer la transición de regreso al estado de carga 604 desde el estado de descarga 606 y el elevador-reductor 110 hace la transición de la modalidad elevadora a la modalidad reductora, a fin de que la batería de células de flujo 212 pueda recargarse.

El controlador 510 hace la transición al estado de hibernación 607 desde el estado de descarga 606 cuando la batería de células de flujo 212 alcanza un punto de descarga nominal predeterminado. Por ejemplo, la batería de células de flujo puede hacer la transición a un estado de hibernación cuando el SOC es inferior al 10 %. En otras formas de realización, se llega al punto de descarga nominal predeterminado cuando el SOC es inferior al 20 %, inferior al 15 %, inferior al 10 %, inferior al 5 % o inferior al 2 %. En el estado de hibernación 607, las bombas 216 y 218 se desactivan y el elevador-reductor 110 se desactiva. El controlador 510 supervisa el sistema de baterías de células de flujo 100 hasta que la carga de la pila de células de flujo 202 se agota. El controlador 510 puede abandonar el estado de hibernación 607 si la alimentación vuelve al rectificador 102, en cuyo caso el controlador 510 hace la transición al estado de carga 604 para recargar la batería de células de flujo 212. El controlador 510 también puede hacer la transición del estado de hibernación 607 al estado de apagado 701 si se detecta una condición de avería.

El controlador 510 puede hacer la transición del estado de hibernación 607 al estado de carga 604 si se detecta alimentación en el Bbus. En algunas formas de realización, el generador 154 puede activarse en el estado de descarga 606 si el SOC se reduce por debajo de un nivel de umbral. En algunas formas de realización, el generador puede activarse en el estado de hibernación 607. En algunas formas de realización, el controlador puede hacer la transición del estado de hibernación del sistema al estado de galvanización (no representado).

Cuando se hace frente a cualquier estado de avería que se produce en la totalidad de la máquina de estados 600, la primera avería puede bloquearse para su posterior revisión y entonces la máquina de estados 600 hace la transición al estado de apagado 601. En algunos casos se producen varias condiciones de avería en cascada debido a la condición de avería inicial; por consiguiente, atrapar la primera condición de avería puede ayudar al servidor determinar qué causó el cambio al estado de apagado del sistema.

Como se representa en la figura 5, el controlador 510 está acoplado al dispositivo de comunicación 520. La figura 7 ilustra un entorno de funcionamiento en red 800 para los sistemas de baterías de células de flujo 100. Tal como se representa en la figura 7, un número cualquiera de sistemas de baterías de células de flujo 100, de los cuales se representan los sistemas 100-1 a 100-N, pueden funcionar en red con un servidor 808. Como se ilustra en la figura 5, cada sistema 100-1 a 100-N comprende un correspondiente dispositivo de comunicación 520-1 a 520-N acoplado con un correspondiente controlador 510-1 a 510-N. En algunas formas de realización, los dispositivos de

comunicación 520-1 a 520-N pueden acoplarse con los dispositivos de comunicación 802-1 a 802-N, respectivamente. Los dispositivos de comunicación 802-1 a 802-N pueden acoplarse para transmitir y recibir datos con un servidor 808. La figura 7 representa los dispositivos de comunicación 802-1 a 802-N acoplados a los transceptores inalámbricos 804-1 a 804-N, aunque puede utilizarse cualquier conexión de red. Por ejemplo, los transceptores 804-1 a 804-N pueden ser conexiones alámbricas, conexiones de Internet o cualquier otro tipo de conexión para transmitir datos.

Un servidor 808 acoplado a través de los dispositivos de comunicación 812-1 a 812-N y los transceptores 806-1 a 806-N, respectivamente, recibe los datos. El servidor 808 puede recibir datos desde los sistemas 100-1 a 100-N y puede transmitir datos e instrucciones a los sistemas 100-1 a 100-N. Un ordenador 810 acoplado al servidor 808 puede presentar una interfaz de usuario, a través de la cual pueden supervisarse y controlarse unos sistemas individuales de entre los sistemas 100-1 a 100-N.

La figura 8 ilustra de forma más detallada el sistema 800. Como se representa en la figura 8, el sistema 100 comprende unos componentes electrónicos de control que comprenden un controlador y un dispositivo de comunicaciones. Como se ha mencionado anteriormente, el controlador supervisa diversos aspectos del sistema 100 y, en especial, la batería de células de flujo, y facilita información de funcionamiento, que comprende información de averías, para su transmisión al servidor 808. El servidor 808 recibe información desde el sistema 100 a través de los transceptores. Como se representa en el bloque 822, los datos recibidos desde el sistema 100 pueden procesarse y almacenarse. Como se representa asimismo, el servidor 808 puede comprender un sistema de seguimiento 824 y un sistema de rendimiento 826 y efectúa el seguimiento del rendimiento del sistema 100 a lo largo del tiempo. Además, el usuario del ordenador 810 acoplado al servidor 808 (véase la figura 7) puede recibir alarmas, puede iniciar actualizaciones de software y puede supervisar y controlar de otras formas el sistema 100. En algunas formas de realización, el sistema 100 se comunica con el servidor 808 mediante cualquier sistema de comunicación, por ejemplo, mensajería SMS. En algunas formas de realización, puede utilizarse el cifrado de datos. En algunas formas de realización, el sistema 100 puede utilizar un número de teléfono particular para informar sobre alarmas provocadas por averías. En algunas formas de realización, la longitud de un mensaje SMS es comúnmente de 256 bytes. Por ejemplo, pueden utilizarse 40 bytes para enviar datos relacionados con entradas analógicas. Pueden enviarse indicadores de avería binarios en bytes adicionales del mensaje SMS. Los parámetros supervisados pueden comprender, por ejemplo, detectores de fugas, temperatura, voltaje y corriente de la batería de células de flujo 212, voltaje y corriente a través de la carga, corrientes de bomba y frecuencias de rotación, contadores horarios y disponibilidad de fuente de alimentación y/o generador. Cualquiera de estos datos puede almacenarse en bases de datos, por ejemplo, en una hoja de cálculo, del servidor 808.

El servidor 808 puede llevar a cabo el procesamiento de alarmas, informes de estado, actualizaciones de software, actualizaciones de números de teléfono y otras funciones. El procesamiento de alarmas puede comprender el procesamiento, la autenticación, el registro, la transmisión de los mensajes de alarma al personal pertinente, la confirmación de la alarma al sistema 100 y la presentación del tiempo calculado para el servicio técnico al sistema 100.

El tiempo de servicio técnico es la cantidad de tiempo calculado para que el personal de servicio técnico llegue y repare el problema que ha desencadenado la alarma. En algunas formas de realización, el sistema 100 puede hacer caso omiso de la alarma una vez que ha recibido el tiempo de servicio técnico, siempre y cuando la alarma no esté provocada por funciones cruciales. En algunas formas de realización, si el tiempo de servicio técnico no se recibe, el sistema 100 puede seguir suministrando la alarma a intervalos subsiguientes hasta que se recibe un tiempo de servicio técnico.

En algunas formas de realización, el servidor 808 puede presentar una petición de estado al sistema 100. Como respuesta, el sistema 100 puede procesar la petición de estado y facilitar los datos solicitados, además de sus funciones de información. En algunas formas de realización, los mensajes con origen y destino en el sistema 100 pueden cifrarse. En algunas formas de realización, el servidor 808 puede mantener también funciones de servicios tales como facturación de clientes, informes de clientes y otras funciones.

Un ejemplo de un tablero de control de relé que puede utilizarse con un sistema de controlador 130 como el dado a conocer en la presente memoria se ilustra esquemáticamente en la figura 9. En una forma de realización, es deseable accionar un relé mecánico normalmente abierto para aislar la salida del BBus de 48V CC y evitar la alimentación de la carga externa de la BTS en caso de que cualquier avería, tal como una salida de BBus cortocircuitada o cuando el voltaje en la salida del convertidor reductor es insuficiente y puede afectar al funcionamiento de la fuente de alimentación de la BTS del lado del usuario. Como se representa en la figura 9, la fuente de alimentación del lado del usuario 910 también está conectada al BBus. Si se produce un cortocircuito o una condición de bajo voltaje inferior a 30V CC en la BTS debido a alguna avería en la fuente de alimentación del usuario, el controlador está diseñado de tal forma que los contactos de relé se abrirán y aislarán la salida del reductor. Puede visualizarse una indicación de la alarma en ese lado de la fuente de alimentación.

El tablero de control de relé 920 comprende un tablero de control electrónico y un relé electromecánico. El tablero de control de relé 920 puede estar instalado en el tablero de control principal 930 y el relé electromecánico, en la barra

del bus que conecta el Bbus con la BTS del lado del usuario. La barra del bus puede estar provista de una muesca para el montaje de los contactos del relé mecánico y, de esa forma, si se produce una avería, tal como un cortocircuito de salida o una condición de bajo voltaje de salida en la salida del convertidor reductor del regulador del elevador-reductor, los contactos del relé mecánico se abrirán y aislarán el elevador-reductor de la BTS.

5 Cuando el convertidor elevador-reductor se activa, la salida del convertidor reductor dispondrá de 48 V nominales en una forma de realización. Los mismos 48 V del elevador-reductor también estarían disponibles en el tablero de control. El tablero de control del relé detecta el voltaje del Bbus que activa el relé mecánico, cuyos contactos NA se cerrarán y conectarán la salida del reductor con la BTS.

10 Si no se produce ningún cortocircuito en la salida del convertidor reductor o si la salida del convertidor reductor desciende hasta 30 V +/- 2 V (en ciertas formas de realización donde el valor nominal es de 48 V), el tablero de control del relé detectará la avería y desconectará el relé, con lo cual los contactos de este se abrirán y se aislará el convertidor reductor de la BTS. Por otro lado, cuando el voltaje de salida del reductor se recupera hasta los 40 V +/- 2 V CC, el panel de control del relé suministrará alimentación al relé y los contactos de este se cerrarán, con lo cual es posible volver a conectar la salida del convertidor reductor con la BTS.

20 La figura 10 representa un esquema de una forma de realización de un tablero de control de relé. El tablero de control del relé representado en la figura 10 requiere 12 V CC; no obstante, los 12 V no proceden del regulador de 12 V del tablero de control, sino del C-Bus de 24 V. Los 5 V CC obtenidos del regulador de 5V del tablero de control se conectan con el tablero de control del relé para suministrar un voltaje de referencia al circuito comparador. El relé mecánico presenta un voltaje de bobina de 12 V CC, pero puede utilizar un relé de 24 V CC. Se utiliza un regulador U2 para convertir los 24 V en 12 V para este propósito.

25 Otras modificaciones y formas de realización alternativas de los diversos aspectos de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la materia a partir de la presente descripción. En consecuencia, la presente descripción debe considerarse ilustrativa únicamente, siendo su propósito el de dar a conocer a los expertos en la materia la manera general de fabricar la presente invención. Debe tenerse en cuenta que las formas de la presente invención representadas y descritas en la presente memoria deben considerarse ejemplos de formas de realización. Los elementos y materiales ilustrados y descritos en la presente memoria pueden ser sustituidos por otros, las partes y procesos pueden invertirse y ciertas características de la presente invención pueden utilizarse de manera independiente, tal como resultará evidente para los expertos en la materia tras la consulta de la descripción de la presente invención. Pueden realizarse cambios en los elementos descritos en la presente memoria sin apartarse alcance de la presente invención descrito en las reivindicaciones adjuntas.

35

REIVINDICACIONES

1. Controlador (130, 510) para controlar un sistema de baterías de células de flujo (100), que comprende:

5 uno o más procesadores (510) que hacen funcionar el sistema de baterías de células de flujo (100) en múltiples estados, comprendiendo los múltiples estados:

10 un estado de galvanización (603), en el que en el estado de galvanización (603), por lo menos una parte de los electrodos (256, 258) son galvanizados con un metal de galvanización;

un estado de carga (604), en el que en el estado de carga (604), por lo menos una parte de los electrolitos del sistema de baterías de células de flujo (100) pasa a un estado químico cargado; y

15 un estado de descarga (606), en el que la alimentación se suministra a una carga (164) acoplada al sistema de baterías de células de flujo (100) en el estado de descarga (606);

20 en el que el controlador (130, 510) cambia el sistema de baterías de células de flujo (100) del estado de galvanización (603) al estado de carga (604) cuando una corriente que atraviesa los electrodos (256, 258) del sistema de baterías de células de flujo (100) cae por debajo de un umbral de corriente que indica que la galvanización de la parte de los electrodos (256, 258) ha concluido.

25 2. Controlador según la reivindicación 1, en el que el controlador (130, 510) cambia el sistema de baterías de células de flujo (100) del estado de carga (604) al estado de descarga (606) cuando la alimentación para el sistema de baterías de células de flujo (100) está desconectada y la carga (164) está acoplada con el sistema de baterías de células de flujo (100).

30 3. Controlador según la reivindicación 1, en el que el sistema de baterías de células de flujo (100) comprende además un estado de flotación (605), en el que en el estado de flotación (100), la alimentación para los electrodos (256, 258) de una batería de células de flujo (212) del sistema de baterías de células de flujo (100) se reduce con respecto a la alimentación suministrada a los electrodos (256, 258) durante el estado de carga (604), y en el que el controlador (130, 510) cambia el sistema de baterías de células de flujo (100) del estado de carga (604) al estado de flotación (605) cuando un estado de carga de la batería de células de flujo (212) es superior a un punto de carga nominal predeterminado y se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo (100).

35 4. Controlador según la reivindicación 3, en el que el controlador (130, 510) cambia el sistema de baterías de células de flujo (100) del estado de carga (605) al estado de descarga (606) cuando la alimentación del sistema de baterías de células de flujo (100) está desconectada y la carga (164) está acoplada con el sistema de baterías de células de flujo (100).

40 5. Controlador según la reivindicación 1, en el que el sistema de baterías de células de flujo (100) comprende además un estado de hibernación (607), y en el que el controlador (130, 510) cambia el sistema de baterías de células de flujo (100) del estado de descarga (606) al estado de hibernación (607) cuando un estado de carga de una batería de células de flujo (212) del sistema de baterías de células de flujo (100) es inferior a un punto de descarga nominal predeterminado y no se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo (100).

45 6. Controlador según la reivindicación 5, en el que el controlador (130, 510) cambia el sistema de baterías de células de flujo (100) del estado de hibernación (607) al estado de carga (604) cuando se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo (100).

50 7. Controlador según la reivindicación 1, en el que el controlador (130, 510) cambia el sistema de baterías de célula de flujo (100) del estado de descarga (606) al estado de carga (604) cuando se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo (100) durante el estado de descarga (606) y un estado de carga del sistema de baterías de células de flujo (100) es inferior a un punto de carga nominal predeterminado.

55 8. Controlador según la reivindicación 1, en el que el sistema de baterías de células de flujo (100) comprende además un estado de apagado (601), y en el que el controlador (130, 510) cambia el sistema de baterías de células de flujo (100) de cualquier estado al estado de apagado (601) cuando se detecta una avería.

60 9. Controlador según la reivindicación 8, en el que el sistema de baterías de células de flujo (100) comprende además un estado de inicialización (602), en el que el controlador (130, 510) cambia el sistema de baterías de células de flujo (100) al estado de inicialización (602) cuando se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo (100) que funciona en el estado de apagado (601).

65 10. Controlador según la reivindicación 9, en el que el controlador (130, 510) cambia el sistema de baterías de células de flujo (100) al estado de galvanización (603) cuando el estado de inicialización (602) ha concluido.

11. Controlador según la reivindicación 1, en el que los procesadores (512) están configurados para controlar el flujo de las bombas basándose en el nivel de los depósitos de electrolito (204, 206) y el estado de carga del electrolito.

5 12. Controlador según la reivindicación 1, que comprende además un dispositivo de comunicación (520) acoplado con uno o más procesadores (512), en el que el dispositivo de comunicación (520) transmite datos externos al sistema de baterías de células de flujo (100).

10 13. Controlador según la reivindicación 1, que comprende además uno o más procesadores (512) que hacen funcionar una célula de reequilibrado (228) y en el que el uno o más procesadores (512) que hacen funcionar el sistema de baterías de células de flujo (100) en múltiples estados se comunican con uno o más procesadores que hacen funcionar la célula de reequilibrado (228).

15 14. Procedimiento para hacer funcionar un sistema de baterías de células de flujo (100), que comprende las etapas siguientes:

hacer funcionar el sistema de baterías de células de flujo (100) mediante un controlador (130, 510) capaz de hacer pasar el sistema de baterías de células de flujo (100) hacia una pluralidad de estados de funcionamiento, comprendiendo la pluralidad de estados de funcionamiento:

20 un estado de galvanización (603), en el que en el estado de galvanización (603), por lo menos una parte de los electrodos (256, 258) son galvanizados con un metal de galvanización;

25 un estado de carga (604), en el que en el estado de carga (604), por lo menos una parte de los electrolitos del sistema de baterías de células de flujo (100) es llevada a un estado químico cargado; y

un estado de descarga (606), en el que la alimentación se suministra a una carga (164) acoplada al sistema de baterías de células de flujo (100) en el estado de descarga (606); y

30 cambiar el sistema de baterías de células de flujo (100) del estado de galvanización (603) al estado de carga (604) cuando un voltaje a través de los electrodos (256, 258) del sistema de baterías de células de flujo (100) aumenta por encima de un umbral de voltaje que indica que la galvanización de la parte de los electrodos (256, 258) ha concluido.

35 15. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que los estados de funcionamiento comprenden además un estado de flotación (605), en el que en el estado de flotación (605), la alimentación de los electrodos (256, 258) de una batería de células de flujo (212) del sistema de baterías de células de flujo (100) se reduce con respecto a la alimentación suministrada a los electrodos (256, 258) durante el estado de carga (604), y en el que el procedimiento comprende además el cambio del sistema de baterías de células de flujo (100) del estado de carga (604) al estado de flotación (605) cuando un estado de carga de la batería de células de flujo (212) es superior a un punto de carga nominal predeterminado y se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo (100).

40 16. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que los estados de funcionamiento comprenden además un estado de hibernación (607), y en el que el procedimiento comprende además el cambio del sistema de baterías de célula de flujo (100) del estado de descarga (606) al estado de hibernación (607) cuando un estado de carga del sistema de baterías de células de flujo (100) es inferior a un punto de descarga nominal predeterminado y no se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo (100).

45 17. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que los estados de funcionamiento comprenden además un estado de apagado (601), y en el que el procedimiento comprende además el cambio del sistema de baterías de células de flujo (100) de cualquier estado al estado de apagado (601) cuando se detecta una avería.

50 18. Procedimiento según la reivindicación 17, en el que los estados de funcionamiento comprenden además un estado de inicialización (602), y en el que el procedimiento comprende además el cambio del sistema de baterías de células de flujo (100) al estado de inicialización (602) cuando se suministra alimentación al sistema de baterías de células de flujo (100) que funciona en el estado de apagado (601).

55

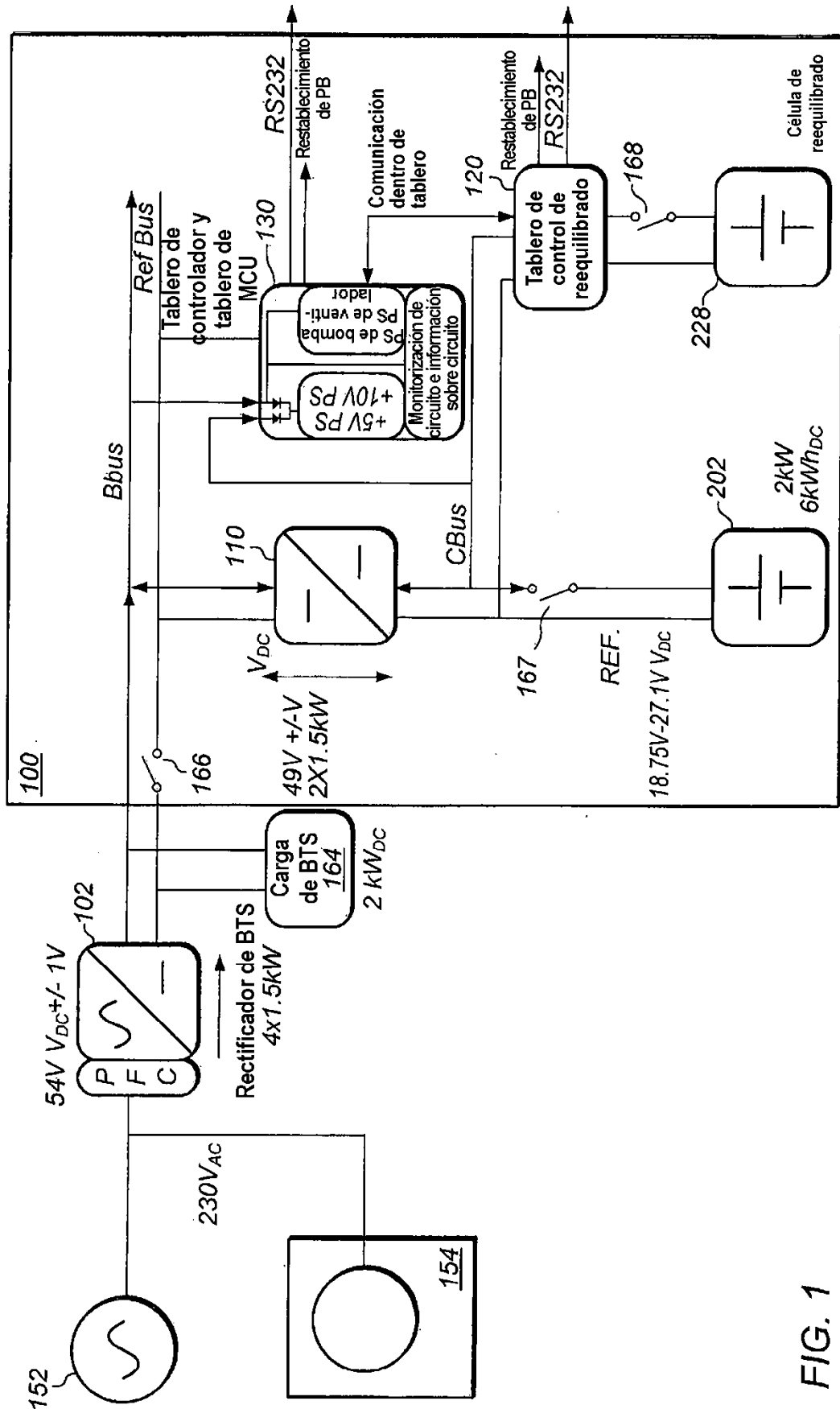


FIG. 1

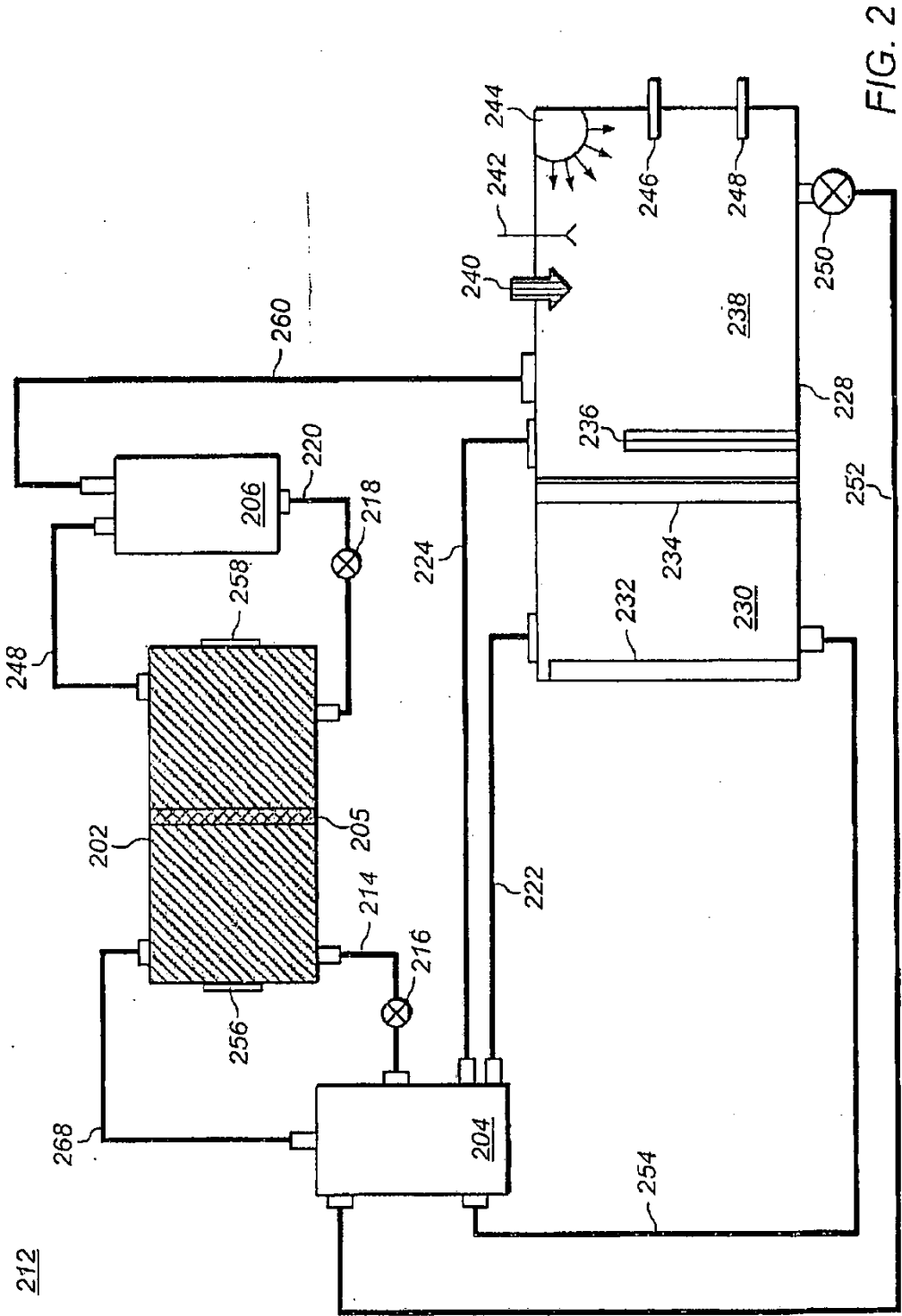


FIG. 2

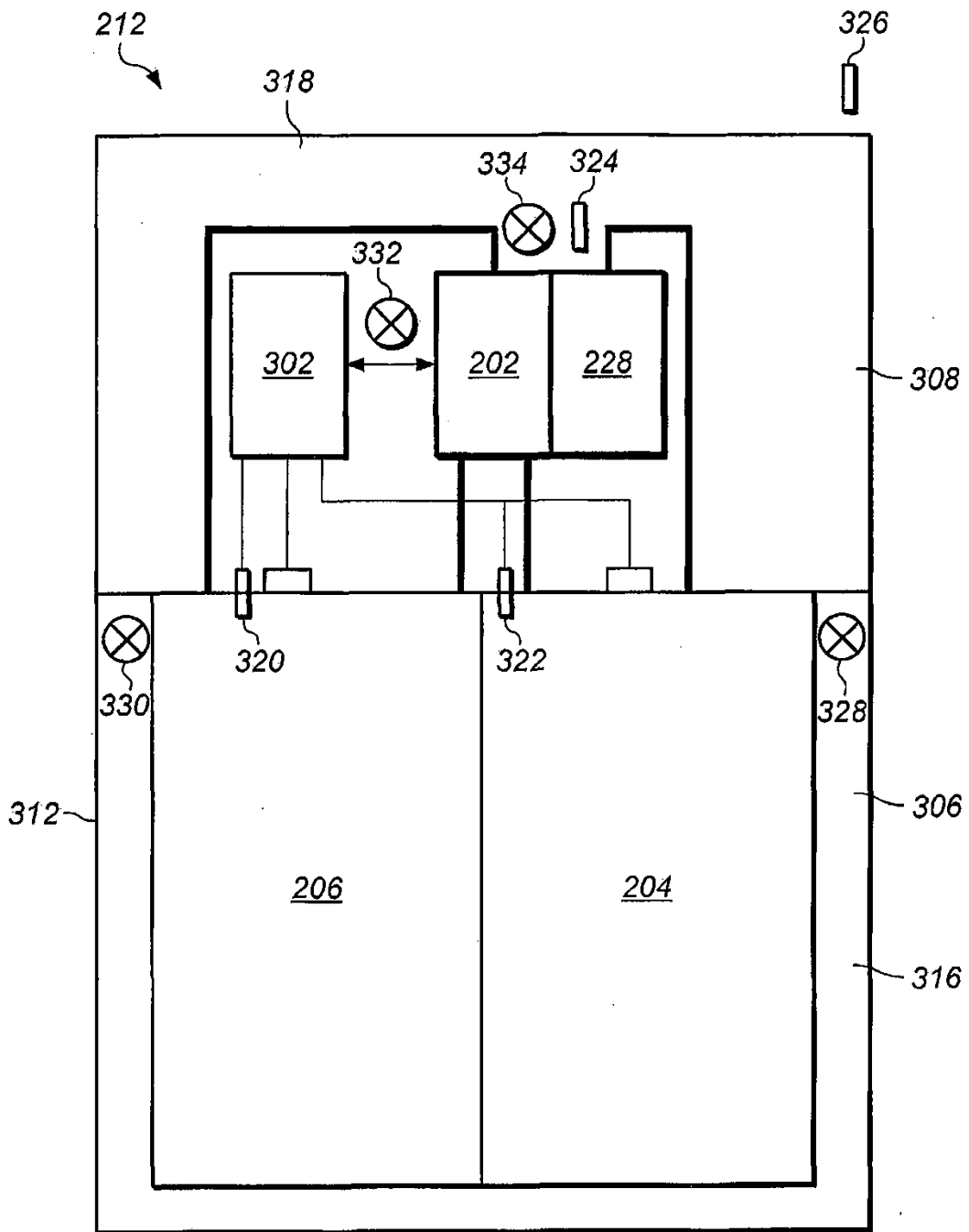


FIG. 3

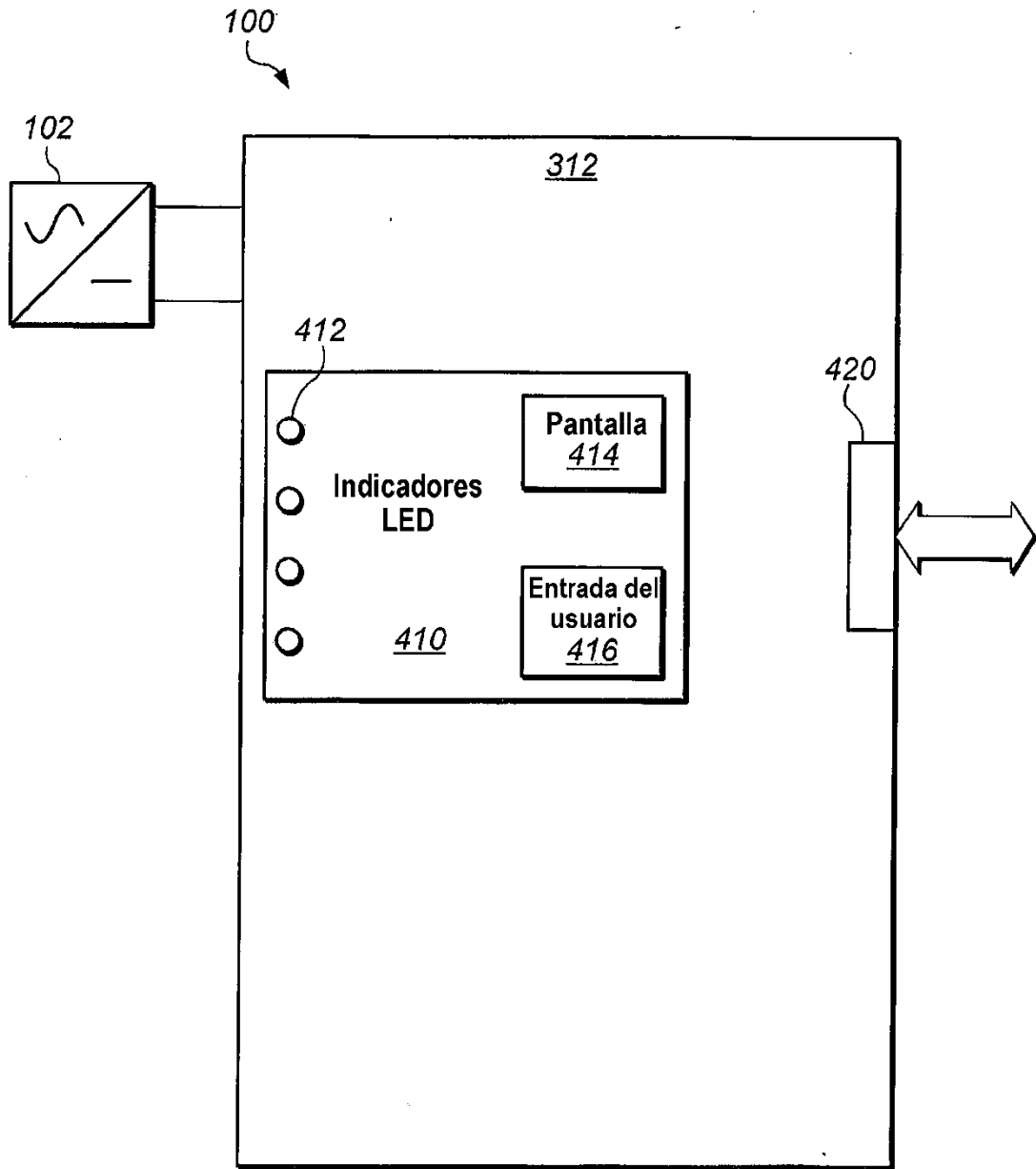


FIG. 4

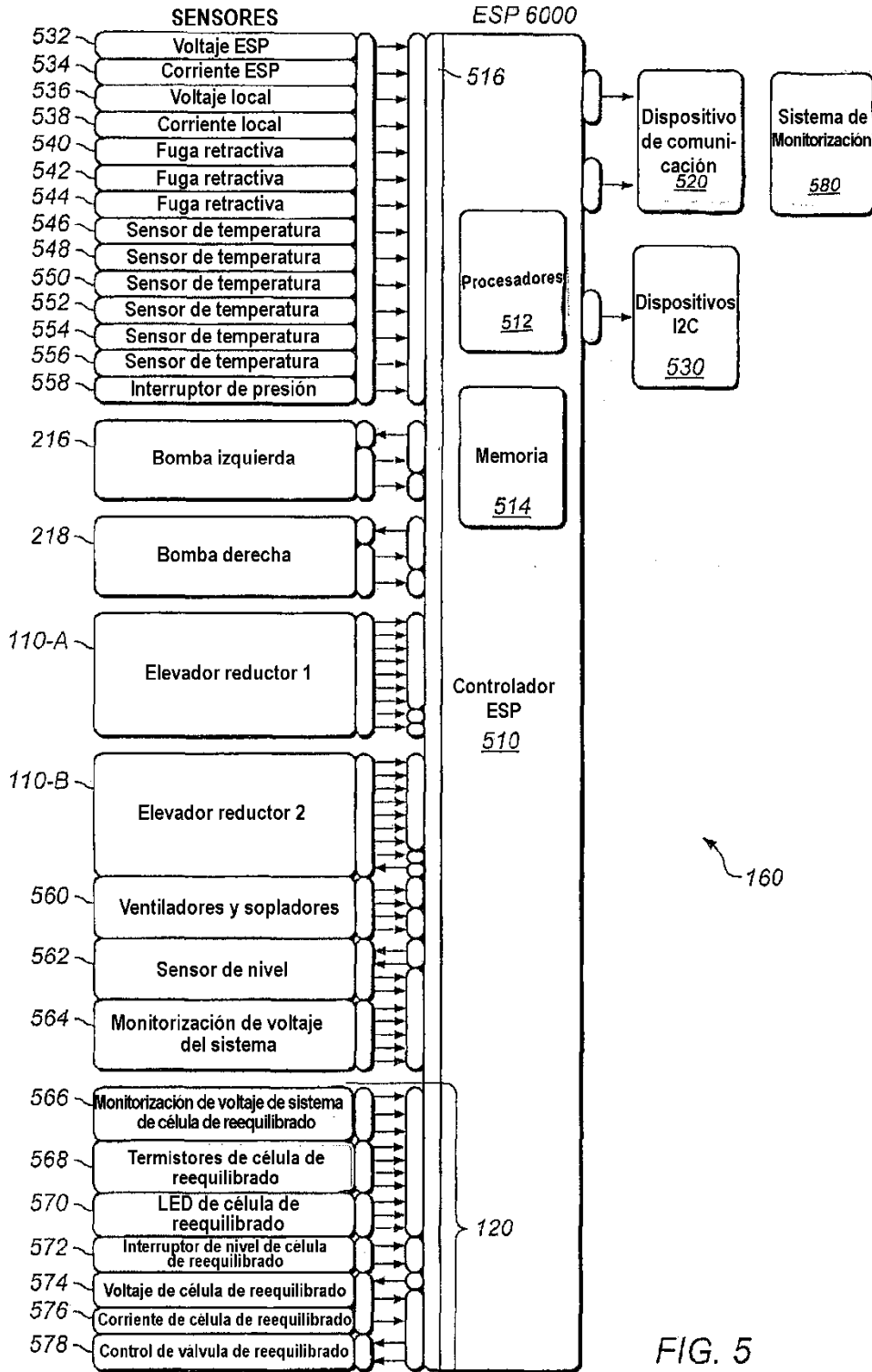


FIG. 5

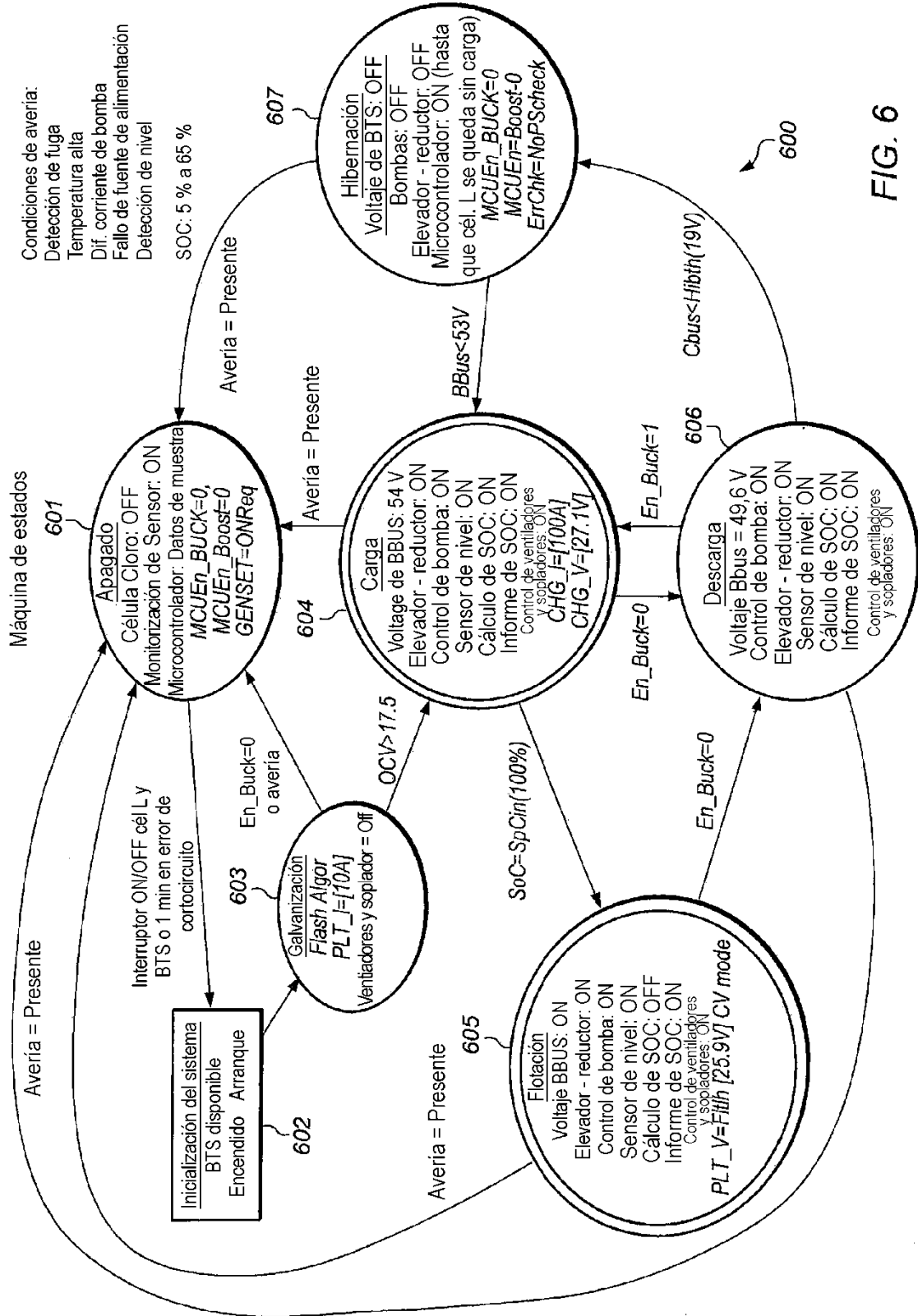


FIG. 6

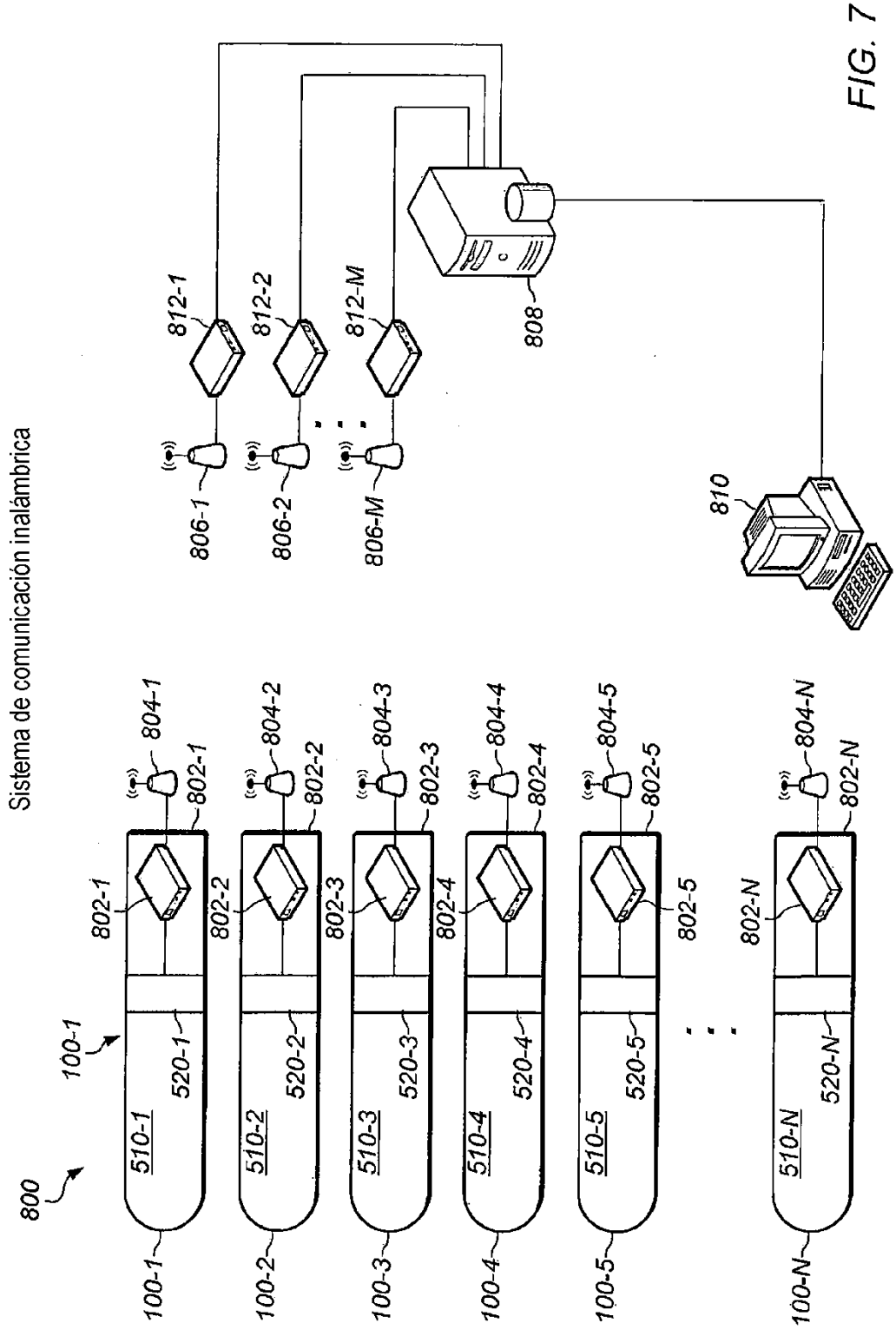


FIG. 7

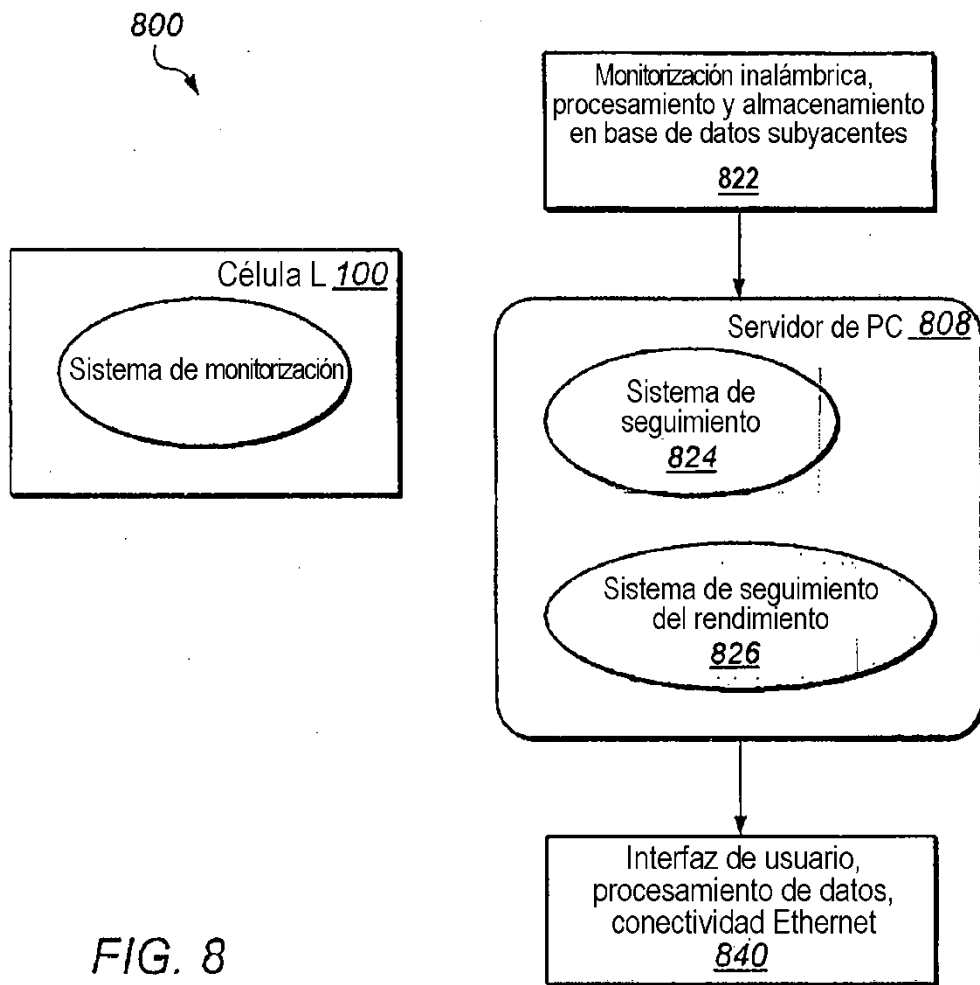


FIG. 8

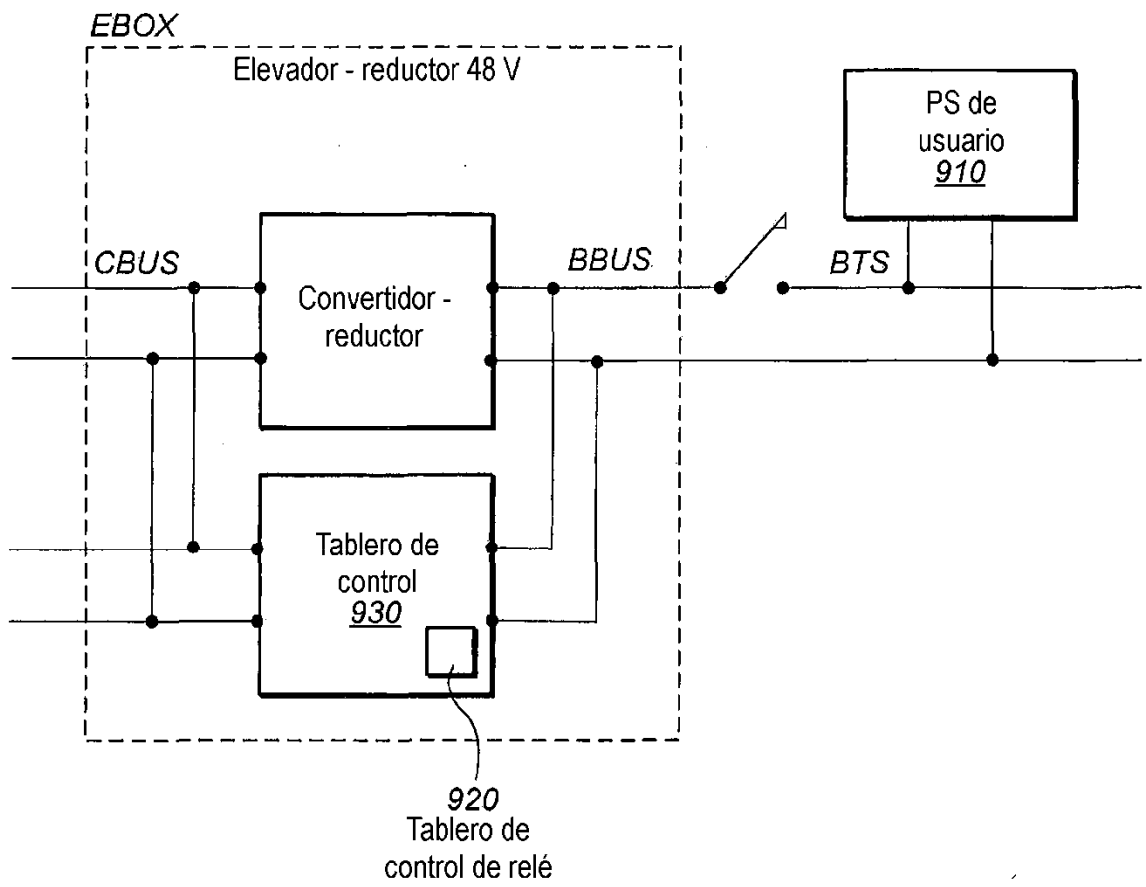


FIG. 9

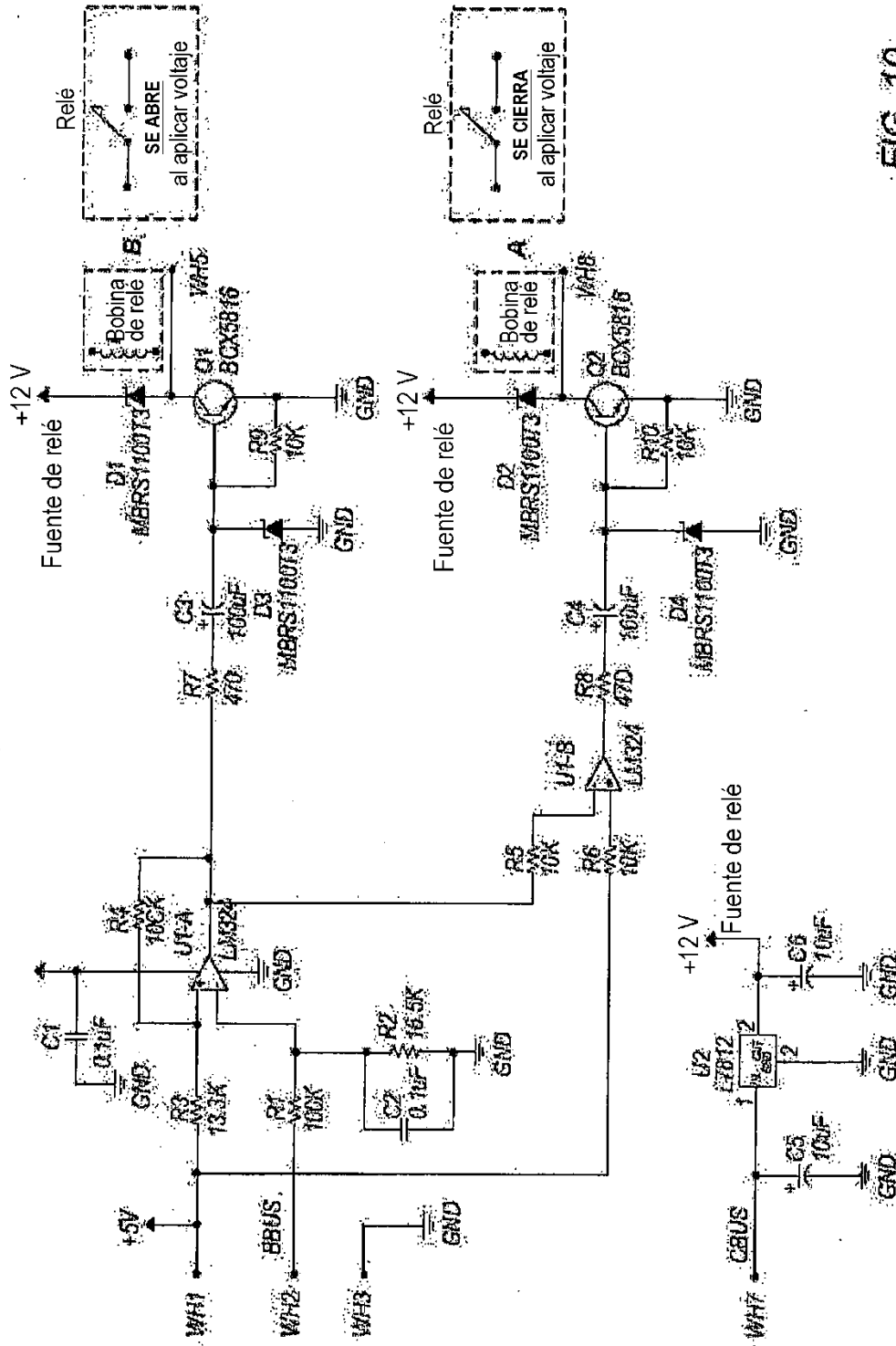


FIG. 10

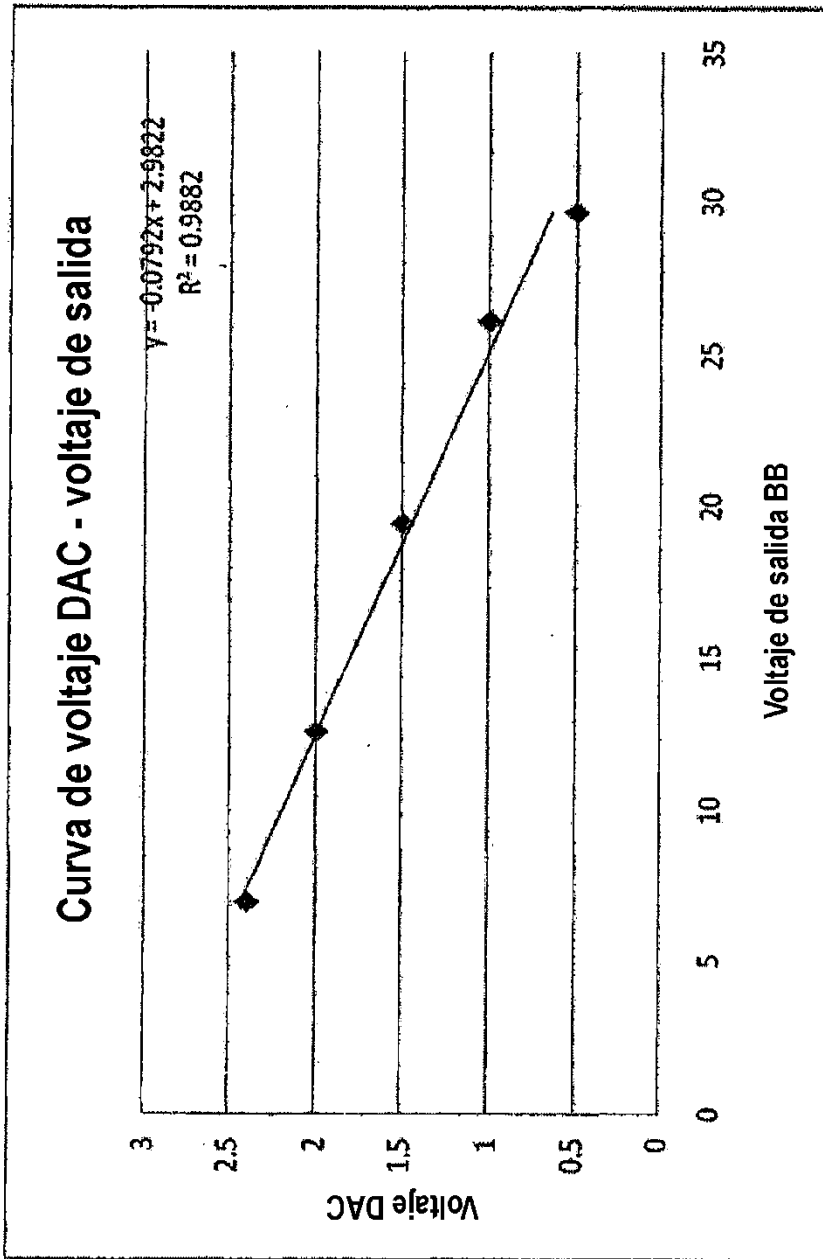


FIG. 11

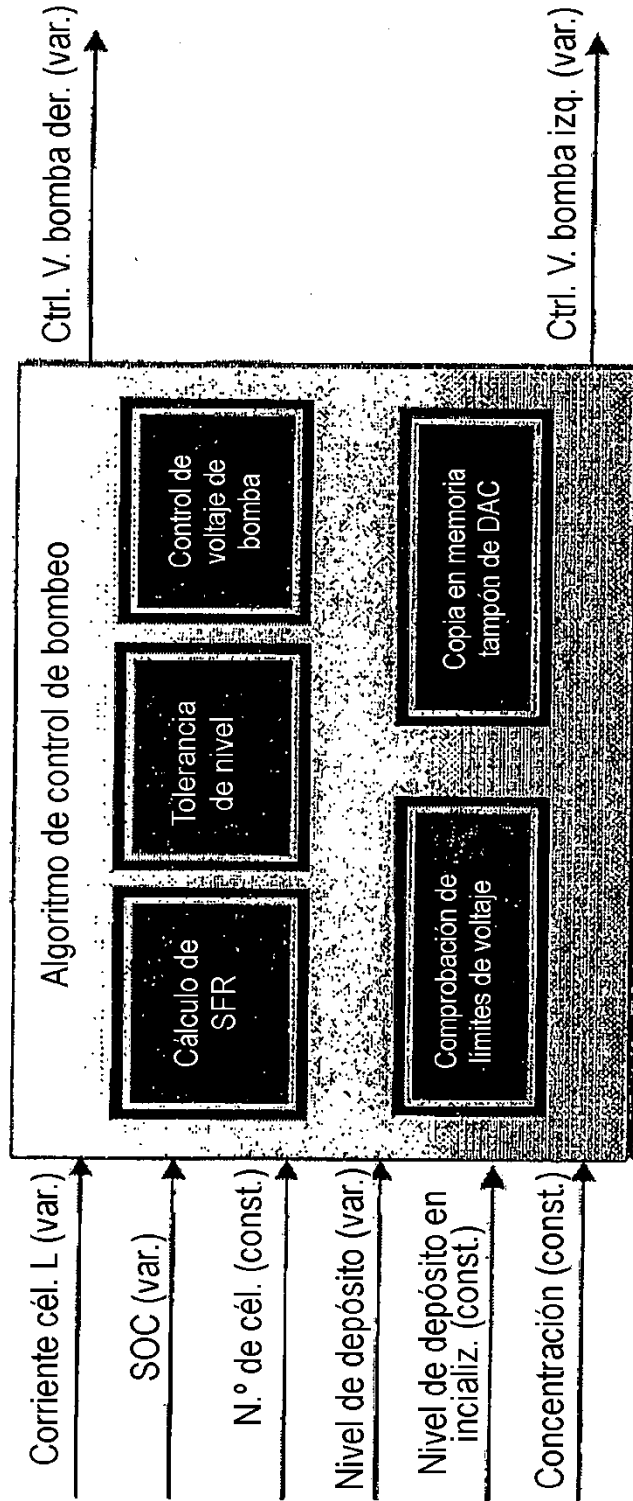


FIG. 12

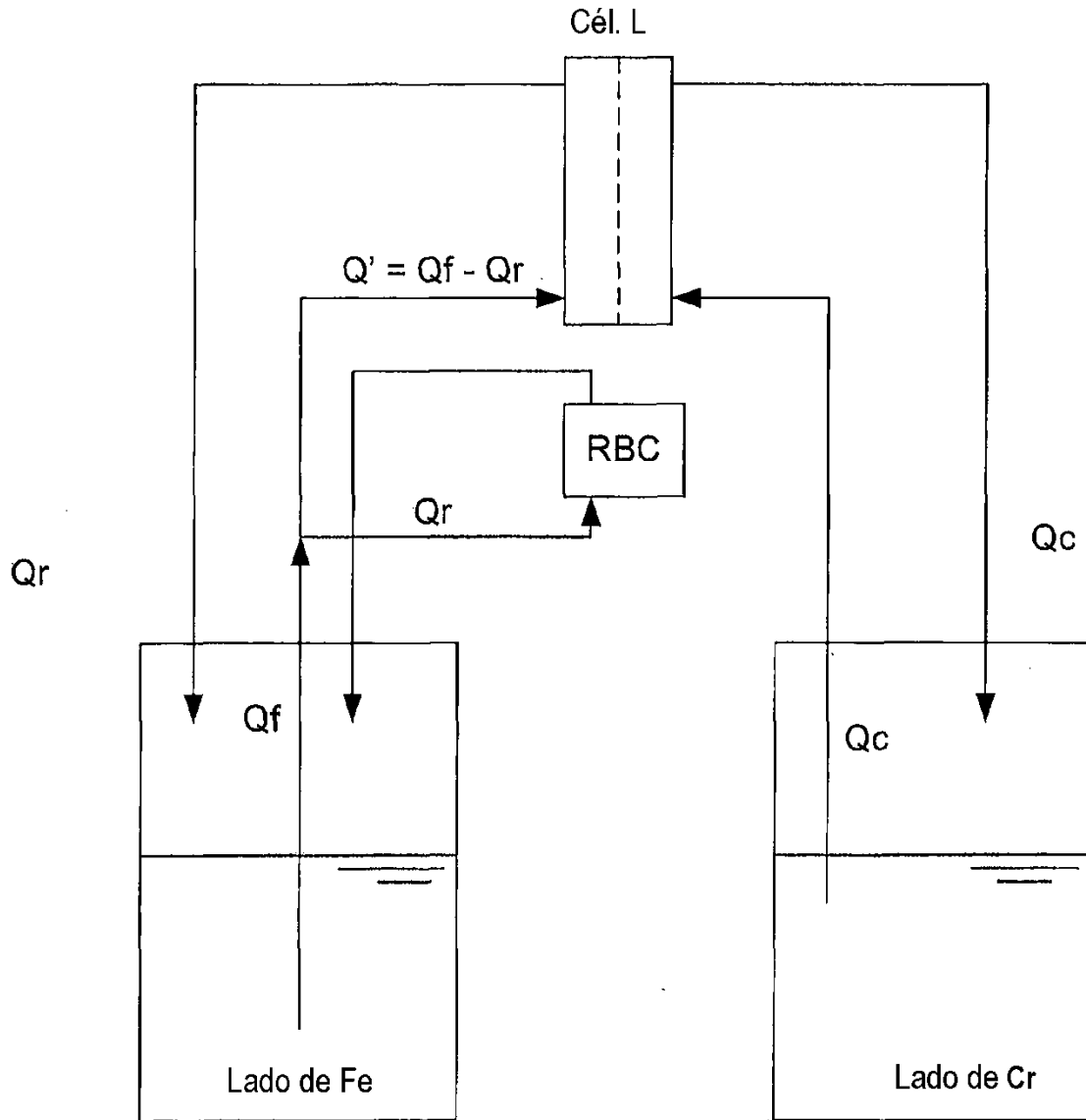


FIG. 13