

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 316**

51 Int. Cl.:

<b>H01M</b>	(2006.01)
<b>H01M</b>	(2006.01)
<b>H01M</b>	(2006.01)
<b>H01M 8/0438</b>	(2006.01)
<b>C25B 15/02</b>	(2006.01)
<b>C25B 9/00</b>	(2006.01)
<b>G01R 31/36</b>	(2006.01)
<b>C25B 1/12</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.06.2014 PCT/US2014/041091**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **11.12.2014 WO14197693**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2014 E 14733484 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019 EP 3005455**

54 Título: **Sistema de monitorización de salud con un apilamiento de celda electroquímica**

30 Prioridad:

**07.06.2013 US 201361832378 P**

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

**01.07.2019**

73 Titular/es:

**NUVERA FUEL CELLS, LLC (100.0%)  
129 Concord Road, Building 1  
Billerica, MA 01821, US y  
NUVERA FUEL CELLS, LLC (100.0%)**

72 Inventor/es:

**BLANCHET, SCOTT y  
DOMIT, ED**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 718 316 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 monitorización de salud con un apilamiento de celda electroquímica

La presente divulgación está dirigida a celdas electroquímicas, y más específicamente, a un método y un sistema para monitorización de una celda electroquímica o un apilamiento de celda.

5 Las celdas electroquímicas, normalmente clasificadas como celdas de combustible o celdas de electrólisis, son dispositivos utilizados para generar corriente a partir de reacciones químicas, o inducir una reacción química utilizando un flujo de corriente. Una celda de combustible convierte la energía química de un combustible (por ejemplo, hidrógeno, gas natural, metanol, gasolina, etc.) y un oxidante (aire u oxígeno) en electricidad y productos de desecho de calor y agua. Una celda de combustible básica comprende un ánodo cargado negativamente, un cátodo cargado positivamente y un material conductor de iones llamado electrolito.

10 Diferentes tecnologías de celda de combustible utilizan diferentes materiales electrolíticos. Una celda de combustible de Membrana (PEM) de Intercambio de Protones, por ejemplo, utiliza una membrana polimérica conductora de iones como el electrolito. En una celda de combustible de hidrógeno PEM, los átomos de hidrógeno se dividen electroquímicamente en electrones y protones (iones de hidrógeno) en el ánodo. Los electrones fluyen a través del circuito hacia el cátodo y generan electricidad mientras que los protones se difunden a través de la membrana del electrolito hasta el cátodo. En el cátodo, los protones de hidrógeno se combinan con los electrones y el oxígeno (suministrados al cátodo) para producir agua y calor.

15 Una celda de electrólisis representa una celda de combustible operada en sentido inverso. Una celda de electrólisis básica funciona como un generador de hidrógeno al descomponer el agua en hidrógeno y gases de oxígeno cuando se aplica un potencial eléctrico externo. La tecnología básica de una celda de combustible de hidrógeno o una celda de electrólisis se puede aplicar a la manipulación electroquímica del hidrógeno, tal como la compresión, purificación o expansión electroquímica del hidrógeno. La manipulación electroquímica del hidrógeno se ha convertido en una alternativa viable a los sistemas mecánicos tradicionalmente utilizados para el manejo del hidrógeno. La comercialización exitosa de hidrógeno como portador de energía y la sostenibilidad a largo plazo de una "economía de hidrógeno" dependen en gran medida de la eficiencia y la rentabilidad de las celdas de combustible, celdas de electrólisis y otros sistemas de manejo/manipulación de hidrógeno.

20 En operación, una sola celda de combustible generalmente puede generar aproximadamente 1 voltio. Para obtener la cantidad deseada de energía eléctrica, las celdas de combustible individuales se combinan para formar un apilamiento de celda de combustible. Las celdas de combustible se apilan juntas secuencialmente, cada celda incluye un cátodo, una membrana de electrolito y un ánodo. Cada ensamblaje de cátodo/membrana/ánodo constituye un "ensamblaje de electrodo de membrana", o "MEA", que generalmente está apoyado en ambos lados por placas bipolares. Los gases (hidrógeno y aire) se suministran a los electrodos del MEA a través de canales o ranuras formados en las placas, que se conocen como campos de flujo. Además de proporcionar soporte mecánico, las placas bipolares (también conocidas como placas de campo de flujo o placas separadoras) separan físicamente las celdas individuales en un apilamiento mientras se conectan eléctricamente en serie.

25 Además, un apilamiento de celda de combustible típica incluye colectores y puertos de entrada para dirigir el combustible y el oxidante a los campos de flujo de ánodo y cátodo, respectivamente. EL apilamiento también puede incluir un colector y un puerto de entrada para direccionar un fluido refrigerante a los canales interiores dentro del apilamiento para absorber el calor generado durante el funcionamiento de las celdas individuales. Un apilamiento de celda de combustible también incluye colectores de escape y puertos de salida para expulsar los gases que no han reaccionado y el agua refrigerante.

30 La figura 1 es una vista esquemática en despiece ordenado que muestra los diversos componentes de una celda 10 de combustible PEM. Como se ilustra, las placas 2 bipolares flanquean el "ensamblaje de electrodo de membrana" (MEA), que comprende un ánodo 7A, un cátodo 7C y una membrana 8 de electrolito. Los átomos de hidrógeno suministrados al ánodo 7A se dividen electroquímicamente en electrones y protones (iones de hidrógeno). Los electrones fluyen a través de un circuito eléctrico al cátodo 7C y generan electricidad en el proceso, mientras que los protones se mueven a través de la membrana 8 de electrolito al cátodo 7C. En el cátodo, los protones se combinan con electrones y oxígeno (suministrados al cátodo) para producir agua y calor.

35 Además, la celda 10 de combustible PEM comprende capas (GDLs) 5 de difusión de gas eléctricamente conductoras dentro de la celda en cada lado del MEA. Las GDLs 5 sirven como medios de difusión que permiten el transporte de gases y líquidos dentro de la celda, proporcionan parte de la trayectoria de conducción eléctrica entre las placas 2 bipolares y la membrana 8 de electrolito a través de los campos 4, 6 de flujo. Las GDLs 5 también pueden ayudar a eliminar el calor y el agua de proceso de la celda, y en algunos casos, proporciona soporte mecánico a la membrana 8 de electrolito. Las GDLs 5 pueden comprender una tela de carbono tejida o no tejida u otro material conductor con electrodos 7A y 7C ubicados en los lados que enfrentan la membrana del electrolito. En algunos casos, los electrodos 7A y 7C incluyen un material electrocatalizador revestido sobre el GDL 5 adyacente o la membrana 8 del electrolito. Algunas celdas de combustible de alta presión o presión diferencial alta utilizan metales del tipo "frita" densamente sinterizados, paquetes de pantalla, metales expandidos, espuma metálica o sustratos metálicos porosos

tridimensionales en combinación con o como reemplazo de las GDL tradicionales para proporcionar soporte estructural al MEA en combinación con los campos 4, 6 de flujo de canales terrestres tradicionales formados en las placas 2 bipolares. En una celda de combustible típica, los gases reactivos a cada lado de la membrana del electrolito fluyen a través de los campos de flujo y luego se difunden a través de la GDL porosa para alcanzar la membrana del electrolito.

El rendimiento de una celda electroquímica o de un apilamiento de celda puede decaer con el tiempo por un número de razones, que incluyen, entre otras, pero no limitado a, la inundación de las celdas con agua, la contaminación de los gases reactivos, el cruce de combustible, la difusión de retorno, el envenenamiento de las membranas o catalizadores, etc. El cruce de combustible en particular, es decir, la fuga de combustible desde el lado del ánodo al lado del cátodo es un motivo de grave preocupación con respecto a la seguridad y eficiencia de una celda electroquímica. El cruce de combustible puede ocurrir alrededor o a través de la membrana del electrolito de la MEA, y generalmente es causado por sellos con fugas entre los componentes de la celda, la perforación o el desgarro de la membrana, o la filtración natural a través de la membrana. La fuga de combustible a través de la membrana es altamente indeseable porque puede causar una reacción de combustión directa entre el oxígeno (suministrado al cátodo) y el combustible y dañar la celda/apilamiento. Además, los resultados del cruce en el desperdicio de combustible; el combustible posiblemente puede fugarse en el suministro de refrigerante y causar una mayor contaminación; o el combustible puede causar fugas externas y contaminar todo el entorno del apilamiento de celda.

El cruce de combustible, la difusión inversa, la inundación, la contaminación y otros diversos factores que influyen en el rendimiento de un apilamiento de celda, causan una caída en el voltaje en la celda/apilamiento y una pérdida de eficiencia. Por ejemplo, en un apilamiento de celda de compresión (EHC) electroquímica de hidrógeno, la salida de hidrógeno es directamente proporcional a la corriente a través del apilamiento; el aumento del voltaje requerido para suministrar una corriente dada es una indicación directa de la degradación de la celda/apilamiento. Por lo tanto, cuando surja cualquiera de estas condiciones dañinas, es necesario tomar medidas correctivas para prevenir la degradación irreversible de la celda/apilamiento y las fallas catastróficas en el campo. El documento US 2006/0289312 divulga un método y un sistema para el diagnóstico del electrolizador basado en el análisis del ajuste de curvas y la optimización de la eficiencia, que incluye la monitorización de los componentes de la celda electroquímica mediante el ajuste de curvas y la estimación del rendimiento general del electrolizador mediante el uso de modelos predictivos. El sistema comprende una unidad de extracción para seleccionar zonas de operación adecuadas, una unidad de filtrado, una unidad de ajuste de curva que realiza una regresión lineal o no lineal mediante el uso de ecuaciones definidas por el usuario aplicadas a puntos de datos de corriente- voltaje y una unidad de análisis de bondad de ajuste de curva. Las zonas se definen como zonas de inicio, zonas de apagado y zonas de cambio de carga; El sistema comprende además una unidad de caracterización de parámetros de ajuste de curva para clasificar los parámetros de ajuste de curva con respecto a la tecnología de los componentes de las celdas del electrolizador y los valores de referencia, y una base de datos de caracterización para almacenar los coeficientes de ajuste y su caracterización. El documento US 2012/0058404 divulga que el estado de humedad de una celda de combustible puede determinarse sin causar ninguna variación en el estado de suministro del gas reactivo que se suministra a la celda de combustible. Una sección de control de corriente de salida realiza temporalmente un barrido de corriente mientras mantiene la cantidad de gas oxidante que se suministra a la celda de combustible. Una sección de cálculo del componente de resistencia calcula el componente de resistencia en la celda de combustible utilizando un valor de corriente de salida y un valor de voltaje de salida de la celda de combustible que es cuando se realiza temporalmente el barrido de corriente. Una sección de cálculo del contenido de humedad calcula el contenido de humedad en la celda de combustible utilizando el componente de resistencia. Una sección de determinación del contenido de humedad determina si el contenido de humedad es o no igual a o inferior a un valor de umbral de estado seco. Una sección de procesamiento que aumenta el contenido de humedad realiza un proceso de aumento del contenido de humedad cuando el contenido de humedad es igual a o inferior al valor de umbral de estado seco.

La presente divulgación está dirigida hacia un método y un sistema para monitorización del rendimiento de una celda o un apilamiento de celdas para identificar de manera preventiva las condiciones dañinas que causan una disminución del rendimiento para permitir la reparación/servicio de la celda/apilamiento antes de que falle. La monitorización se puede realizar de forma remota midiendo el voltaje a través de la celda/apilamiento (referido más adelante como "voltaje de apilamiento") y comparando los valores medidos con valores de referencia predeterminados para determinar la condición de una celda/apilamiento.

Un primer aspecto de la presente invención proporciona un sistema de celda electroquímica, que comprende: una celda electroquímica; un dispositivo de medición de voltaje adaptado para medir un voltaje a través de la celda; y una unidad de control configurada para procesar señales de voltaje recibidas desde el dispositivo de medición de voltaje, en donde la unidad de control está configurada para: realizar un barrido de corriente lineal a través de la celda; generar una curva (V-I) de voltaje-corriente basada en el barrido de corriente lineal; generar una curva V-I de línea base de la celda y calcular una pendiente de la curva V-I de línea base; generar una curva V-I de envejecimiento de la celda en cualquier punto de tiempo durante el funcionamiento de la celda y calcular una pendiente de la curva V-I de envejecimiento; calcular una diferencia de valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento; y comparar la diferencia en el valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento con un valor de referencia preestablecido; caracterizado porque el sistema comprende además transmisores de presión conectados a un canal de entrada de gas y un canal de salida de gas de la celda, estando configurados los transmisores de presión para medir la presión en la entrada ( $P_{\text{entrada}}$ ) y en la salida ( $P_{\text{salida}}$ ); la unidad

de control está configurada para generar la curva V-I de línea base utilizando una relación predeterminada de presión del fluido reactivo en la entrada ( $P_{\text{entrada}}$ ) y la presión en la salida ( $P_{\text{salida}}$ ); e iniciar automáticamente acciones correctivas si la diferencia en el valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento es mayor que el valor de referencia preestablecido.

- 5 Otro aspecto de la presente invención proporciona un método para monitorización de una celda electroquímica, que comprende: realizar un barrido de corriente lineal a través de la celda; generar una curva (V-I) de línea base de voltaje-corriente de la celda y calcular una pendiente de la curva V-I de línea base; generar una curva V-I de envejecimiento de la celda en cualquier punto de tiempo durante el funcionamiento de la celda y calcular una pendiente de la curva V-I de envejecimiento; calcular una diferencia en el valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento; y comparar la diferencia en el valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento con un valor de referencia preestablecido; el método se caracteriza por medir la presión ( $P_{\text{entrada}}$ ) en un canal de entrada de gas de la celda, y medir la presión ( $P_{\text{salida}}$ ) en un canal de salida de gas de la celda; generar la curva (V-I) de línea base de voltaje-corriente de la celda en una relación predeterminada de las presiones de entrada y salida; e iniciar acciones correctivas automáticas si la diferencia en el valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento es mayor que el valor de referencia preestablecido.

- 20 Otro aspecto más de la presente invención proporciona un método para monitorización de una celda electroquímica, que comprende: medir un voltaje requerido para suministrar una corriente dada a través de la celda al comienzo de la vida de la celda para establecer un línea base de voltaje; medir un voltaje requerido para suministrar una corriente dada a través de la celda en cualquier momento durante el funcionamiento de la celda para establecer un voltaje envejecido; calcular una diferencia entre el voltaje de línea base y el voltaje de envejecimiento; y comparar la diferencia de valor entre el voltaje de línea base y el voltaje envejecido con un valor de referencia preestablecido; el método se caracteriza por medir la presión ( $P_{\text{entrada}}$ ) en un canal de entrada de gas de la celda, y medir la presión ( $P_{\text{salida}}$ ) en un canal de salida de gas de la celda; establecer la curva (V-I) de línea base de voltaje de corriente de la celda en una relación predeterminada de las presiones de entrada y salida; e iniciar acciones correctivas automáticas si la diferencia de valor entre el voltaje de línea base y el voltaje envejecido es mayor que el valor de referencia preestablecido.

Los dibujos adjuntos, que se incorporan y constituyen una parte de esta especificación, ilustran realizaciones de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de los diversos aspectos de la invención.

La Figura 1 ilustra una vista esquemática en despiece ordenado que muestra los diversos componentes de una celda de combustible de Membrana (PEM) de Intercambio de Protones;

- 30 La Figura 2A ilustra una vista esquemática que muestra la medición de voltaje a través de un apilamiento de celda de ejemplo;

La Figura 2B ilustra una curva V-I generada utilizando un barrido de corriente lineal realizado al comienzo de la vida útil (BOL) de un apilamiento de celda electroquímica, de acuerdo con realizaciones de ejemplo de la presente divulgación; y

- 35 La Figura 2C ilustra una curva V-I generada utilizando un barrido de corriente lineal realizado después de la operación de campo del apilamiento de celda electroquímica identificada en la Figura 2B, de acuerdo con realizaciones de ejemplo de la presente divulgación.

Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son solo de ejemplo y explicativas y no son restrictivas de la invención, como se reivindica.

- 40 Ahora se hará referencia a ciertas realizaciones consistentes con la presente divulgación, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se utilizan los mismos números de referencia en todos los dibujos para referirse a partes iguales o similares. Debe entenderse que los sistemas y métodos de la presente divulgación pueden emplearse con diversos tipos de celdas electroquímicas, que incluyen, entre otras, celdas de alta presión y baja presión, celdas de alta presión diferencial (por ejemplo, compresor de hidrógeno electroquímico), celdas con una baja tasa de generación de calor, así como celdas que operan a una alta tasa de generación de calor. Además, debe entenderse que, aunque la presente divulgación se describe en relación con un apilamiento de celda electroquímica, los sistemas y métodos de la presente divulgación también pueden emplearse con celdas electroquímicas individuales.

- Los apilamientos de celda electroquímica comprenden una pluralidad de celdas individuales. En un ejemplo de apilamiento 100 de celda, que se muestra en la figura 2A, cada celda comprende un "ensamblaje de electrodo de membrana" (MEA), que incluye un ánodo, un cátodo y una membrana de electrolito. En realizaciones de ejemplo, la celda comprende una GDL y una placa bipolar en cada lado del MEA para dirigir los gases reactivos a través de la celda. En algunas realizaciones, cada celda electroquímica en un apilamiento de celda comprende dos placas bipolares, una a cada lado del ensamblaje de electrodo de membrana (MEA), es decir, si el apilamiento comprende  $n$  celdas, entonces el número total de placas bipolares en el apilamiento es  $2n$ . En algunas otras realizaciones, dos celdas electroquímicas adyacentes en un apilamiento comparten una placa bipolar, es decir, si el apilamiento comprende  $n$  celdas, entonces el número total de placas bipolares en el apilamiento es  $(n + 1)$ . En tales realizaciones, una placa bipolar única puede tener características de campo de flujo en ambos lados de la placa; por ejemplo, un lado de la placa soporta el GDL de una celda y el otro lado soporta el GDL de una celda contigua.

De acuerdo con la invención, el apilamiento de celda comprende además transmisores de presión dispuestos en la entrada y salida del fluido reactivo. Los transmisores de presión están configurados para medir la presión del fluido reactivo en la entrada ("P<sub>entrada</sub>") y la presión en la salida ("P<sub>salida</sub>"), y para informar los valores de presión medidos a un sistema de control asociado con el apilamiento de celda electroquímica. EL apilamiento de celda incluye además uno o más dispositivos 105 de monitorización de voltaje, por ejemplo, voltímetros, para medir el voltaje total a través del apilamiento. En realizaciones seleccionadas, el apilamiento de celda puede comprender dispositivos de medición de voltaje adicionales para medir el voltaje a través de celdas individuales. Además, en algunas realizaciones, el apilamiento de celda puede comprender uno o más amperímetros 110 para medir la corriente a través de las celdas.

En realizaciones de ejemplo, el voltaje a través del apilamiento de celda ("V<sub>apilamiento</sub>") y la corriente a través de la celda "I<sub>apilamiento</sub>" se miden en tiempo real, como se muestra en la figura 2A. La señal medida se transmite al sistema de control, que puede ser una unidad remota. En realizaciones selectas, la señal se puede transmitir de forma inalámbrica al sistema de control remoto asociado con el apilamiento. De acuerdo con la invención, el sistema de control está configurado para generar un barrido de corriente lineal al comienzo de la vida útil ("BOL") del apilamiento de celda para establecer una línea base V-I característica del apilamiento, como se indica en la figura 2B. La curva V-I de la línea base se establece utilizando una relación predeterminada de P<sub>entrada</sub> y P<sub>salida</sub>. El sistema de control calcula la pendiente de la curva V-I, que proporciona la resistencia efectiva ("R<sub>eff</sub>") del apilamiento. "R<sub>eff</sub>" es la resistividad promedio de las celdas en el apilamiento, medida en ohms-cm<sup>2</sup>. "R<sub>eff</sub>" se puede calcular restando el voltaje Nernst de una celda del voltaje real a través de la celda. En realizaciones seleccionadas, R<sub>eff</sub> se mide de acuerdo con la ecuación (1) a continuación:

$$R_{\text{eff}} = \frac{\frac{V_{\text{apilamiento}}}{N_{\text{pila}}} - \frac{RT}{2F} \ln\left(\frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{entrada}}}\right)}{\frac{I_{\text{apilamiento}}}{AA_{\text{pila}}}} \quad (1)$$

En donde "N<sub>celda</sub>" es el número de celdas en el apilamiento; "T" es la temperatura de funcionamiento del apilamiento; "AA" es el área activa de la celda (que varía entre aproximadamente 10 cm<sup>2</sup> y aproximadamente 2000 cm<sup>2</sup>; típicamente, aproximadamente 250 cm<sup>2</sup>); "F" es la constante de Faraday (96485.3 Culombios/mol); "T" es la temperatura absoluta promedio del apilamiento (proporcionada en la unidad de medida de kelvin (K)); "R" es la constante de gas universal (8.31451J/mol K).

El barrido actual se puede repetir periódicamente, y la pendiente ("R<sub>eff</sub>") del apilamiento se puede calcular para cada repetición del barrido actual. El valor de la pendiente en un punto de tiempo particular se puede comparar con el valor de la pendiente en BOL, y se puede registrar la diferencia entre los dos valores ("ΔPendiente"). A medida que el apilamiento envejece, la pendiente de la curva V-I puede aumentar, lo que es una indicación directa de la degradación del rendimiento del apilamiento debido a diversas razones, tales como, cruce de combustible, impurezas en el combustible entrante, etc. El incremento en la pendiente de la curva V-I en efecto aumenta el valor de ΔPendiente.

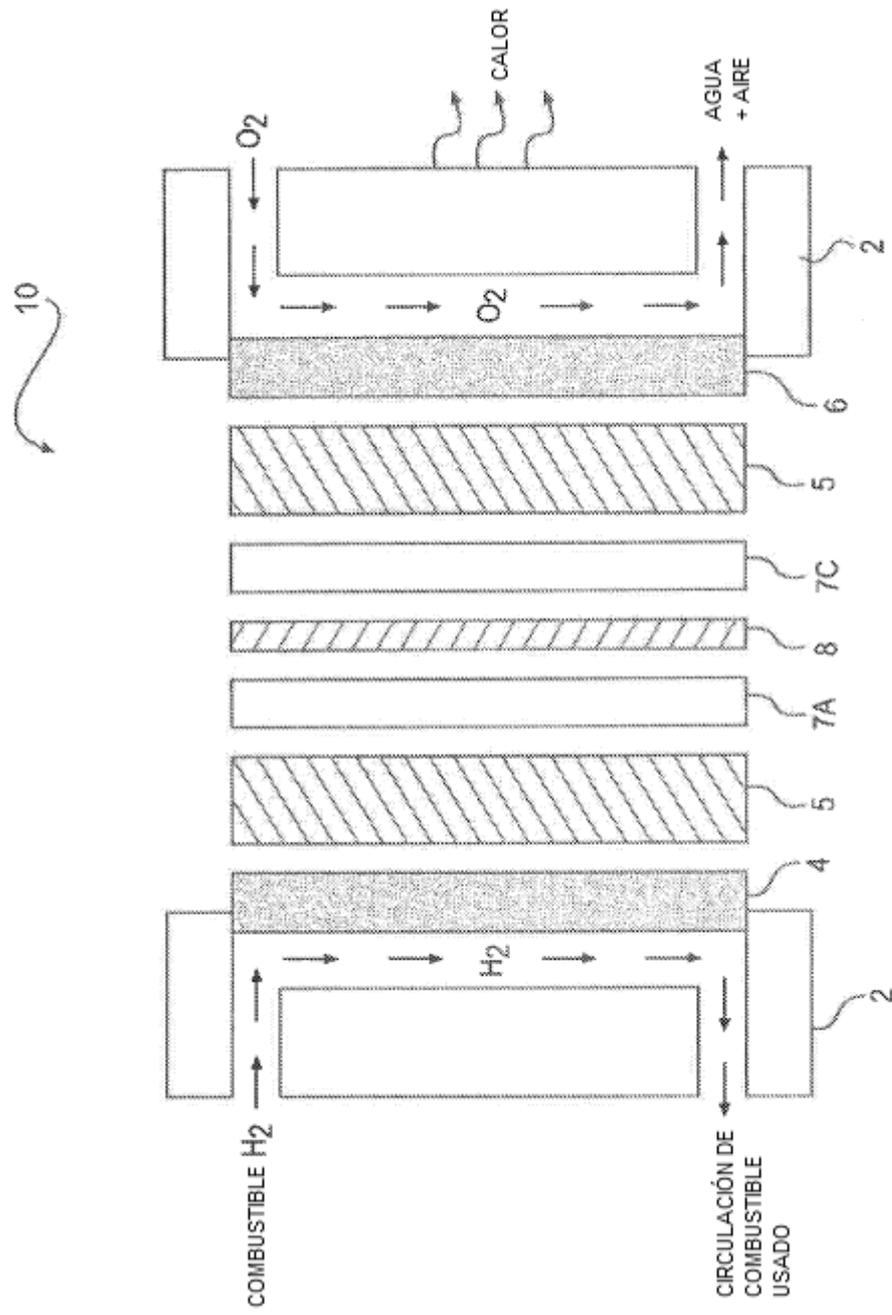
En realizaciones selectas, el sistema de control está configurado para medir el voltaje a un valor de corriente dado, en lugar de medir la pendiente de V-I. El aumento del voltaje a través del apilamiento ("ΔV") indica que la cantidad de voltaje requerido para suministrar una corriente dada aumenta, lo que a su vez apunta a la degradación del rendimiento del apilamiento. El valor de ΔPendiente (o ΔV) para cada medición puede entonces compararse con un valor de referencia predeterminado. Si la ΔPendiente (o ΔV) es mayor que el valor de referencia, entonces se pueden tomar medidas correctivas, por ejemplo, se puede activar una alarma para alertar al operador del apilamiento de posibles condiciones indeseables. En algunas realizaciones, el sistema de control se puede configurar para iniciar automáticamente acciones preventivas, por ejemplo, desencadenando el apagado del apilamiento, iniciando un ciclo de purga para limpiar automáticamente la línea de combustible entrante, etc. En realizaciones seleccionadas, el valor de referencia puede variar en tiempo para adaptarse a los cambios en los valores de ΔPendiente (o ΔV) debido a la degradación normal de la celda a lo largo del tiempo.

Otras realizaciones de la invención serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la consideración de la memoria descriptiva y la práctica de la invención divulgada en el presente documento. Se pretende que la especificación y los ejemplos se consideren únicamente a modo de ejemplo.

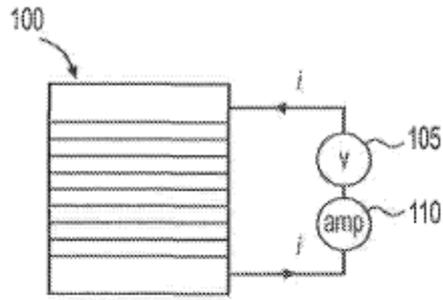
**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de celda electroquímica, que comprende:  
una celda electroquímica;  
un dispositivo de medición de voltaje adaptado para medir un voltaje a través de la celda; y
- 5 una unidad de control configurada para procesar señales de voltaje recibidas desde el dispositivo de medición de voltaje,  
en donde la unidad de control está configurada para:  
realizar un barrido de corriente lineal a través de la celda;  
generar una curva (V-I) de voltaje-corriente basada en el barrido de corriente lineal;
- 10 generar una curva V-I de línea base de la celda y calcular una pendiente de la curva V-I de línea base;  
generar una curva V-I de envejecimiento de la celda en cualquier punto de tiempo durante el funcionamiento de la celda y calcular una pendiente de la curva V-I de envejecimiento;  
calcular una diferencia de valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento; y
- 15 comparar la diferencia de valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento con un valor de referencia preestablecido;  
caracterizado porque el sistema comprende además transmisores de presión conectados a un canal de entrada de gas y un canal de salida de gas de la celda, estando configurados los transmisores de presión para medir la presión en la entrada ( $P_{\text{entrada}}$ ) y en la salida ( $P_{\text{salida}}$ ); la unidad de control está configurada para generar la curva V-I de línea base utilizando una relación predeterminada de presión del fluido reactivo en la entrada ( $P_{\text{entrada}}$ ) y la presión en la
- 20 salida ( $P_{\text{salida}}$ ); e  
iniciar automáticamente acciones correctivas si la diferencia en el valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento es mayor que el valor de referencia preestablecido.
- 25 2. El sistema de celda electroquímica de la reivindicación 1, en donde la unidad de control está configurada para alertar a un operador de la celda si la diferencia en el valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento es mayor que el valor de referencia preestablecido.
3. El sistema de celda electroquímica de la reivindicación 1, en donde la unidad de control está configurada para medir un voltaje requerido para suministrar una corriente dada a través de la celda al comienzo de la vida de la celda para establecer un valor de voltaje de línea base.
- 30 4. El sistema de celda electroquímica de la reivindicación 3, en donde la unidad de control está configurada para medir un voltaje requerido para suministrar una corriente dada a través de la celda en cualquier punto del tiempo durante el funcionamiento de la celda para establecer un valor de voltaje envejecido.
5. El sistema de celda electroquímica de la reivindicación 4, en donde la unidad de control está configurada para calcular la diferencia entre el valor de voltaje de línea base y el valor de voltaje envejecido y para alertar a un operador de la celda si la diferencia en el valor es mayor que un valor de referencia preestablecido.
- 35 6. El sistema de celda electroquímica de la reivindicación 1, en donde la celda electroquímica es un compresor de hidrógeno electroquímico.
7. El sistema de celda electroquímica de la reivindicación 1, en donde al menos una de las acciones correctivas comprende iniciar un ciclo de purga para limpiar automáticamente una línea de combustible entrante del sistema de celda electroquímica.
- 40 8. El sistema de celda electroquímica de la reivindicación 1, en donde el valor de referencia se varía con el tiempo para adaptarse a los cambios en la diferencia en los valores de pendiente debidos a la degradación normal de las celdas con el tiempo.
9. Un método para monitorización de una celda electroquímica, que comprende:  
realizar un barrido de corriente lineal a través de la celda;
- 45 generar una curva (V-I) de voltaje-corriente de línea base de la celda y calcular una pendiente de la curva V-I de la línea base;

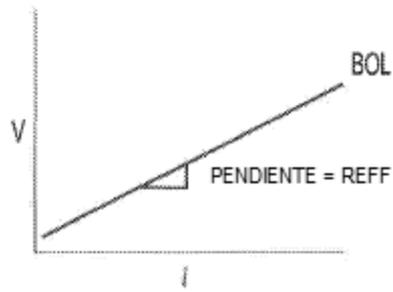
- generar una curva V-I de envejecimiento de la celda en cualquier punto de tiempo durante el funcionamiento de la celda y calcular una pendiente de la curva V-I de envejecimiento;
- calcular una diferencia en el valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento; y
- 5    comparar la diferencia en el valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento con un valor de referencia preestablecido;
- siendo el método caracterizado por
- medir la presión ( $P_{\text{entrada}}$ ) en un canal de entrada de gas de la celda, y medir la presión ( $P_{\text{salida}}$ ) en un canal de salida de gas de la celda;
- 10   generar la curva (V-I) de voltaje-corriente de línea base de la celda en una relación predeterminada de las presiones de entrada y salida;
- e
- iniciar acciones correctivas automáticas si la diferencia de valor entre las pendientes de la curva V-I de la línea base y la curva de V-I de envejecimiento es mayor que el valor de referencia preestablecido.
- 15    10. El método de la reivindicación 9, que comprende además alertar a un operador de la celda si la diferencia de valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento es mayor que el valor de referencia preestablecido.
11. El método de la reivindicación 9, que comprende además cerrar la celda electroquímica si la diferencia de valor entre las pendientes de la curva V-I de línea base y la curva V-I de envejecimiento es mayor que el valor de referencia preestablecido.
- 20    12. Un método de monitorización de una celda electroquímica, que comprende:
- medir un voltaje requerido para suministrar una corriente dada a través de la celda al comienzo de la vida de la celda para establecer un voltaje de línea base;
- 25    medir un voltaje requerido para suministrar una corriente dada a través de la celda en cualquier momento durante el funcionamiento de la celda para establecer un voltaje envejecido;
- calcular una diferencia entre el voltaje de línea base y el voltaje envejecido; y
- comparar la diferencia de valor entre el voltaje de línea base y el voltaje envejecido con un valor de referencia preestablecido;
- siendo caracterizado el método por
- 30    medir la presión ( $P_{\text{entrada}}$ ) en un canal de entrada de gas de la celda, y medir la presión ( $P_{\text{salida}}$ ) en un canal de salida de gas de la celda;
- establecer la curva (V-I) de voltaje-corriente de la celda en una relación predeterminada de las presiones de entrada y salida;
- e
- 35    iniciar acciones correctivas automáticas si la diferencia de valor entre el voltaje de línea base y el voltaje envejecido es mayor que el valor de referencia preestablecido.
13. El método de la reivindicación 12, que comprende además alertar a un operador de la celda si la diferencia en el valor entre el voltaje de línea base y el voltaje de envejecimiento es mayor que el valor de referencia preestablecido.
- 40    14. El método de la reivindicación 12, que comprende además apagar la celda electroquímica si la diferencia de valor entre el voltaje de línea base y el voltaje envejecido es mayor que el valor de referencia preestablecido.



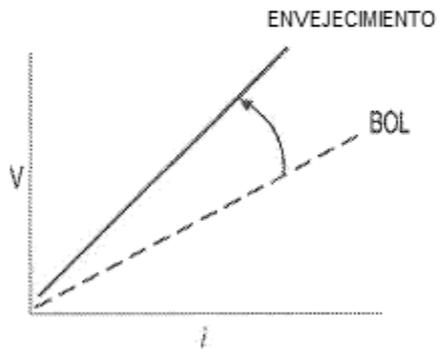
**FIG. 1**



**FIG. 2A**



**FIG. 2B**



**FIG. 2C**