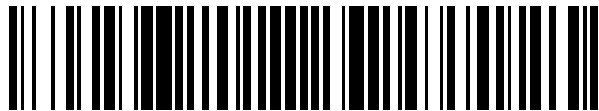


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 303**

21 Número de solicitud: 201430656

51 Int. Cl.:

**H01M 8/24** (2006.01)

**H01M 8/04** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**06.05.2014**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**07.12.2015**

Fecha de la concesión:

**28.06.2016**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**05.07.2016**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2015/000061**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE HUELVA (100.0%)  
C/ Dr. Cantero Cuadrado, 6  
21071 HUELVA (Huelva) ES**

72 Inventor/es:

**ANDÚJAR MÁRQUEZ, José Manuel y  
SEGURA MANZANO, Francisca**

74 Agente/Representante:

**TEMIÑO CENICEROS, Ignacio**

54 Título: **SISTEMA DE GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA**

57 Resumen:

Sistema de generación de potencia eléctrica que posee una serie de módulos (1) de apilamiento de celdas tipo PEM, alimentados por una fuente de hidrógeno (8), cuya presión debe regularse preferentemente a presión casi ambiente. Comprende también un subsistema de control y monitorización de cada apilamiento, que puede activarlos y desactivarlos individualmente.

El subsistema de control y monitorización puede monitorizar los módulos mediante la recepción, por cada módulo, de la señal de un amperímetro, un voltímetro del apilamiento y un subsistema de detección de tensión de celda por cada celda del apilamiento del módulo. Esta recepción se puede hacer en un primer nivel del subsistema de control y monitorización, por medio de controladores locales por cada módulo, los cuales son coordinados en un nivel superior por una única unidad de control superior. Un subsistema de gestión de celda verificará a partir de estas señales que la celda no sufre corrientes de corrosión.

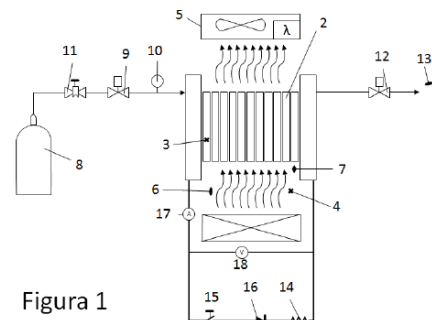


Figura 1

ES 2 553 303 B1

DESCRIPCION

**SISTEMA DE GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA**

**SECTOR DE LA TÉCNICA**

- 5 La presente invención se refiere a un sistema de generación de potencia eléctrica regulada, modular y no contaminante, basado en la implementación modular de apilamientos de celdas de combustible tipo PEM alimentadas por hidrógeno, junto con sistemas de instrumentación, control y monitorización incluidos.
- 10 Es de aplicación en el sector de la generación de electricidad.

**ESTADO DE LA TÉCNICA**

- 15 El funcionamiento de las celdas de membrana de intercambio protónico (PEM) apiladas para generar energía eléctrica a partir de hidrógeno sufre de problemas que las deterioran, lo cual origina que su tiempo de vida sea relativamente corto (por término medio entre 4.000 y 5.000 horas).

- 20 Las celdas PEM conocidas se refrigeran por agua y requieren un suministro de hidrógeno a presión muy alta (5-10 bares), que sólo en algunos diseños es capaz de reducirse a 2 bares. La refrigeración por agua requiere un mecanismo de gestión térmica complejo, voluminoso, pesado y caro. El agua no es sólo el producto de la reacción electroquímica del apilamiento, sino también es crítica para garantizar un funcionamiento eficaz y estable. Por lo tanto, simplificando el sistema de gestión térmica, se reducirían los costes y la complejidad.

- 25 En cuanto a la alimentación de hidrógeno a altas presiones, implica un mayor coste de diseño así como mayor riesgo de fuga y explosión.

- 30 Igualmente, los sistemas de generación de energía eléctrica mediante apilamiento de celdas de combustible conocidos son elementos de gestión rígida, en cuanto no permiten variar su capacidad de forma rápida, produciéndose en ocasiones sobrecargas que dañan las celdas.

- 35 No se conoce tampoco ningún sistema que permita gestionar las horas de funcionamiento de los diferentes apilamientos, distribuyendo la generación de electricidad para reducir las probabilidades de deterioro o agotamiento del tiempo de vida operativo.

## BREVE EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

La invención consiste en un sistema de generación de potencia eléctrica, que produce potencia eléctrica regulada directamente a partir de hidrógeno mediante una reacción electroquímica, que es intrínsecamente más eficiente que la combustión y reduce al mínimo los efectos adversos asociados al proceso de combustión (entre otros, ruido excesivo, emisiones contaminantes y mantenimiento). El sistema puede funcionar de forma continua (24h/día durante 365 días al año), esto es, durante todo el tiempo que el hidrógeno le sea suministrado, por lo que al contrario de otras fuentes de energía renovable, la producción de energía eléctrica del sistema objeto de la invención es independiente de las condiciones climatológicas.

El sistema comprende una serie de módulos, de forma que puede funcionar con el número de ellos que requiera en cada momento, lo cual le permite generar a su salida una potencia regulada en el rango desde 0 hasta " $n \cdot p$ ", siendo " $n$ " el número de módulos y " $p$ " la potencia de cada uno de ellos supuestos todos iguales. Si así no fuera, se podría tener desde 0 hasta  $(p_1 + p_2 + \dots + p_n)$ .

Con objeto de aumentar su tiempo de vida, el sistema objeto de la invención monitoriza cada una de sus celdas (medidas de tensión y corriente) para, mediante el sistema de control que lleva incorporado, gestionar y mitigar su envejecimiento.

El sistema desarrollado tiene además dos características adicionales que lo hacen especialmente simple: es refrigerado por aire y no requiere alta presión de suministro de hidrógeno, ya que de hecho puede funcionar a presión ambiente (similar a 1 bar). Para ello, los platos bipolares que delimitan cada celda del apilamiento se realizarán de forma adecuada, con canales mecanizados cuya configuración geométrica y diámetro permitirán esta baja presión.

La primera de las características permite que no existan partes móviles ni líquidas en el sistema de refrigeración, facilitando y simplificando su integración. La segunda aporta seguridad al sistema al no ser necesario trabajar con altas presiones de hidrógeno. Ambas características aportan reducción de volúmenes, pesos y costes y simplifican el diseño.

La invención es, por lo tanto, un sistema de generación de potencia eléctrica con una serie de módulos, como mínimo dos, pero preferentemente más, cada uno con un apilamiento de

celdas de membrana de intercambio protónico (PEM) y otros subsistemas necesarios, individuales o compartidos por varios apilamientos. El conjunto de módulos es alimentado por una fuente de hidrógeno o varias, que forman parte de un subsistema de hidrógeno (preferentemente a presión casi ambiente (próxima a 1 bar) y con una línea de purga).

5

El sistema de la invención comprende un subsistema de control y monitorización de cada módulo, que los controla, pudiendo activar y desactivarlos individualmente.

10 Como se ha reseñado, cada módulo puede tener la misma potencia, con lo que se facilita la gestión, o potencias diferentes, lo cual aporta flexibilidad para activar los módulos en su potencia nominal cuando la carga eléctrica requiera niveles de potencia inferiores a la máxima.

15 El subsistema de control y monitorización puede monitorizar cada apilamiento de cada módulo mediante la recepción, por cada apilamiento, de la señal de un amperímetro y un voltímetro, así como un sistema de detección de tensión de celda por cada celda del apilamiento. Esta recepción se puede hacer en un primer nivel del subsistema de control y monitorización, por medio de controladores locales por cada módulo, los cuales son coordinados en un nivel superior por una única unidad de control superior.

20 El sistema de detección de tensión de celda se comunicará, a través del subsistema de control y monitorización, con un sistema de gestión de celda, capaz de detectar su funcionamiento anómalo para actuar en consecuencia, por ejemplo comunicándolo a la unidad de control superior.

25 Preferentemente, el subsistema de control y monitorización es accesible en línea, ya sea por una red local o por internet.

30 Más preferentemente, cuando la exigencia de potencia sea inferior a la máxima, la unidad de control superior distribuirá homogéneamente las horas de funcionamiento entre todos los módulos para que el envejecimiento de sus apilamientos sea similar.

Es preferido que los módulos posean sus respectivos subsistemas de oxigenación/refrigeración que aporten aire a las celdas, con la doble función de refrigerante y de aporte de oxígeno al cátodo.

35

El sistema se complementa de un simulador del funcionamiento (no lineal) del sistema. Preferiblemente éste será capaz de simular fallos y averías.

## **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

5

Para una mejor comprensión de la invención, se incluyen las siguientes figuras.

Figura 1: representa un esquema de un módulo, el cual comprende el apilamiento de celdas y los subsistemas de oxigenación/refrigeración, de hidrógeno y eléctrico.

10

Figura 2: representa el esquema general del subsistema de control y monitorización para cada módulo y del sistema completo.

15

Figura 3: representa un esquema de conexión para el caso en que se emplee un subsistema acondicionador con múltiples entradas.

## **MODOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION**

20

A continuación se pasa a describir de manera breve un modo de realización de la invención, como ejemplo ilustrativo y no limitativo de ésta.

25

El sistema de la invención parte de una serie de módulos (1) que constan de apilamientos de celdas (2) de membrana de intercambio protónico (PEM), preferiblemente refrigerados por aire para evitar la necesidad de humidificación externa, además de los correspondientes subsistemas de oxigenación/refrigeración, de hidrógeno y eléctrico. En esencia, cada módulo (1) está conformado por un esquema similar al de la Figura 1, aunque pueden compartir elementos, así por ejemplo, la fuente de hidrógeno (8) puede ser compartida por todos o parte de los módulos (1).

30

La refrigeración por aire se realiza por medio de un subsistema de oxigenación/refrigeración, que por un lado aporta el oxígeno del aire al cátodo, y por otro se encarga de refrigerar el apilamiento de celdas.

35

La cantidad de aire inyectada al apilamiento de celdas debe ser tal que garantice que trabaja en su temperatura óptima de funcionamiento. Para ello requiere un sensor de temperatura

de funcionamiento (3) de cada apilamiento de celdas (2), un sensor de temperatura del aire (4) entrante, y un sistema de ventilación (5) o extracción de aire con capacidad de ajustar el flujo de aire inyectado o extraído de cada apilamiento de celdas, y modificar la relación entre el volumen de aire aspirado y el volumen teóricamente necesario para una correcta reacción (parámetro  $\lambda$ ).

Preferentemente incorporará un sensor de oxígeno (6), que mandará información al sistema de control descrito más abajo para evitar situaciones de baja concentración de oxígeno en la atmósfera circundante, y por lo tanto insuficiencia de oxidante en el cátodo de cada celda del apilamiento, y un sensor de humedad relativa (7) para evitar condiciones ambientales extremas.

La alimentación de hidrógeno al ánodo de cada celda (2) del apilamiento se realiza por el subsistema de hidrógeno. Éste comprende una fuente de hidrógeno (8), y una línea de conducción a cada apilamiento de celdas (2), con sus válvulas (9) de suministro, manómetros (10) y reguladores de presión (11) para su control. La fuente de hidrógeno (8) puede ser individual o compartida por todos o parte de los módulos (1). El regulador de presión (11) será necesario cuando haya que regular la alta presión del hidrógeno almacenado en la botella a la baja presión de suministro, pero no es necesario si la fuente de hidrógeno (8) aporta ya el hidrógeno a la presión requerida.

El hidrógeno debe ser suministrado al ánodo de cada módulo de apilamiento de celdas a la presión y flujo correspondiente. En la práctica, no todo el hidrógeno que entra en cada ánodo se consume. En los ánodos se va acumulando vapor de agua, nitrógeno y otros gases inertes, por lo que es recomendable purgarlos periódicamente.

Por ello, normalmente se instalarán dos líneas de hidrógeno: una para la entrada de éste en cada apilamiento y otra para la purga del mismo. En la línea de salida o purga de cada apilamiento de celdas se necesita una válvula de purga (12) para expulsar el hidrógeno no usado junto con los gases inertes al medio circundante. Además, es deseable añadir un sensor de hidrógeno (13) para evitar concentraciones en el aire circundante que supongan riesgo por estar dentro de los límites considerados en atmósfera explosiva (inferior a la cuarta parte del límite de inflamabilidad inferior).

El aprovechamiento de la potencia eléctrica generada por cada apilamiento (2) se lleva a cabo mediante el subsistema eléctrico. Este subsistema conecta el apilamiento de celdas a

una carga eléctrica (14), disponiendo un contactor (15) por apilamiento para aislarlo de la carga eléctrica (14) y un diodo (16) de bloqueo para evitar corrientes inversas que puedan dañar el apilamiento.

5 Como medidas de protección del apilamiento de celdas (2), éste puede disponer también de un amperímetro del apilamiento (17) y un voltímetro del apilamiento (18), que se conecta a los terminales eléctricos de cada apilamiento de celdas (2), así como un subsistema de monitorización de la tensión de cada celda individualmente (no representado) conectado a todas las celdas del apilamiento.

10

El sistema de monitorización de celda vigila que ninguna celda entre en operación inversa, lo cual la dañaría significativamente. Por su parte, el amperímetro y el voltímetro del apilamiento de celdas (17,18) permiten al subsistema de control y monitorización tener información y actuar para que cada apilamiento, diseñado para operar dentro de un rango de valores de corriente y tensión, no se degrade si se sobrepasan estos rangos.

15

Además, la combinación del voltímetro del apilamiento (18) de celdas y el subsistema de detección de tensión de celda garantizan que ninguna de las celdas que conforman cada apilamiento opere en situación inversa, con una tensión igual o inferior a cero voltios.

20

Cada módulo (1) poseerá una batería (no representada) para la alimentación de los diferentes elementos del mismo en el arranque del módulo. Esta batería podrá ser recargada con parte de la potencia generada por el propio módulo.

25 La invención puede comprender igualmente un subsistema de control y monitorización, que garantiza el óptimo funcionamiento del sistema. Para ello controlará los módulos (1) de los que se componga el sistema, con objeto de que éstos estén activos en función de la demanda solicitada por la carga y de su estado de uso. Esto traerá los beneficios siguientes:

30 • Cada módulo sólo estará activo cuando la carga lo demande, lo cual redundará en un menor número de horas de funcionamiento y, por tanto, en una mayor duración global del sistema, prolongando su tiempo de vida, fundamentalmente de su apilamiento de celdas.

35 • Cada módulo funcionará a potencia nominal, lo cual supondrá un mejor rendimiento y aprovechamiento de cada tiempo de funcionamiento.

- Los módulos podrán funcionar un número de horas similar, con lo cual el desgaste natural del sistema, fundamentalmente del apilamiento de celdas de cada módulo, será equilibrado.

5       • Los módulos pueden ser no sólo puestos en marcha bajo demanda, sino también interconectados según requerimientos.

10       • En el caso de que algún módulo se deteriore, con mayor probabilidad su apilamiento de celdas, el sistema podrá funcionar con el resto, siempre que la potencia máxima requerida no sobrepase la disponible.

Con este subsistema de control y monitorización, el sistema objeto de la invención suministra una potencia regulada en el rango desde 0 a hasta " $n \cdot p$ ", siendo " $n$ " el número de módulos y " $p$ " la potencia de cada uno de ellos, supuestos todos iguales. Si así no fuera se  
15       podría tener desde 0 hasta  $(p_1 + p_2 + \dots + p_n)$ .

El elemento de control se configura en dos niveles: un primer nivel constituido por los controladores locales (20) de cada módulo (1), que controlan los subsistemas de oxigenación/refrigeración, de hidrógeno y eléctrico y su acondicionador de potencia, y una  
20       unidad de control superior (21) que supervisa y gobierna cada controlador local (20) de acuerdo a los requisitos generales del sistema.

La unidad de control superior (21), en función de los requerimientos solicitados al sistema, conectará o desconectará cada módulo (1) de la línea de suministro de hidrógeno y de la  
25       línea de conexión eléctrica a la carga.

En lo referente a la monitorización, este subsistema de control y monitorización mide todas las variables de interés, las almacena para su consulta por el usuario y las suministra al control. Por otro lado, permite el acceso en línea (refiriéndonos a acceso en tiempo real a  
30       través de la red-Internet (23) y/o red local-mediante una aplicación informática como un instrumento virtual) al sistema. Además, la monitorización del sistema se completa con la visualización de alarmas a través de la aplicación informática (22), la cual avisará al usuario de situaciones anómalas (exceso o defecto de presión o temperatura, demanda excesiva de corriente, tensión de funcionamiento reducida, etc.).

35



La potencia eléctrica que se genera en cada módulo (1) puede no poseer la calidad necesaria para alimentar a la carga eléctrica (14), por lo que se puede intercalar en paralelo, entre el apilamiento de celdas (2) y la carga (14), un subsistema acondicionador de potencia eléctrica (24) que garantice que la salida eléctrica de cada módulo (o del sistema completo de la Figura 2, según las conexiones posibles para los módulos que se describen más adelante) sea una potencia eléctrica regulada apta para alimentar cualquier carga eléctrica. Esta regulación podrá ser DC/DC o incluir una inversión DC/AC.

Este subsistema es de diseño específico para el sistema objeto de la invención, ya que ha de gobernar la salida eléctrica de cada módulo para poder suministrar en todo momento los requerimientos cambiantes de potencia eléctrica regulada demandados por la carga.

Para el subsistema acondicionador de potencia eléctrica (24) se pueden aplicar diferentes configuraciones básicas de conexión de pilas o módulos : en serie, en paralelo, en serie/paralelo y conectadas a un subsistema acondicionador con múltiples entradas. Cada una con las ventajas conocidas por un experto en la materia. Para el sistema en serie, se obtiene mayor tensión de salida y la misma corriente en todas las celdas. El sistema en paralelo permite que sólo trabaje un módulo. El sistema serie/paralelo permite diferentes configuraciones de tensión y corriente de salida, mientras que un subsistema con entradas diferentes (Figura 3) permite que trabajen uno o más módulos, cada uno en un punto de operación diferente. En esta figura sólo se han representado dos apilamientos, pero puede aplicarse a cualquier otro número.

Para controlar los efectos de deterioro de los módulos (fundamentalmente sus apilamientos de celdas), se complementará con un subsistema de gestión de celdas para la monitorización y control de los diferentes efectos que contribuyen al deterioro de los apilamientos y, por ende, de los módulos que los contienen. Este subsistema trabaja a partir de los datos suministrados por el subsistema de control y monitorización. A modo de ejemplo del interés de este subsistema, se puede mencionar que la corriente de corrosión en las celdas que forman cada apilamiento puede originar una reducción de la tensión de celda, llegando incluso a 0 V. Esto supone un grave problema para la celda afectada que puede llevarla a un deterioro irreversible. Sin embargo, la reducción de la tensión de celda puede estar originada por un efecto no nocivo, como es la alta demanda de corriente en la carga. Esto tiene que ser capaz de detectarlo el subsistema de gestión de celdas.

Este subsistema de diseño específico es capaz de detectar si la reducción de la tensión de celda es originada por un efecto nocivo que hay que evitar o por otro que desaparece en el tiempo sin causar daños.

5 Si el diseño y control de los diferentes subsistemas que complementan al apilamiento de celdas de cada módulo no se hace de forma correcta, o no se conocen con detalle los posibles efectos adversos, la tensión de celda puede disminuir hasta en 0,8 V. Sabiendo que la tensión máxima de una celda (tensión en circuito abierto) es de 1 V y la mínima (tensión a plena carga = máxima potencia) de 0,5 V; el deterioro de varias celdas en un mismo  
10 apilamiento tiene efectos negativos significativos en su comportamiento eléctrico. Las dos principales causas de deterioro que contribuyen a la pérdida de 0,8 V/celda son la corrosión del carbón que se emplea para depositar el catalizador y la inanición de combustible.

La primera se debe a que en una celda de combustible tipo PEM, en la estructura Electrolito-Membrana-Electrolito, el catalizador que favorece la disociación del hidrógeno está  
15 suspendido en una fina capa de carbono que cubre a la membrana por ambos lados. Cuando esta capa de carbono desaparece (como consecuencia de la reacción del mismo con agua para formar CO<sub>2</sub>, iones H<sup>+</sup> y electrones), la interfaz hidrógeno-oxígeno (en lo sucesivo hidrógeno-aire ya que el oxígeno con el que reacciona la celda de combustible  
20 procede directamente del aire circundante) que existe en la membrana, se convierte en oxígeno-oxígeno (en lo sucesivo aire-aire). En este caso se generan dos zonas de diferente tensión y por tanto una corriente denominada corriente de corrosión. Esta corriente de corrosión aparece durante el arranque de la pila (degradación por arranque/parada), y también aparece si hay pérdidas de combustible, o si la válvula de suministro o la válvula de purga tienen fugas.

25 La corriente de corrosión tiene también el efecto de consumir el carbono de la capa catalizadora.

El subsistema de gestión de celdas deberá detectar que se ha producido regiones aire-aire  
30 para permitir la actuación correctora. Para ello detecta que la tensión producida por la celda es inferior a la teórica, por la presencia de las dos regiones aire-aire e hidrógeno-aire. Así, en caso de existencia de corrientes de corrosión, la tensión de celda será de 0,2V o similar en vez de aproximadamente 1V. En cambio, si hay fugas de combustible en la válvula, la celda producirá tensión con la válvula de hidrógeno cerrada, incluso tras consumirse  
35 completamente los remanentes de hidrógeno que puedan quedar en el circuito (aproximadamente 30 minutos).

En el caso de arranque de la celda tras estar un tiempo parada, hasta haberse consumido el remanente de hidrógeno, las corrientes de corrosión de arranque/parada serán inevitables, por lo que el sistema deberá reconocer que éste es el caso.

5

La inanición o falta de combustible provoca un efecto similar a las corrientes de corrosión sobre una celda de combustible. Cuando no existe suficiente hidrógeno con el que reaccionar, éste es sustituido por el carbono de la capa catalizadora, de forma que el carbono reacciona con el agua para generar protones y electrones, con el fin de abastecer la demanda de la carga. En esta situación, la tensión de celda puede bajar por debajo de 0 V, llegando a una situación inversa irreversible que supondrá la inhabilitación definitiva de la misma.

10

Para la implementación del subsistema de gestión de celdas, se ha desarrollado un equipo de medida formado por el sistema de detección de tensión de celda, que no es objeto de la invención. El conexionado con cada módulo junto con el desarrollo del instrumento virtual para la monitorización no forman parte de la invención.

15

Es especialmente interesante complementar la invención con un equipo de simulación implementado por medio de hardware y/o software, que puede funcionar tanto a nivel de módulo (1) como de sistema completo (correspondiente a la Figura 2), y que permite replicar el funcionamiento real (no lineal) del sistema objeto de la invención, y que además permita simular fallos y averías. Esto proporciona al simulador unas posibilidades de gran valor: formativas, de seguridad, de ahorro de costes, etc.; dotando además al sistema objeto de la invención de un gran valor añadido.

20

25

El procedimiento de operación se inicia con el inicio de la alimentación eléctrica: encendido y ajuste de la batería, posteriormente el ajuste de hidrógeno, apertura de válvula (9) de suministro y su caudal. Finalmente el ajuste del subsistema de oxigenación/refrigeración, fijando el parámetro  $\lambda$ .

30

Durante el funcionamiento y generación de potencia eléctrica, los sensores realizan chequeos continuos, cuyo resultado podrá llevar al subsistema de control y monitorización a la activación de las alarmas e incluso al apagado por fallo, con lo que se activaría un módulo (1) inactivo, en caso de existir alguno, para suministrar la potencia que falte.

35

El apagado de los módulos (1) se realiza con el cierre de las válvulas y actuadores correspondientes, de forma que la detección de una condición anómala igualmente conllevaría la activación de alarmas.

**REIVINDICACIONES**

- 1- Sistema de generación de potencia eléctrica caracterizado por que comprende al menos dos módulos (1) de apilamientos de celdas (2) de membrana de intercambio protónico (PEM), alimentados por al menos una fuente de hidrógeno (8), de un subsistema de hidrógeno, y por que dispone de un subsistema de control y monitorización de cada módulo (1) y cada apilamiento, que controla los módulos (1) y con capacidad de activar y desactivar los módulos (1) individualmente.
- 2- Sistema de generación de potencia eléctrica, según la reivindicación 1, caracterizado porque cada módulo (1) tiene una potencia diferente.
- 3- Sistema de generación de potencia eléctrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el subsistema de control y monitorización recibe de cada módulo (1) la señal de un amperímetro del apilamiento (17) y de un voltímetro del apilamiento (18) así como de un subsistema de detección de tensión de celda en cada una de las celdas (2) del apilamiento.
- 4- Sistema de generación de potencia eléctrica, según la reivindicación 3, caracterizado por que el sistema de detección de tensión de celda está comunicado con un sistema de gestión de celda, capaz de detectar el funcionamiento anómalo de la celda y avisar al subsistema de control y monitorización.
- 5- Sistema de generación de potencia eléctrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el subsistema de control y monitorización posee un primer nivel formado por un controlador local (20) por cada módulo y un nivel superior formado por una unidad de control superior (21) que coordina los controladores locales (20).
- 6- Sistema de generación de potencia eléctrica, cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el subsistema de control y monitorización es accesible en línea.
- 7- Sistema de generación de potencia eléctrica, cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el subsistema de control y monitorización distribuye homogéneamente las horas de funcionamiento entre todos los módulos (1) cuando la potencia solicitada es inferior a la máxima.

8- Sistema de generación de potencia eléctrica, cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los módulos (1) comprenden un subsistema de oxigenación/refrigeración que aporta aire a las celdas (2) como refrigerante y como aporte de oxígeno al cátodo.

9- Sistema de generación de potencia eléctrica, cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el subsistema de hidrógeno aporta hidrógeno a presión ambiente a las celdas (2).

10

10- Sistema de generación de potencia eléctrica, cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el subsistema de hidrógeno comprende una línea de purga del módulo (1).

15

11- Sistema de generación de potencia eléctrica, cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende un equipo de simulación para replicar el funcionamiento de dicho sistema.

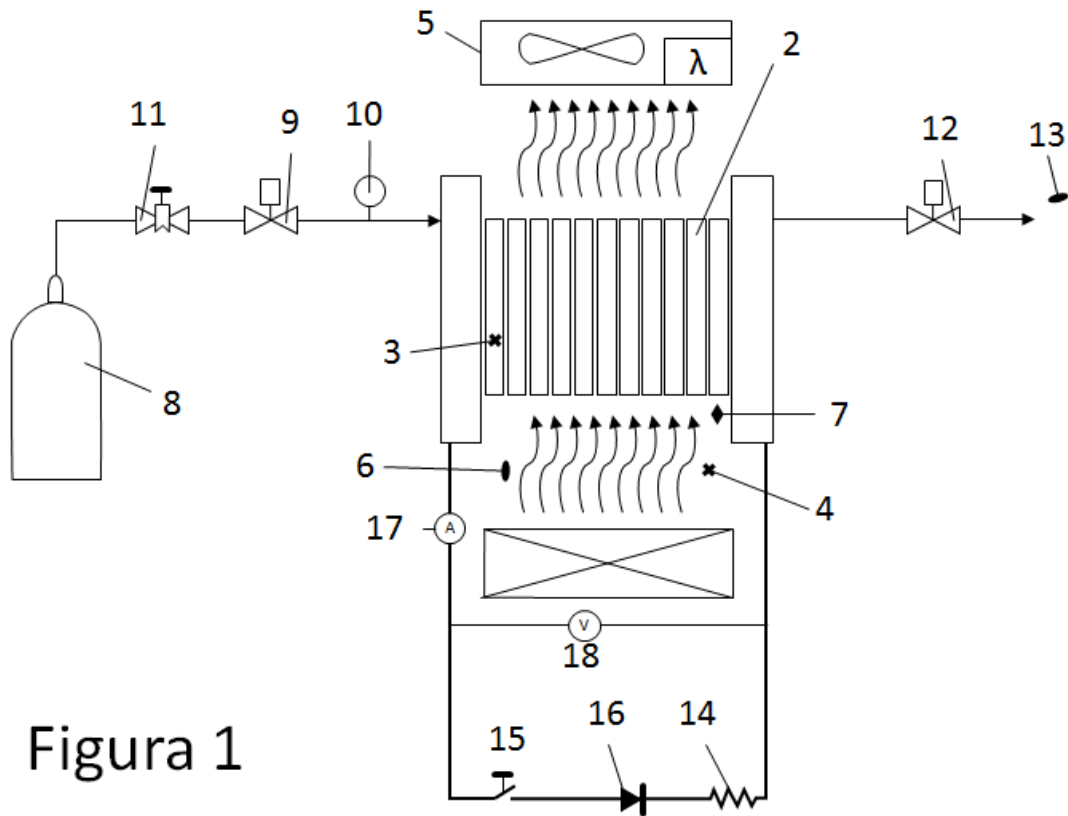


Figura 1

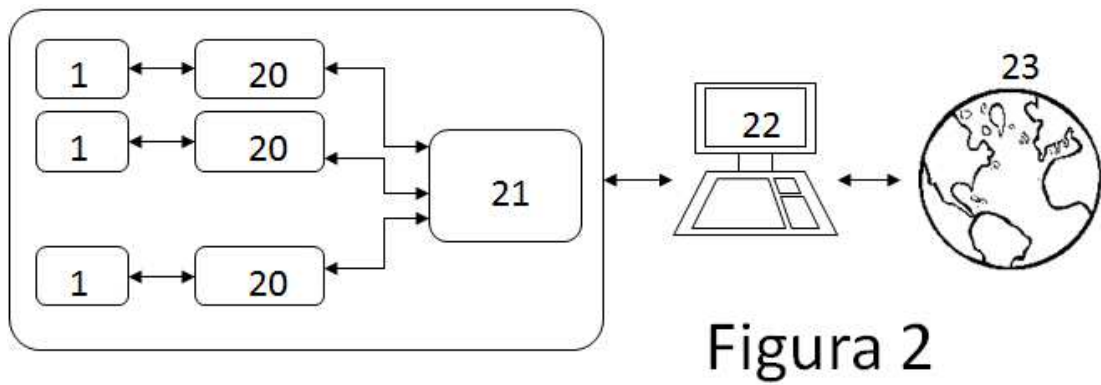


Figura 2

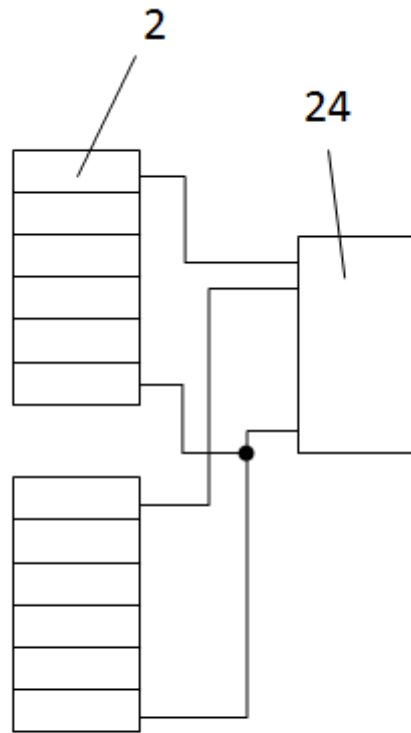


Figura 3