

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 653 677**

51 Int. Cl.:

**H01M 8/0656** (2006.01)  
**H01M** (2006.01)  
**H01M** (2006.01)  
**H01M 8/0438** (2006.01)  
**H01M** (2006.01)  
**H01M** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2011 PCT/IB2011/000130**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2011 WO11092579**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2011 E 11709462 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 2529440**

54 Título: **Gestión del funcionamiento de un sistema para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno e hidrógeno a partir de energía eléctrica**

30 Prioridad:

**28.01.2010 IT TO20100057**

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

**08.02.2018**

73 Titular/es:

**ELECTRO POWER SYSTEMS MANUFACTURING  
S.R.L. (100.0%)  
Piazza Del Tricolore 4  
20129 Milano , IT**

72 Inventor/es:

**CHERCHI, PIERPAOLO;  
BALDINI, LUCA;  
SILVINI, SIMONE y  
GIANOLIO, GIUSEPPE**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 653 677 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

Gestión del funcionamiento de un sistema para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno e hidrógeno a partir de energía eléctrica

5

**Campo técnico de la invención**

La presente invención se refiere a la gestión del funcionamiento de un sistema para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno por medio de células de combustible (generador eléctrico) e hidrógeno a partir de energía eléctrica por medio de células electrolíticas (electrolizador). Sistemas similares se describen en la patente

10

**Estado de la técnica**

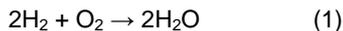
Es sabido que las células de combustible son una de las soluciones más prometedoras desde el punto de vista tecnológico con respecto al uso del hidrógeno como portador de energía. Se trata de dispositivos que, mediante el aprovechamiento de una reacción electroquímica, pueden convertir la energía química en energía eléctrica. De manera simultánea dos medias reacciones tienen lugar en una sola célula de combustible, en el ánodo y en el cátodo, de forma respectiva. El ánodo y el cátodo de una célula de combustible se encuentran separados entre sí por medio de un electrólito que, por lo general, consiste en un polímero con grupos sulfonato conductores de protones, los lados opuestos del cual están recubiertos con una capa especial de una mezcla catalítica (por ejemplo, de platino). El electrólito, por lo general, se satura con un líquido iónico (por ejemplo, agua) para que los iones hidrógeno puedan atravesar el mismo desde el ánodo hasta el cátodo.

15

20

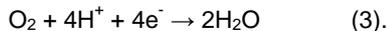
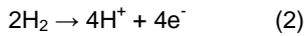
La reacción global que se lleva a cabo en una célula de combustible es:

25



que va acompañada de generación de calor y energía eléctrica y se deriva de la suma de dos medias reacciones que ocurren en el ánodo y en el cátodo, de forma respectiva:

30



35

Entonces se alimenta hidrógeno al ánodo y se difunde al interior del recubrimiento catalítico y se disocia en iones hidrógeno y electrones que, debido a que la membrana es impermeable, se desplazan hacia el cátodo a través de un circuito eléctrico externo, generando de ese modo una corriente eléctrica y la correspondiente diferencia de potencial. Una mezcla de gas que contiene oxígeno se alimenta al cátodo y reacciona con los iones hidrógeno que han atravesado el electrólito y los electrones procedentes del circuito eléctrico externo.

40

Es necesario que los gases reactantes se humidifiquen debido a que el paso de los protones través de la membrana polimérica se realiza específicamente gracias a las moléculas de agua: un grado de humedad demasiado bajo da lugar a que los protones pasen con mayor dificultad desde el compartimento del ánodo hasta el compartimento del cátodo, con la consecuente disminución del desempeño de la célula de combustible, mientras que un grado de humedad demasiado alto se condensa para dar un estado líquido, con la consecuente oclusión de las zonas catalíticas y la disminución del desempeño de la célula de combustible.

45

Debido a que la reacción (1) está asociada con la generación de un voltaje eléctrico máximo y bien definido, varias células de combustible se conectan, por lo general, en serie, con el fin de formar una pila a fin de alcanzar un voltaje más alto.

50

En un tipo de sistema de producción de energía eléctrica a partir de hidrógeno por medio de células de combustible, el hidrógeno requerido para el funcionamiento del sistema se almacena en cilindros que necesariamente se han de sustituir de manera periódica para reintegrar el hidrógeno usado.

55

Con el fin de obviar esta desventaja, un tipo diferente de sistemas de producción de energía eléctrica a partir de hidrógeno hace uso de la regeneración de células de combustible reversibles, que se operan a la inversa para producir hidrógeno a partir de la energía eléctrica producida.

60

Nuevamente, para obviar esta desventaja, también se han sugerido sistemas para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno por medio de células de combustible e hidrógeno a partir de energía eléctrica por medio de células electrolíticas, en los cuales un electrolizador que está basado en células electrolíticas se configura al lado de un generador eléctrico que está basado en células de combustible para reintegrar el hidrógeno consumido por este último. No obstante, en estos sistemas de producción no hay una estrategia integrada para la gestión del funcionamiento de los sistemas de producción de hidrógeno y de generación de energía eléctrica, sobre la cual también pueda intervenir el usuario en relación con las condiciones locales instantáneas. El documento US

65

2005/178432 divulga un generador de energía eléctrica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. El documento US20030170516 divulga un sistema que comprende la combinación de una célula de combustible y un electrolizador para la generación de electricidad.

5 **Objetivo y resumen de la invención**

Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es la provisión de un sistema para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno por medio de células de combustible e hidrógeno a partir de energía eléctrica por medio de células electrolíticas, que supere las desventajas que se han descrito en lo que antecede.

10 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno por medio de células de combustible e hidrógeno a partir de energía eléctrica por medio de células electrolíticas, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

15 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un sistema para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno por medio de células de combustible e hidrógeno a partir de energía eléctrica por medio de células electrolíticas; la figura 2 muestra el patrón de voltaje eléctrico en una sola célula de combustible como una función de la densidad de corriente; la figura 3 muestra el patrón del caudal de hidrógeno producido y el patrón de la eficiencia de producción de hidrógeno de un electrolizador de acuerdo con el voltaje eléctrico que se aplica al propio electrolizador; y la figura 4 muestra el patrón de la energía eléctrica que se aplica a un electrolizador de acuerdo con el voltaje eléctrico que se aplica al propio electrolizador.

25 **Descripción detallada de las formas de realización preferidas de la invención**

La presente invención se describirá a continuación de manera detallada y haciendo referencia a las figuras correspondientes para permitir que un experto en la materia ponga en práctica y haga uso de la invención. Al experto en la materia se resultará inmediatamente evidente que pueden realizarse diversos cambios a las formas de realización; los principios generales que se describen serán aplicables a otras formas de realización y aplicaciones sin apartarse por lo tanto del alcance de protección de la presente invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, la presente invención no se debería considerar como limitada a las formas de realización que se describen y se ilustran sino que, en su lugar, se le confiere el más extenso alcance de protección de acuerdo con los principios y características que se describen y se reivindican en el presente documento.

En la figura 1, el número 1 indica un sistema en su conjunto, para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno por medio de células de combustible e hidrógeno a partir de energía eléctrica por medio de células electrolíticas, que se puede operar de manera selectiva para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno y suministrar esta a un usuario eléctrico o a una red de suministro eléctrico local y tomar la energía eléctrica de una red de suministro eléctrico local y producir hidrógeno a partir de la misma. En la figura 1, los flujos de hidrógeno y de energía eléctrica en el sistema de producción 1 cuando se produce energía eléctrica a partir de hidrógeno y cuando se produce hidrógeno a partir de energía eléctrica, se representan mediante una línea de trazo continuo y una línea de trazos discontinuos, de forma respectiva.

El sistema de producción 1, del cual se muestran solo las partes que se requieren para entender la presente invención, comprende básicamente:

- una fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2;
- una fase de modificación de presión de hidrógeno 3;
- una fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica 4; y
- una fase de gestión 5 configurada para gestionar el funcionamiento de la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2, de la fase de modificación de presión de hidrógeno 3 y de la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica 4, de acuerdo con los modos que se describen en lo sucesivo.

La fase reversible de conversión de energía eléctrica-hidrógeno 2, se puede operar de manera selectiva, en un modo para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno y en un modo para producir hidrógeno a partir de energía eléctrica, y básicamente comprende:

- un generador eléctrico 6 que se puede operar para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno y comprende una pila de células de combustible 7 para generar energía eléctrica, que está formado por una pluralidad de células de combustible de membrana de intercambio protonico (PEM, *Proton Exchange Membrane*) conectadas eléctricamente en serie; y
- un electrolizador 8 que está acoplado al generador eléctrico 6 y que se puede operar para producir hidrógeno a partir de energía eléctrica, que comprende una pila de células electrolíticas 9 que producen hidrógeno a partir de la energía eléctrica generada por el generador eléctrico 6.

- Cada célula de combustible comprende básicamente un conjunto de electrodos y de membrana (MEA, *membrane-electrode assembly*) y dos placas bipolares, que se montan por medio de componentes secundarios como juntas, colectores, resortes o tirantes de cierre. El conjunto de electrodos y de membrana está dedicado a la escisión del átomo de hidrógeno en protones y electrones y tiene una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 70 °C y una humidificación relativa de un 70,5 % a aproximadamente 70 °C. Las dos placas bipolares operan de manera óptima en presencia de líquidos monobásicos y, en su lugar, tienen la función de transportar reactantes (aire u oxígeno, hidrógeno) hacia el conjunto de electrodos y de membrana y actúan como colectores de corriente eléctrica.
- El voltaje eléctrico de una sola célula de combustible depende de la energía eléctrica requerida por la propia célula de combustible y sigue el patrón que se muestra en la figura 2, en el cual el voltaje eléctrico promedio  $V_{CÉLULA}$  de una célula de combustible medido a 60 °C se muestra en el eje de las ordenadas mientras que la densidad de corriente  $J$  requerida por la propia célula de combustible se muestra en el eje de las abscisas.
- En virtud de la conexión eléctrica en serie de las células de combustible, la energía eléctrica suministrada por la pila de células de combustible 7 es simplemente la suma de los voltajes eléctricos suministrados por las células de combustible individuales y tiene un patrón similar al que se muestra en la figura 2. La uniformidad de la distribución del voltaje eléctrico suministrado por las células de combustible individuales es un parámetro clave en el desempeño y la durabilidad de los conjuntos de electrodos y de membrana.
- En la pila de células electrolíticas 9, en su lugar, el caudal de hidrógeno producido  $Q_{EL}$  y la eficiencia de producción de hidrógeno  $\eta_{EL}$  depende del voltaje eléctrico  $V_{EL}$  que se aplica a la pila de células electrolíticas 9 y sigue los patrones que se muestran en la figura 3 por medio de una línea de trazo continuo y una línea de puntos y de trazos discontinuos, de forma respectiva, mientras que la energía eléctrica  $P_{EL}$  que se aplica a la pila de células electrolíticas 9 es directamente proporcional al voltaje eléctrico  $V$  que se aplica a la propia pila de células electrolíticas 9 y sigue el patrón que se muestra en la figura 4.
- Los patrones del caudal de hidrógeno producido  $Q_{EL}$ , de la eficiencia de producción de hidrógeno  $\eta_{EL}$  y de la energía eléctrica  $P_{EL}$  dependen de la temperatura a la que opera la pila de células electrolíticas 9, y los que se muestran en las figuras 3 y 4 se refieren a 60 °C. Los límites del valor del voltaje de funcionamiento están relacionados con el número de células electrolíticas en la pila de células electrolíticas 9, con la energía de activación de reacción (el valor mínimo) y con el voltaje límite tolerado por la pila de células electrolíticas 9 (el valor máximo). El caudal de hidrógeno  $Q_{EL}$  producido por una sola célula electrolítica depende, en su lugar, del área activa de la propia célula electrolítica.
- La fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2 también comprende:
- una unidad de gestión térmica 10 en común con el generador eléctrico 6 y el electrolizador 8;
  - una unidad de medición 11 para medir las cantidades eléctricas del generador eléctrico 6 y del electrolizador 8, tales como la temperatura, el voltaje eléctrico de una sola célula de combustible, la corriente eléctrica suministrada por la pila de células de combustible 7, la impedancia equivalente de la pila de célula de combustible 7, etc.; y
  - una unidad de gestión de flujo 12 para gestionar la distribución de los flujos de energía eléctrica y de hidrógeno y las condiciones de humidificación de las membranas de las células de combustible,
- que no se describen con mayor detalle debido a que son en sí conocidas y no están, no obstante, involucradas en la presente invención.
- La fase de modificación de presión de hidrógeno tiene la función de modificar, en particular o bien aumentar o bien disminuir, la presión de hidrógeno suministrado a o producido por la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2, de acuerdo con si esta última opera en un modo de producción de energía eléctrica a partir de hidrógeno o en un modo de producción de hidrógeno a partir de energía eléctrica, y básicamente consiste en componentes pasivos tales como recipientes de expansión, fases de reducción de membrana, cámara impelente y componentes activos tales como elevadores, conectados entre sí.
- Dicho de otra forma, en el contexto de la presente invención, la fase de modificación de presión de hidrógeno 3 básicamente consiste en componentes como los que determinan el aumento deseado-o la reducción deseada-de la presión de hidrógeno que se introduce por medio de una interacción de una naturaleza básicamente mecánica.
- La fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica 4 realiza la función de acondicionar la energía eléctrica a y desde la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2, en particular desde la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2 al usuario eléctrico o a la red de suministro eléctrico local, cuando opera en un modo de producción de energía eléctrica a partir de hidrógeno, y desde la red de suministro eléctrico local a la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2, cuando opera en un modo de producción de hidrógeno a partir de energía eléctrica.
- En particular, la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica 4, básicamente comprende:

- una unidad de conversión de CC/CC 13 opcional; y
- una unidad de conversión de CA/CC 14 que está adaptada para operar como un generador de corriente o de voltaje ideal, con el fin de forzar el voltaje o corriente de salida con independencia de los valores de entrada dentro de los límites de los valores de diseño.

5 En particular, la unidad de conversión de CA/CC 14 consiste en elementos de conversión de energía eléctrica estáticos tales como dispositivos semiconductores (diodos, MOSFET), reactancias inductivas y capacitivas, conectadas de acuerdo con una topología de tipo elevador o reductor, es decir, capaces de convertir la energía eléctrica al variar el voltaje y las corrientes eléctricas de los mismos, cada valor de forma independiente, lo otro como consecuencia de la energía eléctrica requerida. Una tarea de ese tipo también se puede llevar a cabo por medio de la gestión de una unidad de puente (baterías o supercondensadores).

La fase de gestión 5 básicamente comprende:

- 15 - una unidad digital y analógica de entrada/salida para adquirir las mediciones eléctricas suministradas por la unidad de medición 11 e introducir datos, comandos y selecciones por parte de un usuario;
- una unidad de comunicación 16 para comunicarse con una estación de control remoto; y
- un microcontrolador (DSP) 17 que está conectado a la unidad digital y analógica de entrada/salida 15 y a la unidad de comunicación 16 y que está programado para adquirir las mediciones eléctricas suministradas por la unidad de medición 11, los datos, comandos y selecciones impartidos un usuario y las posibles solicitudes proporcionadas por la estación de control remoto, para almacenar un mapa que contenga datos del hidrógeno producido  $Q_{EL}$  y datos de eficiencia de producción de hidrógeno  $\eta_{EL}$ , para diversos valores de temperatura de la pila de células electrolíticas 9 y para gestionar el funcionamiento de la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2, de la fase de modificación de presión de hidrógeno 3 y de la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica 4 de acuerdo con si el sistema 1 produce energía eléctrica a partir de hidrógeno o hidrógeno a partir de energía eléctrica, de acuerdo con una estrategia de gestión de funcionamiento que se describe de manera detallada en lo sucesivo.

#### 1. Producción de energía eléctrica a partir de hidrógeno

Durante la producción de energía eléctrica a partir de hidrógeno, el microcontrolador 17 se programa para:

- dar lugar a que la fase de modificación de presión de hidrógeno 3 reduzca la presión de hidrógeno desde la presión de almacenamiento, por lo general, igual a de aproximadamente 100 a 300 bares, a la presión de uso, por lo general, igual a de aproximadamente 2 a 8 bares, para asegurar de ese modo la estabilidad de la misma;
- dar lugar a que la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2 convierta hidrógeno en energía eléctrica;
- dar lugar a que la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica 4 gestione la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2 mediante la imposición de los valores de voltaje y de corriente de la misma de acuerdo con una lógica previamente establecida que tiene en cuenta unos transitorios de voltaje y de corriente aceptables por la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2, de tal modo que esta última suministra energía eléctrica en la forma solicitada por un usuario eléctrico o una red de suministro de energía eléctrica local a la que se va suministrar la energía eléctrica producida (voltaje constante, generador de voltaje ideal, generador de corriente ideal, cargador de batería, etc.); y
- dar lugar a que la unidad de comunicación 19 comunique la activación del sistema 1 y la autonomía residual del mismo a la estación de control remoto.

#### 2. Producción de hidrógeno a partir de energía eléctrica

Durante la producción de hidrógeno a partir de energía eléctrica, el microcontrolador 17 se programa para:

- determinar cuándo se ha de activar el sistema 1 de acuerdo con la siguiente información:
  - 55 - presencia y cantidad disponible de energía eléctrica *in situ* (red de suministro eléctrico local, fuentes locales renovables, motor-generador, etc.)
  - cantidad de hidrógeno almacenado; y
  - solicitudes por parte de la estación de control remoto; y
- gestionar el funcionamiento de la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2, de la fase de modificación de presión de hidrógeno 3 y de la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica 4, de acuerdo con una estrategia de gestión de funcionamiento que:
  - puede ser establecida por un usuario del sistema 1;
  - depende de las siguientes cantidades eléctricas que son medidas por la unidad de medición 11 en el sistema 1;
    - 65 - cantidad de hidrógeno almacenado;

- cantidad disponible de energía eléctrica; y
  - presión y temperatura ambiente local;
- 5 - y tiene por objetivo lograr, de acuerdo con las aplicaciones, uno o más de los siguientes objetivos, también mediante la gestión de la fase de modificación de presión de hidrógeno 3:
- llenar el depósito de almacenamiento de hidrógeno en el tiempo más corto posible;
  - llenar el depósito de almacenamiento de hidrógeno con la eficiencia más alta posible;
  - llenar el depósito de almacenamiento de hidrógeno usando la totalidad de la energía eléctrica disponible (energía eléctrica residual negociada con el proveedor de energía eléctrica o energía eléctrica que se obtiene de una fuente renovable y un posible patrón a lo largo del tiempo); y
  - asegurar el llenado del depósito de almacenamiento de hidrógeno de acuerdo con los cortes de energía eléctrica programados en la red de suministro de energía eléctrica local.
- 10
- 15 En particular, de acuerdo con la estrategia de gestión de funcionamiento y de los objetivos que el usuario quiera lograr, la unidad de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica 4 actúa de manera diferente sobre la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2 mediante el establecimiento de las corrientes eléctricas y los voltajes que se usan para abastecer la pila de células electrolíticas 9 y que se calculan de forma dinámica por medio del microcontrolador 17, de acuerdo con la estrategia de gestión de funcionamiento establecida, a los valores de las cantidades eléctricas mencionadas en lo que antecede que son medidas por la unidad de medición 11 en el sistema 1, y a la curva que se muestra en la figura 3.
- 20

Con más detalle:

- 25 - con el fin de llenar el depósito de almacenamiento de hidrógeno en el tiempo más corto posible, la unidad de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica 4 fuerza que la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2 opere al máximo voltaje eléctrico posible que pueda soportar la pila de células electrolíticas 9 a la temperatura de referencia para tener el más alto caudal de hidrógeno producido  $Q_{EL}$  (en la figura 3, igual a 48,5 V a 60 °C);
- 30 - con el fin de llenar el depósito de almacenamiento de hidrógeno con la eficiencia más alta posible, la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica 4 fuerza que la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2 opere al mínimo voltaje eléctrico admisible, es decir, al voltaje por debajo del cual no se separan los gases, asegurando de ese modo la pureza requerida (en la figura 3, igual a 46,5 V);
- con el fin de llenar el depósito de almacenamiento de hidrógeno usando la totalidad de la energía eléctrica disponible, el microcontrolador 17 calcula en primer lugar el máximo caudal de hidrógeno que se puede producir con la energía eléctrica disponible y suministra estos datos a la unidad de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica 4 que, a su vez, dará lugar a que la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2 produzca el máximo caudal de hidrógeno calculado. Cuanto más alta sea la energía eléctrica disponible, más alto será el voltaje que se impone a la pila de células electrolíticas 9;
- 35
- 40 - con el fin de asegurar el llenado del depósito de almacenamiento de hidrógeno de acuerdo con los cortes de energía eléctrica programados en la red de suministro de energía eléctrica local, el microcontrolador 17 calcula en primer lugar la energía eléctrica disponible. El cálculo se lleva a cabo de acuerdo con la energía eléctrica disponible y el tiempo restante antes del corte programado (la integral de la energía a lo largo del tiempo disponible). A continuación de lo anterior, el microcontrolador 17 calcula el punto de trabajo promedio (el voltaje y la corriente de la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2). El punto de trabajo promedio se suministra entonces a la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica, lo que da lugar a que la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno 2 trabaje en este punto.
- 45

50 Las ventajas permitidas por el sistema en comparación con las soluciones disponibles existentes en la actualidad son evidentes a partir del análisis de las características del sistema de acuerdo con la presente invención.

En particular, en comparación con las soluciones que tienen un depósito de almacenamiento que está basado en la sustitución de cilindros de hidrógeno, el sistema de acuerdo con la presente invención es más fiable y su puesta en práctica es más rentable.

55

En comparación con las soluciones que están basadas en el acoplamiento de un generador de células de combustible y un electrolizador, el sistema de acuerdo con la presente invención tiene:

- unos costes más bajos debido al uso de partes comunes;
- 60 - más eficiencia debido a la posibilidad de poner en práctica unas estrategias evolucionadas e integradas; y
- más eficiencia debido a la gestión de los parámetros de producción de hidrógeno en relación con las condiciones del entorno.

65 Por último, en comparación con las soluciones que están basadas en células de combustible reversibles, el sistema de acuerdo con la presente invención es:

## ES 2 653 677 T3

- más fiable debido la mayor madurez de la tecnología y a la posibilidad de realizar intervenciones (mantenimiento normal y complementario) de manera individual e independiente sobre la pila de células de combustible y sobre la pila de células electrolíticas; y
  - más eficiente debido a la posibilidad de diseñar de manera independiente las fases de producción y de uso de hidrógeno.
- 5

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (1) para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno e hidrógeno a partir de energía eléctrica, que comprende:

- 5 - una fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2) que comprende una pila de células de combustible (7) para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno almacenado y una pila de células electrolíticas (9) para producir hidrógeno a partir de energía eléctrica;
- 10 - una fase de modificación de presión de hidrógeno (3) para modificar la presión de hidrógeno desde/a la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2);
- una fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica (4) para acondicionar la energía eléctrica desde/a la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2); y
- 15 - una fase de gestión (5) para gestionar de manera diferencial el funcionamiento de la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2), la fase de modificación de presión de hidrógeno (3) y la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica (4) en función de si el sistema (1) se opera para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno o hidrógeno a partir de energía eléctrica y de una estrategia de gestión de funcionamiento que puede ser establecida por un usuario,

**caracterizado por que**, cuando se opera para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno, dicha fase de gestión (5) también está configurada para:

- dar lugar a que una unidad de comunicación (15) comunique la activación del sistema y la autonomía residual del mismo a una estación de control remoto.

2. El sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha fase de modificación de presión de hidrógeno (3) básicamente consiste en componentes seleccionados de entre el grupo que consiste en recipientes de expansión, fases de reducción de membrana, cámara impelente y elevadores, conectados entre sí.

3. El sistema (1) de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que, cuando se opera para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno, la fase de gestión (5) está configurada para:

- dar lugar a que la fase de modificación de presión de hidrógeno (3) reduzca la presión del hidrógeno almacenado desde una presión de almacenamiento a una presión de uso;
- 35 - dar lugar a que la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2) convierta el hidrógeno almacenado en energía eléctrica;
- dar lugar a que la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica (4) gestione la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2) mediante la imposición de los valores de voltaje y de corriente de la misma de acuerdo con una lógica previamente establecida que tiene en cuenta unos transitorios de voltaje y de corriente aceptables por la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2), con lo cual esta última suministra energía eléctrica en la forma solicitada por una carga eléctrica o una red de suministro de energía eléctrica local a la que se va suministrar la energía eléctrica producida.

4. El sistema (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, cuando se opera para producir hidrógeno a partir de energía eléctrica, la fase de gestión (5) está configurada para:

- determinar cuándo se ha de activar el sistema (1), basándose en lo siguiente:

disponibilidad y presencia de energía eléctrica *in situ*;  
 cantidad de hidrógeno almacenado; y  
 posibles solicitudes por parte de una estación de control remoto;

- dar lugar a que la fase de conversión energía eléctrica-hidrógeno reversible (2) convierta energía eléctrica en hidrógeno;
- 55 - dar lugar a que la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica (4) controle la fase de conversión energía eléctrica-hidrógeno reversible (2), basándose en una estrategia de control que puede ser establecida por un usuario para lograr uno o más de los siguientes objetivos:

- a) llenar el depósito de almacenamiento de hidrógeno en el tiempo más corto posible;
- 60 b) llenar el depósito de almacenamiento de hidrógeno con la eficiencia más alta posible;
- c) llenar el depósito de almacenamiento de hidrógeno usando la totalidad de la energía eléctrica disponible; y
- c) asegurar el llenado del depósito de almacenamiento de hidrógeno teniendo en cuenta los cortes de energía eléctrica programados en la red de suministro de energía eléctrica local.

5. El sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 4, en el que:

- para llenar el depósito de almacenamiento de hidrógeno en el tiempo más corto posible, la fase de gestión y de

acondicionamiento de energía eléctrica (4) está configurada para forzar que la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2) opere al máximo voltaje posible para tener el más alto caudal de hidrógeno a una temperatura de referencia dada;

5 - para llenar el depósito de almacenamiento de hidrógeno con la eficiencia más alta posible, la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica (4) está configurada para forzar que la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2) opere al mínimo voltaje eléctrico admisible;

10 - para llenar el depósito de almacenamiento de hidrógeno usando la totalidad de la energía eléctrica disponible, la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica (4) está configurada para dar lugar a que la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2) opere en un punto de operación que se corresponde con el máximo caudal de hidrógeno que se puede lograr con la energía eléctrica disponible; y

15 - para asegurar el llenado del depósito de almacenamiento de hidrógeno teniendo en cuenta los cortes de energía eléctrica programados en la red de suministro de energía eléctrica local, la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica (4) está configurada para dar lugar a que la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2) opere en un punto de operación determinado como el promedio de los puntos de operación calculados íntegramente basándose en la energía eléctrica disponible y en el tiempo disponible.

20 6. El sistema (1) de acuerdo con las reivindicaciones 4 o 5, en el que la fase de gestión (5) está configurada para calcular de forma dinámica los valores de voltaje y de corriente eléctrica que se van a suministrar a la pila de células electrolíticas (9) basándose en una estrategia de control que puede ser establecida por un usuario y las cantidades eléctricas que se miden en el sistema (1).

7. Una fase de gestión (5) para un sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 1 para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno e hidrógeno a partir de energía eléctrica, comprendiendo el sistema (1):

25 - una fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2) que comprende una pila de células de combustible (7) para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno almacenado y una pila de células electrolíticas (9) para producir hidrógeno a partir de energía eléctrica;

30 - una fase de modificación de presión de hidrógeno (3) para modificar la presión de hidrógeno desde/a la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2);

35 - una fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica (4) para acondicionar la energía eléctrica desde/a la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2); y para gestionar de manera diferencial el funcionamiento de la fase de conversión reversible de energía eléctrica-hidrógeno (2), la fase de modificación de presión de hidrógeno (3) y la fase de gestión y de acondicionamiento de energía eléctrica (4) en función de si el sistema (1) se opera para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno o hidrógeno a partir de energía eléctrica y de una estrategia de gestión de funcionamiento que puede ser establecida por un usuario,

40 - **caracterizada por que** la fase de gestión (5) comprende una unidad digital y analógica de entrada/salida (15), una unidad de comunicación (16) y un microcontrolador (17) y, cuando se opera para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno, dicha fase de gestión (5) también está configurada para:

45 - dar lugar a que una unidad de comunicación (15) comunique la activación del sistema y la autonomía residual del mismo a una estación de control remoto.

8. Un soporte lógico que se puede cargar en una fase de gestión (5) de un sistema (1) para producir energía eléctrica a partir de hidrógeno e hidrógeno a partir de energía eléctrica, y diseñado para dar lugar a que, cuando se ejecute, la fase de gestión (5) quede configurada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

FIG. 1

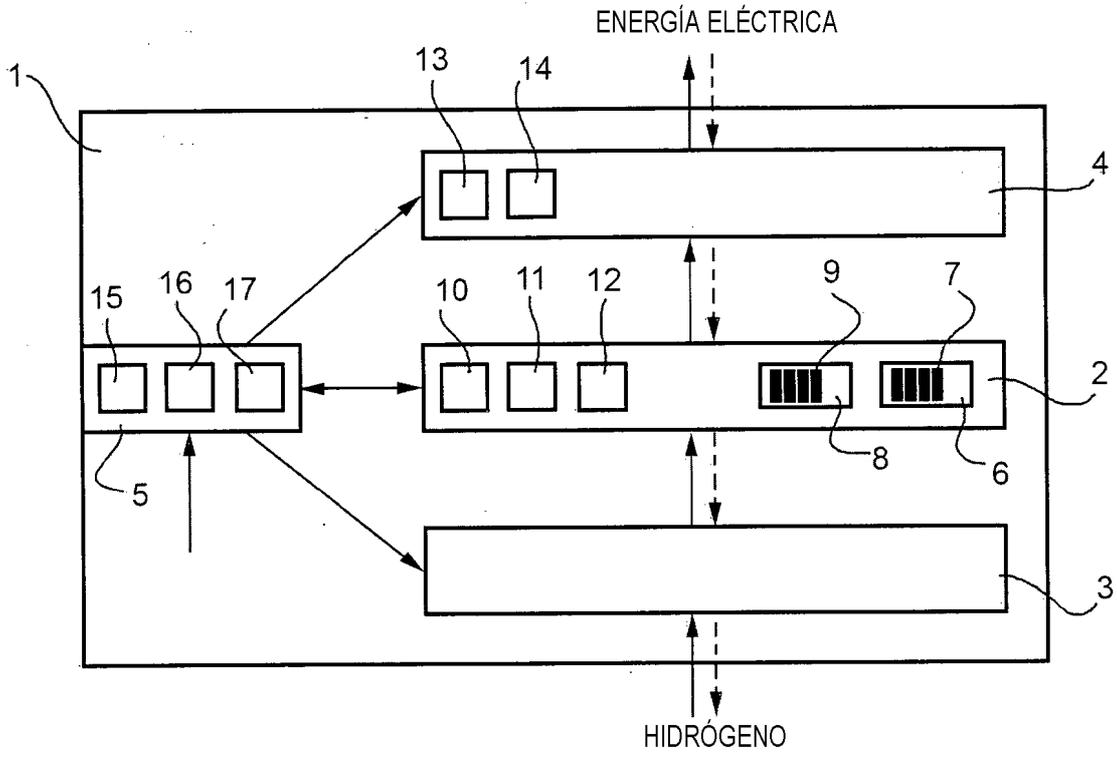


FIG. 2

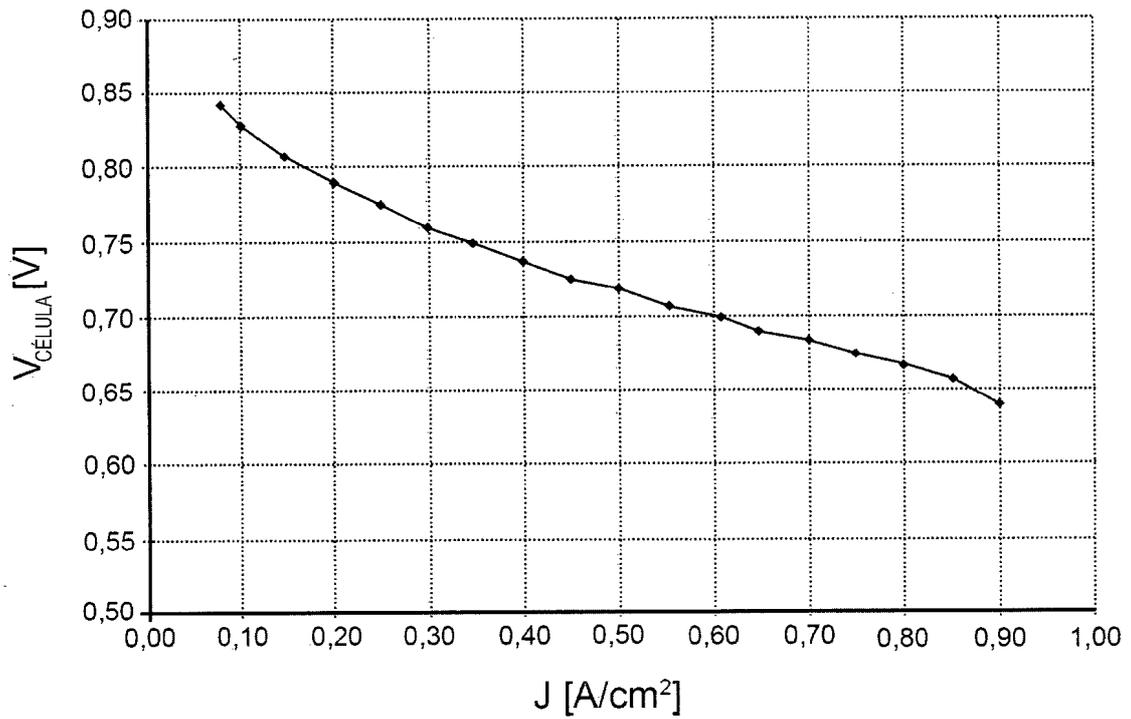


FIG. 3

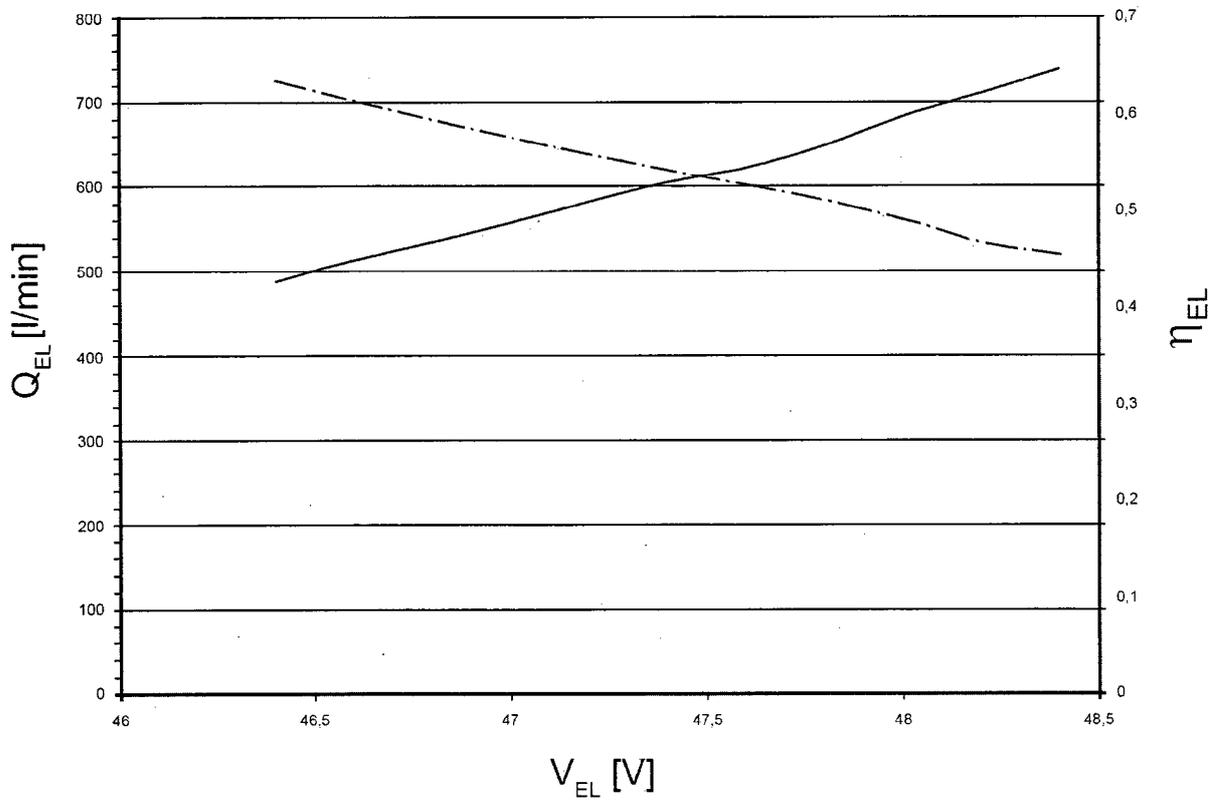


FIG. 4

