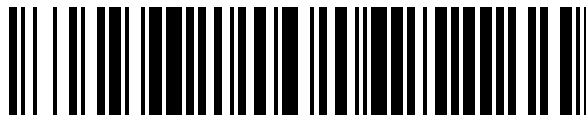


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 296 184**

21 Número de solicitud: 202231133

51 Int. Cl.:

H01M 8/18 (2006.01)

H01M 8/22 (2006.01)

H02J 5/00 (2006.01)

B60L 7/10 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

06.07.2022

43 Fecha de publicación de la solicitud:

03.01.2023

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE CÁDIZ (100.0%)

Paseo Carlos III, nº 9

11003 Cádiz (Cádiz) ES

72 Inventor/es:

GARCÍA TRIVIÑO, Pablo;

SARRIAS MENA, Raúl;

DE OLIVEIRA-ASSIS, Lais;

PEREIRA SOARES-RAMOS, Emanuel Philipe;

GARCÍA VÁZQUEZ, Carlos Andrés y

FERNÁNDEZ RAMÍREZ, Luis Miguel

54 Título: **SISTEMA DE GENERACIÓN Y RECUPERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA BASADO EN
HIDRÓGENO**

ES 1 296 184 U

DESCRIPCIÓN

SISTEMA DE GENERACIÓN Y RECUPERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA BASADO EN HIDRÓGENO

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

Sistemas basados en hidrógeno que combinen la generación de hidrógeno y de energía eléctrica.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Hoy en día, poco a poco, el hidrógeno se está convirtiendo en unos de los vectores energéticos a nivel mundial. No obstante, existe la problemática de la autonomía de los sistemas basados en este combustible y del excesivo gasto energético que supone su producción. La incorporación y utilización de electrolizadores junto con sistemas de energías renovables puede suponer una solución a estos problemas.

Si un electrolizador es conectado a una microrred con fuentes de energía renovable o a la red eléctrica convencional, se puede aprovechar el exceso de energía renovable o aprovechar los periodos de bajo coste de energía para producir hidrógeno (hidrógeno verde si es a partir de energía renovable).

Por otra parte, no solo es útil la incorporación de electrolizadores en sistemas como los comentados anteriormente sino también en sistemas de propulsión eléctrica. Por ejemplo, si el ciclo de trabajo de una grúa pórtico tiene una demanda de energía de 1 kWh, aproximadamente puede existir la necesidad de disipar hasta 0.8 kWh en sistemas de frenado. Si esa energía demandada (1 kWh) es generada por una pila combustible hidrógeno, el consumo medio de hidrógeno es de 1.4 l aprox. Con la incorporación de un electrolizador capaz de provechar la energía de frenado y producción hidrógeno el consumo total puede llegar a reducirse a 1 l., lo que supone una reducción del 30 %. El aprovechamiento de la energía de frenado es algo que se está utilizando con asiduidad en vehículo eléctricos (ya sean vehículos eléctricos puro o híbridos).

35

Surge entonces la necesidad de utilizar un convertidor de potencia para adaptar la tensión del electrolizador a la tensión del sistema al que esté conectado y controlar la potencia que absorbe para la producción de hidrógeno. Este hecho implica la utilización de más electrónica de potencia, generalmente un convertidor de corriente continua a corriente continua (convertidor CC/CC), lo que añade más coste al conjunto.

Para evitar esto y posibilitar la utilización conjunta de pila de combustible y electrolizador en un sistema de generación de energía eléctrica, se propone la presente invención, la cual incorpora una red de impedancias a un inversor (que convierta la energía de CC en corriente alterna, CA, o convertidor CC/CA), para que actuando sobre el inversor con un sistema de modulación adaptado para esta configuración, sea posible controlar ambos dispositivos (pila de combustible y electrolizador) sin necesitar de dos convertidores, uno para cada dispositivo, crear un bus CC a partir de la red de impedancias al que poder conectar otras fuentes de energías renovables, sistemas de almacenamiento de energía, cargas eléctricas, entre ellas aquellas necesarias para el funcionamiento del sistema de hidrógeno o dispositivos disipadores de energía en el caso del uso del sistema de hidrógeno en sistemas de propulsión eléctrica (integrado con motores eléctricos de vehículos eléctricos, tranvías, grúas, etc., capaces de generar energía regenerativa durante su funcionamiento), o bien la conexión a red permitiendo el intercambio de energía con la red, con otras fuentes de energías renovables, sistemas de almacenamiento de energía, cargas eléctricas o motores eléctricos de sistemas de propulsión eléctrica.

En los antecedentes se hace constar la existencia del siguiente artículo publicado por algunos de los autores de la presente memoria:

- de Oliveira-Assis, L., García-Trivino, P., Soares-Ramos, E. P., Sarrias-Mena, R., García-Vázquez, C. A., Ugalde-Loo, C. E., & Fernández-Ramírez, L. M. (2021). Optimal energy management system using biogeography based optimization for grid-connected MVDC microgrid with photovoltaic, hydrogen system, electric vehicles and Z-source converters. *Energy Conversion and Management*, 248, 114808. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114808>.

Las diferencias entre la solución publicada en este artículo y la presentada en esta memoria residen en el concepto, la configuración, la forma de conexión de los equipos, el control para gestionar la energía, los modos de funcionamiento que permite el

sistema propuesto en la presente memoria y sus aplicaciones.

Conceptualmente, la solución publicada en el artículo no está pensada para usar el sistema de hidrógeno (pila de combustible y electrolizador) como sistema principal de energía sino como sistema auxiliar de energía, apoyando a otras fuentes de energía del sistema, y no pudiendo funcionar pila de combustible y electrolizador al mismo tiempo. En esta configuración, la pila de combustible y el electrolizador están conectados al bus CC que parte de la red de impedancias mediante un único convertidor CC/CC común para ambos, por lo que no es posible usar la pila de combustible y el electrolizador al mismo tiempo. El cambio de uso del equipo conectado al convertidor CC/CC se realiza mediante la conmutación de interruptores que permiten la conexión o desconexión de pila de combustible o electrolizador, de manera que el sistema de control debe decidir qué equipo de los dos funciona en cada momento, no siendo posible que ambos equipos estén, en todo momento, en condiciones de estar conectados al sistema. Esto supone que el uso y funcionamiento del sistema de hidrógeno esté limitado, así como sus aplicaciones.

La solución propuesta en esta memoria está pensada para usar el sistema de hidrógeno como sistema principal de energía y no como sistema auxiliar de energía, con una nueva configuración, sistema de control y modos de funcionamiento que permiten usar el hidrógeno como fuente principal de energía en aplicaciones como la generación de energía eléctrica y su intercambio con la red eléctrica (sistema de generación eléctrica basado en hidrógeno conectado a red) o la alimentación de motores eléctricos de vehículos eléctricos, tranvías, grúas, etc. (sistema de propulsión eléctrica basada en hidrógeno). En esta configuración, la pila de combustible y el electrolizador están conectados a la red de impedancia en dos puntos diferentes, siendo posible que ambos equipos puedan funcionar al mismo tiempo mediante un adecuado sistema de control, y por tanto, estando los dos equipos en disposición de funcionar en cualquier momento. Además, con objeto de ampliar las posibilidades de funcionamiento de la configuración propuesta basada en el sistema de hidrógeno como fuente principal de energía, se contempla la opción de conectar, controlar y operar otros sistemas auxiliares de energía, de almacenamiento de energía e incluso una resistencia de frenado en el caso de la aplicación de la configuración a sistemas de propulsión eléctrica basada en hidrógeno, con objeto de disipar energía si existe un excedente de energía en el sistema y ésta no pueda ser absorbida. Todo esto lleva a

que la solución presentada en esta memoria difiera en la configuración, la forma de conexión de los equipos tanto a nivel del convertidor CC/CA (red de impedancias e inversor) como del sistema en su conjunto, el sistema de control usado para el convertidor y para la gestión de energía, los modos de funcionamiento y las posibles aplicaciones.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

La invención consiste en un sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno con un único convertidor de potencia.

La invención se basa en un sistema completo de hidrógeno (pila de combustible, electrolizador y equipo auxiliar) que están relacionados entre sí por medio de una red de impedancias.

El sistema objeto de la invención permite que la pila de combustible sea la fuente principal de energía e inyecte potencia al sistema usando el hidrógeno existente en el tanque, y que cuando exista exceso de energía, ésta se pueda aprovechar mediante el electrolizador para generar parte del hidrógeno consumido previamente por la pila de combustible.

La configuración del sistema propuesto resuelve el problema de tener que utilizar un segundo convertidor de potencia para la incorporación de electrolizadores en sistemas de generación de energía eléctrica basado en hidrógeno, mediante la incorporación de una red de impedancias a un inversor (que convierte la energía de CC en corriente alterna, CA, o convertidor CC/CA). La red de impedancias está formada principalmente por bobinas, condensadores y diodos.

Controlando el tiempo de cortocircuito de las ramas de las fases del inversor (índice D del sistema de modulación) y con un sistema de modulación basado en el índice de modulación M pero adaptado para esta configuración es posible controlar ambos dispositivos (pila de combustible y electrolizador) sin necesitar de dos convertidores, uno para cada dispositivo. Los ciclos de carga y descarga en las bobinas y condensadores se utilizan para controlar las tensiones en los condensadores de la red de impedancias, que se utilizarán para conectar el electrolizador y crear el bus CC,

donde se pueden conectar otras fuentes de energías renovables, sistemas de almacenamiento de energía o cargas eléctricas.

5 Este sistema resuelve el problema de tener que utilizar un segundo convertidor de potencia para la incorporación de electrolizadores en sistemas de generación de energía eléctrica basado en hidrógeno. Al tener la opción de que la pila de combustible y el electrolizador estén conectados siempre al sistema, se evita la continua comunicación entre ellos si se opta por una configuración de un único convertidor repartido para ambos componentes. Además, se evitan problemas de arranque desde
10 cero de ambos dispositivos, problemas de cortocircuito durante la apertura y cierre de interruptores y se facilita el sistema de administración y control.

El sistema propuesto permite resolver el problema de la autonomía de los sistemas de generación de energía eléctrica (vehículo de pila de combustible) basado en
15 hidrógeno, ya que, gracias a la incorporación del electrolizador el rendimiento del sistema podría pasar de un 50% (rendimiento medio de una pila de combustible) a más de un 85%.

Pero adicionalmente, gracias a la incorporación de la red de impedancias, este sistema
20 permite conseguir un mayor salto de tensión entre la pila de combustible y la red eléctrica. Además, se resuelve el problema asociado a la conexión de fuentes de energía renovable de pequeña potencia a la red eléctrica convencional mediante el uso de convertidor CC/CC e inversor CC/CA. Con el sistema propuesto se ahorra el uso del convertidor, y por tanto, se abaratan los costes.

25 En definitiva, las ventajas que aporta respecto al estado de la técnica se pueden resumir en:

- a) Respecto a sistemas basado en hidrógeno sin electrolizador:
 - 1. Permite el flujo el flujo de energía en ambos sentidos (generación y consumo).
 - 30 2. Aumenta su aplicabilidad en varios campos de la ingeniería.
 - 3. Mejora la autonómica y el rendimiento del sistema.
- b) Al no necesitar convertidor adicional para el electrolizador:
 - 4. Reduce costes.
 - 5. Mejora y simplifica el control del sistema al reducir el número de interruptores.
 - 35 6. Facilita el dimensionamiento del sistema en un amplio rango de potencias.

c) Respecto a otros sistemas de híbridos con varias fuentes de energía renovable:

7. Mejora la interconexión de fuentes de energía renovable, sistema de almacenamiento de energía junto con el sistema de hidrógeno.

5 8. Mejora la posibilidad de conectar en un único sistema cargas en CC y en CA.

9. Mejora la flexibilidad para hacerla trabajar en distintos modos de funcionamiento.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10 Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, una figura en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado un esquema de bloques de la invención.

15 REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

La invención se basa en un sistema completo de hidrógeno (pila de combustible o fuel cell (1), electrolizador (2) y equipo auxiliar) que están relacionados entre sí por medio de una red de impedancias (3). El diagrama de bloque de la conexión de los equipos
20 aparece en la figura 1.

La pila de combustible (1) está conectada a la izquierda del bloque de la red impedancias (3) entre una de las bobinas y el negativo de uno de los condensadores, mientras que el electrolizador (2) está conectado en paralelo a otro de los
25 condensadores de la mencionada red. A su vez la red de impedancia (3) está conectada con un inversor CC/CA (4). Se pretende crear un bus de CC (5) con una tensión VCC obtenida a partir de los terminales del primero de los condensadores y a la que conectar otros equipos que requieren funcionar en CC.

30 El conjunto red de impedancia (3)-inversor (4) permite el control independiente de la pila de combustible (1) y del electrolizador (2). El equipo auxiliar de hidrógeno es necesario para el funcionamiento de la pila de combustible (1) y electrolizador (2). Está formado por: compresor (6), tanque de hidrógeno (7), tratamiento de agua (8) y depósito de agua (9). Además, en la figura 1 aparecen los siguientes bloques
35 conectados al bus de CC: resistencia de frenado (10) con chopper (11), carga en CC

- (12) y fuente de energía renovable y/o sistema de almacenamiento de energía (13) (opcional). En el lado de CA, junto al inversor (4), se conectan la red eléctrica (14), cargas de CA (15) y nuevamente fuente de energía renovable y/o sistema de almacenamiento de energía (13) tal y como se muestra en la figura 1. Todos estos bloques quedan conectados entre sí mediante el inversor (4) y la red de impedancias (3) y dan lugar a varias opciones de funcionamiento. El bloque de administración y control (16) gestiona el flujo de potencia a través de ellos actuando sobre el sistema de modulación (17).
- El concepto general de funcionamiento permite que la pila de combustible (1) sea la fuente principal de energía e inyecte potencia al sistema usando el hidrógeno existente en el tanque (7), y que cuando exista exceso de energía (energía procedente de la red (14), de una carga CA que puede generar energía regenerativa (13), fuente de energía renovable y/o sistema de almacenamiento de energía (13), ésta se pueda aprovechar mediante el electrolizador (2) para generar parte del hidrógeno consumido previamente por la pila de combustible (1). Actuando sobre los pulsos de disparo de los interruptores del inversor (4) se puede controlar el flujo de potencia a través de la pila de combustible (1) y electrolizador (2). A su vez, estos pulsos de disparo son generados mediante un sistema de modulación adaptado para esta configuración que depende de los índices M y D del sistema de modulación. Realizando el balance de potencia y variando M se puede controlar la potencia generada por la pila de combustible (1). Variando D o el tiempo de cortocircuito de las ramas del inversor, se controla las tensiones en los condensadores para así gestionar la potencia absorbida por el electrolizador (2) y crear un bus CC (5) al que conectar otros equipos. La red (14), la carga conectada en CA (15) y/o el sistema opcional de almacenamiento de energía (13) permiten la absorción o generación de energía. Las fuentes de energía renovables y/o sistema de almacenamiento de energía (13) necesitan de convertidor adicional (convertidor no incluido en la figura 1) para su control y conexión tanto en el bus de CC (5) como en el lado de CA del inversor.
- Estando el conjunto con su configuración más habitual, sin energía renovable y/o sistema de almacenamiento de energía (13), el flujo de potencia en el inversor puede ir en dos direcciones. Si la energía fluye de izquierda a derecha, se trata de generación de energía por parte del sistema (modo generación) y de derecha a izquierda es consumo de energía por parte del sistema (modo consumo).

En el modo generación, el sistema está conectado a una carga eléctrica (15) (puede ser un motor) que demanda energía, o a una red eléctrica (14) con la posibilidad de inyectar energía a la red. En este modo, la pila de combustible (1) toma el hidrógeno del tanque (7), y el aire del exterior para producir energía eléctrica y agua, que pasa al tratamiento de aguas (8) para su posterior uso en el electrolizador (2). El sistema de administración y control (16) permite gestionar el flujo de potencia por el inversor (4). La potencia generada por la pila de combustible (1) es controlada variando el índice de modulación, M. El electrolizador (2), conectado en paralelo a la red de impedancia (3), es controlado mediante D para que la potencia que absorba sea cero. Este parámetro relaciona la tensión de entrada a la red de impedancia (3) (tensión de la pila de combustible (1)) y la tensión a la salida. Este modo de funcionamiento permite la desconexión completa del electrolizador (2), de manera que D se utiliza para controlar VCC a una tensión óptima de funcionamiento del inversor. M y D actúan sobre el sistema de modulación (17) para generar los pulsos de disparo de los interruptores del inversor (4). En el caso en el que se exista demanda de potencia por parte de la carga y conexión de la red, el bloque de administración y control (16) decide qué porcentaje de esta potencia demandada será generada por la pila de combustible (1) en función de criterios técnicos y económicos. Las situaciones en las que se puede dar este modo de funcionamiento son las siguientes: sistema de tracción eléctrica sin apoyo de red (vehículos eléctricos), sistemas de tracción eléctrica con apoyo de red (tranvía, trenes, etc.), sistemas de elevación con y sin apoyo de red (grúas, elevadores, etc.), sistemas de generación de energía eléctrica con o sin apoyo de red (viviendas asiladas, viviendas con el sistema de autoconsumo con uso de discriminación horaria, entre otros).

En el modo consumo, el sistema está conectado a una carga de CA (15) (motor) capaz de producir energía eléctrica durante un frenado regenerativo o a una red (14) con la posibilidad de inyectar energía al sistema. En este modo, el electrolizador (2), conectado en paralelo a la red de impedancias (3), absorbe la potencia disponible y agua procedente del sistema de tratamiento de aguas (8) para producir hidrógeno. A su vez este hidrógeno es comprimido (6) y llevado al tanque de hidrógeno (7). El compresor (6) está conectado al bus de CC creado a partir de la red de impedancias. De esta forma, parte de la potencia entrante al inversor (4) y disponible en su salida de CC es utilizada para producir hidrógeno y un pequeño porcentaje para comprimirlo.

- La potencia absorbida por el electrolizador (2) es controlada mediante D. El índice de modulación, M, es utilizada para controlar que la potencia generada por la pila de combustible (1) sea cero. Al igual que el modo generación, M y D actúan sobre el sistema de modulación (17) para generar de esta forma los pulsos de disparo de los interruptores del inversor. En el caso en el que el electrolizador no esté disponible, es necesario utilizar un chopper y resistencia conectada en el bus de CC con objeto de disipar la energía cuando VCC provoque que la tensión de entrada al inversor (4) alcance su límite de funcionamiento. En el caso en el que se exista energía regenerativa por parte de la carga de CA (15) y esté conectada la red (14) con opción de absorber potencia, el bloque de administración y control decide qué porcentaje de esta potencia será absorbida por el electrolizador (2) en función de criterios técnicos y económicos. Las situaciones en las que se puede dar este modo de funcionamiento son las siguientes: sistema de tracción eléctrica sin apoyo de red en frenada o descenso (vehículos eléctricos), sistemas de tracción eléctrica con apoyo de red en frenada o descenso (tranvía, trenes, etc.), sistemas de elevación con y sin apoyo de red en frenada o descenso de carga (grúas, elevadores, etc.), sistemas de absorción de energía eléctrica con o sin apoyo de red (viviendas asiladas, viviendas con el sistema de autoconsumo con uso de discriminación horaria, entre otros).
- Los dos párrafos anteriores describen el sistema en los modos de generación y consumo de energía sin considerar la conexión de fuentes de energía renovables o sistema de almacenamiento (13). Considerando su conexión en el bus de CC o en el lado de CA (incluyendo convertidores) el sistema de administración y control (16) debe gestionar el flujo de energía a través del sistema completo. Además, mantiene el balance de potencia en el sistema decidiendo en qué modo de funcionamiento se encontrará el conjunto pila de combustible (1), electrolizador (2) y sistema asociado de hidrógeno (6)(7)(8)(9) en función de criterios técnicos y económicos del sistema completo.
- Las aplicaciones industriales del sistema propuesto son todas aquellas que permitan un flujo de potencia en ambas direcciones del inversor y en las que se usen sistemas basados en hidrógeno que combinen la generación de hidrógeno (electrolizador) y de energía eléctrica (pila de combustible). Se incluyen:
- Sistemas de generación de energía eléctrica con o sin apoyo de red y con o sin fuentes de energía renovable y/o sistemas de almacenamiento que permitan un flujo

de potencia en el inversor en ambas direcciones, en modalidades tales como autoconsumo, uso de la discriminación horaria de la red y aprovechamiento de exceso de energía renovable.

- 5 - Sistemas tracción eléctrica en los que parte de la energía de frenado es utilizada para generar hidrógeno. Este campo se puede dividir en: Vehículos sin apoyo de red eléctrica (trenes, autobuses, coches, camiones, etc.), vehículos con apoyo de red (trenes, tranvía, metros, etc.) y sistema de elevación (grúas, elevadores, etc.).

REIVINDICACIONES

1. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, caracterizado por que incorpora una pila de combustible (1) y un electrolizador (2)
5 relacionados entre sí por medio de una red de impedancias (3) y conectados a un inversor CC/CA (4) con un sistema de modulación adaptado para esta configuración que controla ambos dispositivos (pila de combustible y electrolizador) de manera independiente mediante un único convertidor.
- 10 2. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 1, caracterizado por que la pila de combustible (1) está conectada a la entrada de la red impedancias (3) entre una de las bobinas y el negativo de uno de los condensadores, mientras que el electrolizador (2) está conectado en paralelo a
15 otros de los condensadores de la mencionada red.
3. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por que incorpora un equipo auxiliar de hidrógeno, necesario para el funcionamiento de la pila de combustible (1) y el electrolizador (2), formado por un compresor (6), un tanque de hidrógeno (7), un
20 sistema de tratamiento de agua (8) y un depósito de agua (9).
4. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por que incorpora un bus de CC (5) habilitado a partir de los terminales de unos de los condensadores de la red de
25 impedancias y al que se conectan los equipos que requieren funcionar en CC, resistencia de frenado (10) con chopper (11), carga en CC (12), fuentes de energía renovable y/o sistemas de almacenamiento de energía (13).
5. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno,
30 según reivindicaciones 1, 2 y 4, caracterizado por que al inversor (4), se conectan la red eléctrica (14), cargas de CA (15), fuentes de energía renovable y/o sistemas de almacenamiento de energía (13), así como un sistema de administración y control (16), que gestiona el flujo de potencia a través de ellos actuando sobre el sistema de modulación (17) y sobre los convertidores adicionales de los componentes
35 controlables que estén conectados en el bus DC (5)

6. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el control del flujo de potencia a través de la pila de combustible (1) y electrolizador (2) se realiza actuando sobre los pulsos de disparo de los interruptores del inversor (4).

7. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 6, caracterizado por que los pulsos de disparo dependen de los índices M y D del sistema de modulación, generados mediante un sistema de modulación (17).

8. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 7, caracterizado por que el control de la potencia generada por la pila de combustible (1) y la potencia absorbida por el electrolizador (2) se realiza mediante el balance de potencia y variando los índices M y D.

9. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 7, caracterizado por que opcionalmente puede incorporar fuentes de energía renovable y/o sistemas de almacenamiento de energía (13), las cuales pueden ir conectadas tanto en el bus de CC (5) como en el lado de CA del inversor, haciendo uso de convertidores adicionales.

10. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 8, caracterizado por que el flujo de potencia en el inversor puede ir en dos direcciones, permitiendo que el sistema funcione generando energía (modo generación) o absorbiendo energía (modo consumo).

11. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 10, caracterizado por que en modo generación el sistema está conectado a una carga eléctrica (15) que demanda energía, o a una red eléctrica (14) con la posibilidad de inyectar energía a la red.

12. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 11, caracterizado por que en modo generación la pila de combustible (1) toma el hidrógeno del tanque (7), y el aire del exterior para producir energía eléctrica y agua, que pasa al tratamiento de aguas (8) para su posterior uso en el electrolizador (2).
13. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 12, caracterizado por que en modo generación el sistema de administración y control (16) permite gestionar el flujo de potencia por el inversor (4).
14. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 13, caracterizado por que en modo generación la potencia generada por la pila de combustible (1) es controlada variando el índice de modulación, M.
15. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 13, caracterizado por que en modo consumo el electrolizador (2), conectado en paralelo a la red de impedancia (3), es controlado mediante D.
16. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 13, caracterizado por que en modo generación, en el caso de que exista demanda de potencia por parte de la carga y/o conexión de la red, el bloque de administración y control (16) decide qué porcentaje de esta potencia demandada será generada por la pila de combustible (1).
17. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 10, caracterizado por que en modo consumo el sistema está conectado a una carga de CA (15) siendo capaz de generar energía eléctrica durante un frenado regenerativo o de inyectar energía a la red (14).
18. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 17, caracterizado por que en modo consumo el electrolizador (2), conectado en paralelo a la red de impedancias (3), absorbe la potencia disponible y agua procedente del sistema de tratamiento de aguas (8) para producir hidrógeno, el cual es comprimido mediante el compresor (6) conectado al bus de CC creado a partir de la red de impedancias, y llevado al tanque de hidrógeno (7).

19. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 18, caracterizado por que en modo consumo la potencia absorbida por el electrolizador (2) es controlada mediante D.
- 5 20. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 18, caracterizado por que en modo consumo el índice de modulación, M, es utilizado para controlar que la potencia generada por la pila de combustible (1) sea nula.
- 10 21. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 17, caracterizado por que en modo consumo, en el caso en el que el electrolizador no esté disponible, es necesario utilizar un chopper (11) y resistencia (10) conectada en el bus de CC, con objeto de disipar la energía cuando VCC provoque que la tensión de entrada al inversor (4) alcance su límite de
15 funcionamiento (4).
22. Sistema de generación y recuperación de energía eléctrica basado en hidrógeno, según reivindicación 17, caracterizado por que en modo consumo, en el caso de que exista energía regenerativa por parte de la carga de CA o CC (15) y esté conectada la
20 red (14) con opción de absorber potencia, el bloque de administración y control (16) decide qué porcentaje de esta potencia será absorbida por el electrolizador (2).

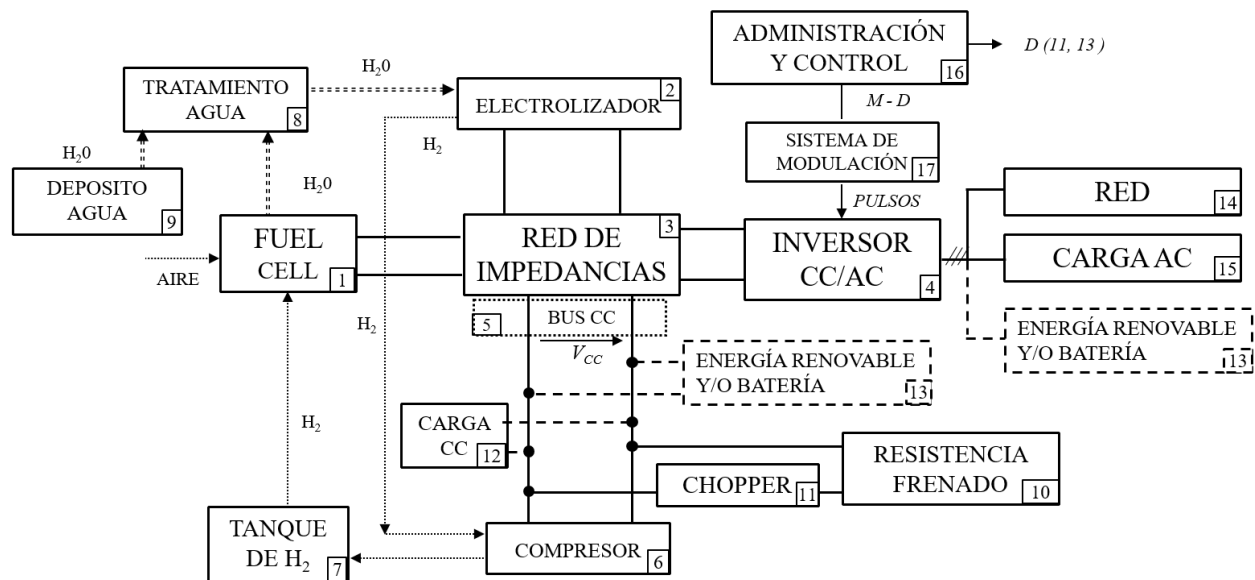


Fig. 1