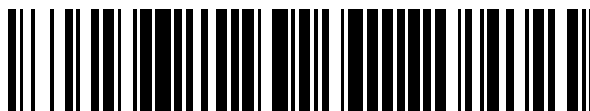


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 547**

51 Int. Cl.:
H01M 8/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **03726013 .0**
- 96 Fecha de presentación: **04.03.2003**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1506590**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.02.2005**

54 Título: **Aparato y procedimiento de almacenamiento de energía a base de hidrógeno**

30 Prioridad:
05.03.2002 US 91308

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.04.2012

73 Titular/es:
Prerad, Vladimir
1352 Dovercourt Lane
Ormond Beach, FL 32174, US

72 Inventor/es:
Prerad, Vladimir

74 Agente/Representante:
Arias Sanz, Juan

ES 2 379 547 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

Aparato y procedimiento de almacenamiento de energía a base de hidrógeno

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere al almacenamiento de energía para un uso futuro y, más concretamente, a un aparato y a un método para la conversión de energía eléctrica durante los periodos valle de baja demanda en hidrógeno y oxígeno que se almacenan para volverlos a convertir posteriormente en energía eléctrica durante los periodos pico de alta demanda. También se refiere a un sistema y método tal que funciona a una presión alta autogenerada para la conversión eficiente de energía y el almacenamiento de los gases.

10 Información sobre los antecedentes

Las compañías de suministro de electricidad tienen una gran capacidad instalada para satisfacer los picos de demanda y el margen de seguridad requerido. La mayor parte del tiempo, sobre todo por las noches y los fines de semana, sólo es necesaria una fracción de esa capacidad para satisfacer la demanda nominal. De hecho, algunas de las unidades con una capacidad generadora pico sólo funcionan unas pocas horas al año. Además, las compañías de suministro de electricidad compran bloques de energía pico en base a una compra obligatoria para garantizar la energía suficiente durante los periodos de alta demanda, por ejemplo, durante las olas de calor a mediados de verano. En algunos casos, los cuellos de botella en el sistema de transmisión complican la tarea de suministrar energía donde se necesita en los periodos de demanda pico.

Además de los problemas asociados con satisfacer económicamente la demanda pico, las compañías de suministro de electricidad se han esforzado por mejorar el rendimiento a través de la nivelación de la carga para que algunos de sus equipos funcionen a la máxima eficiencia. En la Patente Estadounidense Nº 6.093.306 se describe un complejo sistema para reducir las emisiones y proporcionar una nivelación de la carga a las centrales eléctricas de combustibles fósiles. Con el proceso se genera hidrógeno a través de la electrólisis del agua durante los periodos valle para su uso en una célula de combustible de la central eléctrica para generar electricidad durante los periodos pico, que se añade al rendimiento de la planta. Aunque esto permite que la central eléctrica de combustible fósil funcione de una manera más eficaz y más limpia, no ofrece ninguna solución a los problemas de restricción o de demanda pico de la transmisión.

También se ha propuesto la utilización de fuentes de energía renovables, tales como la energía solar y la eólica, para generar gas de hidrógeno que, después, se utiliza para generar electricidad en células de combustible durante periodos en los que la luz solar o el viento no son posibles o son insuficientes para producir electricidad. Un ejemplo de tal sistema se muestra en la EP-A-0 829 912, en la que se describe una unidad de demostración en la que se utiliza una célula solar para proporcionar electricidad a un electrolizador para producir hidrógeno. El hidrógeno es llevado a través de un sistema de distribución de gas a una presión ligeramente mayor que la presión atmosférica que es suficiente para llevar el hidrógeno a través del sistema de distribución hasta el interior de un depósito de hidrógeno que está conectado a una célula de combustible. El electrolito presente en el electrolizador se reabastece durante los periodos en los que no se produce hidrógeno desde un segundo depósito que está abierto a la atmósfera a través de un tubo de ventilación. Una vez más, ninguno de estos enfoques soluciona los problemas de restricción de la transmisión o de demanda pico.

Por tanto, aún pueden introducirse mejoras en la configuración y el funcionamiento de sistemas para la generación y distribución de energía eléctrica.

RESUMEN DE LA INVENCION

40 Según la invención, la energía eléctrica generada por una fuente de energía eléctrica primaria es transmitida a un lugar específico alejado de una estación generadora de una compañía eléctrica donde es almacenada a base de utilizarla para disociar agua en hidrógeno y oxígeno que son almacenados para convertir posteriormente al menos el hidrógeno en electricidad generada localmente en un convertidor de hidrógeno en electricidad. La electricidad generada en la compañía eléctrica es transportada a un lugar específico, por ejemplo, el emplazamiento de un usuario, una subestación o una línea de distribución durante los periodos valle y los gases almacenados se utilizan para producir la electricidad generada localmente durante los periodos pico. De este modo, la energía de bajo coste generada por la compañía eléctrica durante los periodos de baja demanda puede ser convertida en energía eléctrica de mayor valor durante los periodos pico. Además, los efectos adversos de restricción en el sistema de transmisión se mejoran reduciendo la capacidad de transmisión requerida durante los periodos de demanda pico. Esta ventaja puede mejorarse transportando la energía generada en la compañía eléctrica durante los periodos de baja demanda a una pluralidad de lugares distribuidos específicos alejados de la estación generadora de la compañía eléctrica. Además, mediante la generación distribuida utilizando el gas almacenado, se mitigan los efectos de las interrupciones en la transmisión como, por ejemplo, los causados por las tormentas.

55 En otro aspecto de la invención, el aparato que genera la energía eléctrica diferida comprende un electrolizador que es activado por la fuente de energía eléctrica primaria para disociar agua en hidrógeno y oxígeno y un sistema de recogida de gases que incluye una primera columna de gas-agua conectada al electrolizador para formar un primer circuito de

- flujo a través del cual el hidrógeno producido en electrolizador pasa a la primera columna de gas-agua y fuerza al agua de la primera columna de gas-agua a entrar en el electrolizador. Este sistema de recogida de gases incluye además una segunda columna de gas-agua conectada al electrolizador para formar un segundo circuito de flujo a través del cual el oxígeno producido en el electrolizador pasa a la segunda columna de gas-agua y fuerza al agua de la segunda columna de gas-agua a entrar en el electrolizador. Un sistema de almacenamiento de gases almacena el hidrógeno del primer circuito de flujo y el oxígeno del segundo circuito de flujo. Un convertidor de hidrógeno en electricidad, como una célula de combustible o un generador accionado por un motor de combustión, convierte de nuevo el hidrógeno almacenado en electricidad utilizando bien el oxígeno almacenado o el oxígeno ambiental. En el último caso, el oxígeno recogido puede ser utilizado o vendido para otros fines. Un sistema de válvulas mantiene la presión del hidrógeno y del oxígeno a una presión determinada superior a unos 6.895 KPa (1.000 psi) a base de controlar el flujo de hidrógeno del primer circuito de flujo y el de oxígeno del segundo circuito de flujo hasta el sistema de almacenamiento de gases. De este modo, el aparato funciona a alta presión sin resultar necesaria la presencia de un equipo de presurización adicional para la conversión eficaz y el almacenamiento de los gases. Esta presión se puede regular para que sea de unos 17.237-34.474 KPa (2.500-5.000 psi) con el aparato del ejemplo funcionando a unos 20.684 KPa (3.000 psi).
- 15 Según la presente invención, se presenta un aparato de almacenamiento de energía, cuyo aparato comprende: un electrolizador activado por la fuente de energía eléctrica primaria para disociar agua en hidrógeno y oxígeno y que se caracteriza porque incluye un sistema de recogida de gases que consta de: una primera columna de gas-agua conectada al electrolizador para formar un primer circuito de flujo a través del cual el hidrógeno producido en el electrolizador pasa a la primera columna de gas-agua y fuerza al agua de la primera columna de gas-agua a entrar en el electrolizador; una segunda columna de gas-agua conectada al electrolizador para formar un segundo circuito de flujo a través del cual el oxígeno producido en el electrolizador pasa al interior de la segunda columna de gas-agua y fuerza al agua de la segunda columna de gas-agua a entrar en el electrolizador; y un sistema de almacenamiento de gases que puede conectarse para recibir y almacenar el hidrógeno del primer circuito de flujo y el oxígeno del segundo circuito de flujo; un convertidor de hidrógeno en electricidad que puede ser conectado para recibir al menos el hidrógeno del sistema de almacenamiento de gases y generar electricidad a partir del mismo; y un sistema de válvulas para mantener la presión del hidrógeno presente en el primer circuito de flujo y la presión del oxígeno presente en el segundo circuito de flujo a una presión predeterminada igual a o superior a 6.895 KPa (1.000 psi) mediante el control del hidrógeno del primer circuito de flujo y el oxígeno del segundo circuito de flujo al sistema de almacenamiento de gases.
- 20 Preferentemente, el sistema de válvulas mantiene la presión en el primer circuito de flujo y en el segundo circuito de flujo a 17.237-34.474 KPa (2.500 – 5.000 psi).
- 25 Convenientemente, el sistema de válvulas mantiene la presión en el primer circuito de flujo y en el segundo circuito de flujo a 20.684 KPa (3.000 psi).
- 30 Convenientemente, el sistema de recogida de gases comprende una primera columna de gas-agua adicional que forma un primer circuito adicional a través del cual el hidrógeno del electrolizador entra en la primera columna de gas-agua adicional para forzar al agua de la primera columna gas-agua adicional a entrar en el electrolizador, una segunda columna de gas-agua adicional que forma un segundo circuito de flujo adicional a través del cual el oxígeno pasa del electrolizador al interior de la segunda columna de gas-agua para forzar al agua de la segunda columna de gas-agua a entrar en el electrolizador, y el sistema de válvulas incluye unas válvulas que conectan alternativamente las columnas de gas-agua primera y segunda al electrolizador y, a continuación, la primera columna de gas-agua adicional y la segunda columna de gas-agua adicional al electrolizador.
- 35 Preferentemente, el sistema de almacenamiento de gases comprende un depósito de almacenamiento de hidrógeno por lo menos y un depósito de almacenamiento de oxígeno por lo menos.
- 40 Convenientemente, el volumen del depósito de almacenamiento de hidrógeno que hay por lo menos es el doble que el volumen del depósito de almacenamiento de oxígeno que hay por lo menos.
- 45 Convenientemente, el depósito de almacenamiento de hidrógeno que hay por lo menos comprende una pluralidad de depósitos de almacenamiento de hidrógeno y el depósito de almacenamiento de oxígeno que hay por lo menos comprende una pluralidad de depósitos de almacenamiento de oxígeno.
- Preferentemente, el convertidor de hidrógeno en electricidad comprende una célula de combustible.
- 50 Convenientemente, la célula de combustible recibe el oxígeno del sistema de almacenamiento de gases así como el hidrógeno para su uso en la generación de electricidad.
- Convenientemente, el convertidor de hidrógeno en electricidad es un generador accionado por un motor de combustión.
- Preferentemente, el generador accionado por el motor de combustión recibe el oxígeno del sistema de almacenamiento de gases así como el hidrógeno para su uso en la generación de electricidad.
- 55 En la presente invención también se presenta un método para el suministro de electricidad a un lugar predeterminado alejado de la estación generadora de la compañía eléctrica, cuyo método consiste en los pasos de: generar electricidad generada en la compañía eléctrica en la estación generadora de la compañía eléctrica tanto durante los periodos de baja

5 demanda como de alta demanda; transmitir la electricidad generada en la compañía eléctrica desde la estación generadora de la compañía eléctrica hasta el lugar predeterminado; dissociar el agua presente en el lugar predeterminado en hidrógeno y oxígeno utilizando la electricidad generada en la compañía eléctrica durante los periodos de menor demanda; que se caracteriza por el hecho de: llevar a cabo el paso de disociación en un electrolizador; utilizar el hidrógeno y el oxígeno para introducir el agua en el electrolizador; regular la presión del hidrógeno y del oxígeno generados por el electrolizador a una presión de 6.895 KPa (1000 psi) por lo menos a base de extraer y almacenar el hidrógeno y el oxígeno en un sistema de almacenamiento presente en el lugar predeterminado; en donde la utilización del hidrógeno y del oxígeno para inyectar agua en el electrolizador consiste en dirigir el hidrógeno presente en un primer circuito de flujo desde el electrolizador hasta una primera columna de gas-agua desde la cual el agua es forzada por el hidrógeno a entrar en el electrolizador y dirigir el oxígeno presente en el segundo circuito de flujo desde el electrolizador hasta una segunda columna de gas-agua desde la cual el agua es forzada por el oxígeno a entrar en el electrolizador; almacenar el hidrógeno y el oxígeno en el lugar predeterminado; y llevar al menos el hidrógeno almacenado a un convertidor de hidrógeno en electricidad en el lugar predeterminado durante los periodos de alta demanda para generar electricidad generada localmente.

15 Convenientemente, el paso de transmitir la electricidad generada en la compañía eléctrica consiste en transmitir la electricidad generada en la compañía eléctrica a través de un sistema de transmisión suministrando electricidad a lugares adicionales además de al lugar predeterminado y con una capacidad de transmisión insuficiente para satisfacer los requisitos de electricidad en el lugar predeterminado y en los lugares adicionales durante periodos de alta demanda, siendo la electricidad generada localmente junto con la electricidad disponible en el lugar predeterminado generada por la compañía eléctrica suficiente para satisfacer los requisitos de electricidad en el lugar predeterminado durante los periodos de alta demanda.

25 Ventajosamente, el paso de transmitir la electricidad generada en la compañía eléctrica consiste en transmitir la electricidad generada en la compañía eléctrica a través de un sistema de transmisión hasta el lugar predeterminado y hasta otros lugares adicionales, en donde la disociación de agua en el lugar predeterminado y el almacenamiento del hidrógeno y del oxígeno se llevan a cabo durante los periodos valle y en donde la electricidad generada localmente se genera en el convertidor de hidrógeno en electricidad utilizando al menos el hidrógeno almacenado y es suministrada a los sistemas de transmisión durante los periodos pico.

30 Preferentemente, la electricidad generada en la compañía eléctrica es transmitida a una pluralidad de lugares distribuidos predeterminados donde es utilizada para dissociar agua en hidrógeno y oxígeno que son almacenados y al menos el hidrógeno se utiliza posteriormente para generar electricidad generada localmente.

Convenientemente, para generar la electricidad generada localmente se utiliza una célula de combustible como convertidor de hidrógeno en electricidad.

Convenientemente, el oxígeno almacenado así como el hidrógeno almacenado se utilizan en la célula de combustible para generar la electricidad generada localmente.

35 Preferentemente, para generar la electricidad generada localmente se utiliza un generador accionado por un motor de combustión como convertidor de hidrógeno en electricidad.

Convenientemente, el oxígeno almacenado así como el hidrógeno almacenado se utilizan en el generador accionado por el motor de combustión para generar la electricidad generada localmente.

40 Ventajosamente, al menos el hidrógeno almacenado es suministrado al convertidor de hidrógeno en electricidad presente en el lugar predeterminado incluso si se produce una interrupción en la transmisión de la electricidad generada en la compañía eléctrica en el lugar predeterminado.

Convenientemente, el método incluye el paso de regular la presión del hidrógeno y del oxígeno producidos en el electrolizador a una presión de 17.237-34.474 KPa (2.500-5.000 psi).

45 Ventajosamente, el método incluye el paso de regular la presión del hidrógeno y del oxígeno producidos en el electrolizador a una presión de 20.684 KPa (3.000 psi).

50 Preferentemente, el método también incluye el paso de utilizar el hidrógeno y el oxígeno para inyectar agua en el electrolizador que consiste en formar un primer circuito adicional a través del cual el hidrógeno es dirigido desde el electrolizador hasta una primera columna de gas-agua adicional desde la cual el agua es forzada por el hidrógeno a entrar en el electrolizador, proporcionando un segundo circuito adicional a través del cual el oxígeno es dirigido desde el electrolizador a una segunda columna de gas-agua adicional desde la cual el agua es forzada por el oxígeno en el electrolizador y, alternativamente, conectando el primer y el segundo circuitos de flujo al electrolizador mientras se cargan de agua las columnas adicionales primera y segunda y, a continuación, conectar al electrolizador los circuitos de flujo adicionales primero y segundo mientras se cargan de agua las columnas de gas-agua adicionales primera y segunda.

55 Convenientemente, el almacenamiento del hidrógeno y del oxígeno en un sistema de almacenamiento consiste en: rellenar alternativamente una sucesión de depósitos de hidrógeno con el hidrógeno de una de las columnas de gas-agua primera y primera adicional utilizando la presión de 6.895 KPa (1.000 psi) por lo menos generada en el electrolizador y

rellenar una sucesión de depósitos de oxígeno de oxígeno desde una de las columnas de gas-agua segunda y segunda adicional correspondiente utilizando la presión de 6.895 KPa (1.000 psi) por lo menos generada en el electrolizador despresurizando al mismo tiempo y rellenando de agua la otra columna de entre las columnas de gas-agua primera y primera adicional y la otra columna correspondiente de entre las columnas de gas-agua segunda y segunda adicional y rellena después la sucesión de depósitos de hidrógeno con el hidrógeno de la otra columna de entre las columnas de gas-agua primera y primera adicional utilizando del presión de 6.895 KPa (1.000 psi) por lo menos generada en el electrolizador y rellena la sucesión de depósitos de oxígeno con la otra columna correspondiente de entre las columnas de gas-agua segunda y segunda adicional utilizando la presión de 6.895 KPa (1.000 psi) generada en el electrolizador despresurizando al mismo tiempo y rellenando de agua la columna de entre las columnas de gas-agua primera y primera adicional y las columna correspondiente de entre las columnas de gas-agua segunda y segunda adicional.

Ventajosamente, la presión en el electrolizador se regula a 17.237-34.474 KPa (2.500-5.000 psi).

Preferentemente, la presión en el electrolizador se regula a 20.684 KPa (3.000 psi).

Convenientemente, se utiliza una célula de combustible como convertidor de hidrógeno en electricidad para generar electricidad.

15 Ventajosamente, la célula de combustible utiliza el oxígeno del sistema de almacenamiento así como el hidrógeno para generar electricidad.

Preferentemente, para generar electricidad se utiliza un generador accionado por un motor de combustión como convertidor de hidrógeno en electricidad.

20 Convenientemente, el motor de combustión utiliza el oxígeno además del hidrógeno del sistema de almacenamiento para generar electricidad.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención se puede comprender plenamente a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferentes, leída junto con los dibujos que la acompañan en los que:

25 La Figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de energía eléctrica que incluye un sistema de almacenamiento de energía basado en hidrógeno de conformidad con la invención.

La Figura 2 es un diagrama esquemático de una realización básica de la sección del convertidor de electricidad en hidrógeno del sistema de almacenamiento de energía basado en hidrógeno.

La Figura 3 es un diagrama esquemático de otra realización de la sección de conversión de electricidad en hidrógeno.

30 La Figura 4 es una vista esquemática de una realización modificada de la porción de almacenamiento de gas del sistema.

La Figura 5 es un diagrama esquemático ilustrativo de un sistema de almacenamiento distribuido de energía basado en hidrógeno conforme a la invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERENTES

35 En la Figura 1 se ilustra un sistema de energía eléctrica 1 en donde una fuente primaria de energía eléctrica 3 tal como una estación generadora de una compañía eléctrica proporciona energía eléctrica a un sistema de transmisión 5. La planta generadora de la compañía eléctrica 3 puede ser una central alimentada con combustibles fósiles, una central nuclear, una central hidroeléctrica o una fuente de energía renovable como, por ejemplo, un generador eólico o un generador solar. La fuente de la energía primaria proporcionada al sistema de transmisión no es crítica y puede haber múltiples fuentes de energía primaria. Según la invención, en un lugar predeterminado 9 del sistema de transmisión 5 se coloca un sistema de almacenamiento de energía basado en hidrógeno 7.

40 El sistema de almacenamiento de energía basado en hidrógeno 7 incluye un convertidor de electricidad en hidrógeno 11 activado por la energía del sistema de transmisión 5 a través del control de la energía entrante y de una unidad de acondicionamiento 13 que, entre otras cosas, rectifica la energía de la línea de transmisión polifásica. El convertidor de electricidad en hidrógeno 11 disocia el agua proporcionada a través de una unidad de acondicionamiento de agua 15 en gas de hidrógeno y gas de oxígeno que son recogidos y almacenados por separado en un sistema de almacenamiento de gases 17. Según un aspecto de la invención, la energía eléctrica de la estación generadora 3 de la compañía eléctrica es transportada a través del sistema de transmisión 5 hasta el sistema de almacenamiento de energía basado en hidrógeno 7 para su conversión en hidrógeno y en oxígeno durante los periodos valle. Durante los periodos pico, al menos el hidrógeno almacenado es suministrado a un convertidor de hidrógeno en electricidad 19, como una célula de combustible o un generador accionado por un motor de combustión, para generar electricidad generada localmente, que puede ser suministrada de nuevo al sistema de transmisión 5 a través de una unidad de control y acondicionamiento de la energía saliente 21 para proporcionar la energía pico. Además de proporcionar la energía pico, el sistema de almacenamiento de energía basado en hidrógeno 7 contribuye a solucionar los efectos de los cuellos de botella en el

sistema de transmisión 5 durante los periodos pico mediante el abastecimiento de energía distribuida. Cuando el sistema de almacenamiento de energía basado en hidrógeno 7 está co-emplazado con un cliente 23, la electricidad generada localmente se puede añadir a la electricidad tomada directamente del sistema de transmisión 5 por parte del cliente para satisfacer los requisitos de energía del cliente durante los periodos de alta demanda. Además, el sistema de almacenamiento de energía basado en hidrógeno 7 puede proporcionar energía al sistema de transmisión y a los clientes locales en caso de interrupciones en el suministro de energía a través del sistema de transmisión, por ejemplo, durante los apagones producidos durante las tormentas. La unidad de control y acondicionamiento de la energía saliente 21 puede incluir un inversor para convertir la energía de CC producida por una célula de combustible o por un generador de CC accionado por un motor de combustión en energía de CA polifásica. Normalmente, el generador accionado por el motor de combustión tendrá una salida de CA. El agua producida como subproducto por la célula de combustible puede ser alimentada de nuevo en el convertidor de electricidad en hidrógeno 11.

En la Figura 2 se ilustra más detalladamente el convertidor de electricidad en hidrógeno 11. Este convertidor 11 incluye un electrolizador 25 que utiliza la energía eléctrica de CC proporcionada por la unidad de acondicionamiento y control de energía 13 para disociar el agua en hidrógeno y oxígeno. Un sistema de recogida de gases 27 incluye una primera columna de gas-agua 29 que se conecta al electrolizador 25 a través de una tubería 31 para recibir el gas de hidrógeno que se acumula en el cátodo del electrolizador. Una segunda tubería 33 dispuesta entre la primera columna de gas-agua 29 y el electrolizador 25 completa un primer circuito de flujo 35 a través del cual el hidrógeno producido en el electrolizador 25 pasa a la primera columna de gas-agua 29 y fuerza al agua presente en la columna a entrar en el electrolizador. El sistema de recogida de gases 27 incluye una segunda columna de gas-agua 37 conectada al electrolizador a través de una tubería de oxígeno 39 y una tubería de agua 41 para formar un segundo circuito de flujo 43 a través del cual el gas de oxígeno que se acumula en el ánodo del electrolizador pasa al interior de la segunda columna de gas-agua 37 y fuerza al agua de esta segunda columna de gas-agua a volver al electrolizador. Una unidad de control 45 acciona las válvulas 47, 49, 51 y 53 presentes en las tuberías 31, 33, 39 y 41, respectivamente, para establecer estos circuitos de flujo durante la generación de gas por parte del electrolizador 25. La unidad de control 45 también controla la presión presente en la primera columna de gas-agua 29 detectada por el sensor de presión 55 y la presión del gas presente en la segunda columna de gas-agua 37 detectada por el sensor de presión 57 para utilizarla en el control del funcionamiento de las válvulas 59 y 61 que controlan el flujo de hidrógeno y oxígeno, respectivamente, al sistema de almacenamiento de gases. Según la invención, se permite que la presión aumente hasta unos 6.895 KPa (1000 psi) por lo menos y, para un mayor rendimiento, se mantiene en unos 17.237-34.474 KPa (2.500 a unos 5.000 psi). El sistema del ejemplo funciona a unos 20.684 KPa (3.000 psi). Esta alta presión autogenerada permite que el electrolizador 25 funcione de manera más eficiente y también permite el almacenamiento de gases más eficaz sin necesidad de tener que presurizar aparte el equipo.

El convertidor de electricidad en hidrógeno 11 ilustrado en la Figura 2 es un sistema por lotes. La unidad de control 45 que activa las válvulas 65 y 67 llena las columnas de gas-agua primera y segunda 29 y 37 hasta un nivel predeterminado con el agua de un sistema de suministro de agua. Tal y como se muestra en la Figura 1, el agua para cargar las columnas de gas-agua 29 y 37 puede incluir el agua producida cuando se utiliza una célula de combustible como el convertidor de hidrógeno en electricidad como complemento de una fuente de suministro de agua entrante.

El funcionamiento del electrolizador 25 finaliza y las columnas de gas-agua primera y segunda 29 y 37 se recargan cuando los sensores del nivel de agua 69 y 71 detectan un estado de nivel bajo de agua predeterminado.

Durante su funcionamiento, cuando las columnas de gas-agua 29 y 37 están totalmente cargadas, las válvulas 65 y 67 se cierran mientras que las válvulas 47, 49, 51 y 53 se abren. Las válvulas 59 y 61 están inicialmente cerradas. El electrolizador 25 se activa con el gas de hidrógeno producido que fluye por el primer circuito 35 hasta el interior de la primera columna de gas-agua 29 para forzar la entrada de agua adicional en el electrolizador y con el oxígeno que desplaza el agua de forma similar hasta el interior de la segunda columna de gas-agua 37. Cuando las presiones de los gases presentes en las columnas de gas-agua 29 y 37 aumentan a la alta presión deseada, las válvulas 59 y 61 también se abren para mantener esa presión a base de desviar los gases al sistema de almacenamiento de gases 17. Cuando en las columnas de gas-agua 29 y 37 se detecta un bajo nivel de agua, el electrolizador se desactiva y las válvulas 47, 49, 51 y 53 se cierran. La presión de los gases se purga y las válvulas 59 y 61 se cierran mientras que las válvulas 65 y 67 se abren para recargar con agua las columnas de gas-agua.

En la Figura 3 se ilustra otra realización del convertidor de electricidad en hidrógeno 11 que incluye un sistema doble de recogida de gases 27' que incluye una primera columna de gas-agua adicional 29' conectada al electrolizador para formar un primer circuito de flujo adicional 35' y una segunda columna de gas-agua adicional 37' conectada de igual modo al electrolizador para formar un segundo circuito de flujo adicional 43'. Estos circuitos de flujo adicionales 35' y 43' se forman mediante un sistema de tuberías y válvulas similar al de los circuitos de flujo primero y segundo con los componentes identificados a través de los mismos caracteres de referencia imprimados. Con esta disposición, la mitad del sistema de recogida de gases que contiene una primera columna de gas-agua y una segunda columna de gas-agua se encuentra preparado para recoger los gases producidos por el electrolizador mientras que la otra primera columna de gas-agua y la otra segunda columna de gas-agua se recargan. La electrolisis se puede mantener de forma continua con una transición entre un grupo de columnas de gas-agua y el otro.

En la Figura 4 se ilustra una realización del sistema de almacenamiento de gases 17 que incluye al menos un depósito de almacenamiento de hidrógeno 77 que recibe el gas de hidrógeno del convertidor de electricidad en hidrógeno 11 a

través de la tubería de hidrógeno 73 y la válvula de control 79. Una válvula de no retorno 81 evita la retroalimentación del hidrógeno y mantiene la presión del gas almacenado. De forma similar, un depósito de almacenamiento de oxígeno 83 recibe el oxígeno del convertidor de electricidad en hidrógeno 11 a través de la tubería de oxígeno 75, la válvula de control 85 y la válvula de no retorno 87. El hidrógeno y el oxígeno quedan almacenados hasta que se necesitan en cuyo caso las válvulas 89 y 91 se abren para proporcionar hidrógeno y oxígeno a la célula de combustible (o generador accionado por motor de combustión) a través de las tuberías 93 y 95, respectivamente. Según sean los requisitos del sistema de almacenamiento de gases 17, pueden conectarse de manera similar una pluralidad de depósitos de almacenamiento de hidrógeno 792-79n y de depósitos de almacenamiento de oxígeno 832-83n a las tuberías de suministro de hidrógeno y de oxígeno 73 y 75 y las tuberías de salida 93 y 95, respectivamente. Como ya se ha mencionado anteriormente, para generar la electricidad generada localmente se utiliza el hidrógeno por lo menos. El oxígeno almacenado también puede utilizarse con este fin o, cuando en el convertidor de hidrógeno en electricidad utiliza oxígeno ambiental, el oxígeno almacenado puede ser utilizado con otros fines o puede venderse. Mientras que en la Figura 4 se muestran los depósitos de almacenamiento de hidrógeno 77 y los depósitos de almacenamiento de oxígeno 83 de forma que tienen mismo volumen, los depósitos 83 pueden tener la mitad del volumen o ser la mitad que los depósitos 77 ya que en la disociación del agua se produce dos veces más hidrógeno que oxígeno en volumen. Con el sistema multidepósitos, los depósitos llenos pueden mantenerse a alta presión del sistema, por ejemplo, unos 20.684 KPa (3.000 psi), mientras que para cada gas se utiliza un depósito vacío para purgar la presión de las columnas de gas-agua 29 y 37 para la recarga.

En la Figura 5 se ilustra un sistema de energía eléctrica 1 en el que tres plantas de energía eléctrica de la compañía eléctrica 3 proporcionan energía eléctrica a una red de energía 97 a través de unas subestaciones 99. La red 97 tiene numerosas líneas de transmisión interconectadas 101 que proporcionan energía a través de subestaciones adicionales 103 a los sistemas de distribución 105 que abastecen a una serie de clientes 107. Además del problema de suministrar energía suficiente para satisfacer los requisitos de todos los clientes durante los periodos pico, también pueden producirse constricciones en las líneas de transmisión de la red 101 que limitan la capacidad de satisfacer las necesidades de todos los clientes durante los periodos pico incluso si en las plantas de energía de la compañía eléctrica hay capacidad suficiente. Por cualquiera de estas razones, o por las dos, el sistema ilustrado en la Figure 5 incluye sistemas distribuidos de almacenamiento de energía basados en hidrógeno 7 ubicados por toda la red 97 que se encuentran alejados de las plantas generadoras de la compañía eléctrica 3. Estos sistemas distribuidos de almacenamiento de energía basados en hidrógeno pueden emplazarse separados como en 7a, pueden emplazarse en una subestación como en 7b o coemplazarse con un cliente con en 7c. Con tal disposición, la energía eléctrica es transportada a estos sistemas distribuidos de almacenamiento de energía basados en hidrógeno 7a-7c donde el hidrógeno generado queda almacenado para su uso en periodos de demanda pico, en los que se producen constricciones en el sistema de transmisión y la interrupción en el suministro de la energía generada en la compañía eléctrica a una porción de la red eléctrica.

Aunque ya se han descrito detalladamente algunas realizaciones específicas de la invención, aquellos versados en la materia se darán cuenta que podrían desarrollarse varias modificaciones y alternativas a esos detalles a la luz de las enseñanzas generales de la invención. Según esto, las disposiciones particulares presentadas son meramente ilustrativas y no limitan en modo alguno el alcance de la invención que queda reflejado en las reivindicaciones adjuntas y en cualquiera y todos los equivalentes de la misma.

REIVINDICACIONES

- 1.Aparato para el almacenamiento de la energía generada por una fuente de energía eléctrica primaria y para la regeneración de electricidad a partir de la energía almacenada, cuyo aparato comprende:
- 5 un electrolizador activado por la fuente de energía eléctrica primaria para disociar agua en hidrógeno y oxígeno y que se caracteriza porque incluye:
- un sistema de recogida de gases que comprende:
- una primera columna de gas-agua conectada al electrolizador para formar un primer circuito de flujo a través del cual el hidrógeno producido en el electrolizador pasa a la primera columna de gas-agua y fuerza al agua de la primera columna de gas-agua a entrar en el electrolizador.
- 10 una segunda columna de gas-agua conectada al electrolizador para formar un segundo circuito de flujo a través del cual el oxígeno producido en el electrolizador pasa a la segunda columna de gas-agua y fuerza al agua de la segunda columna de gas-agua a entrar en el electrolizador; y
- un sistema de almacenamiento de gases que puede ser conectado para recibir y almacenar el hidrógeno del primer circuito de flujo y el oxígeno del segundo circuito de flujo.
- 15 un convertidor de hidrógeno en electricidad que puede ser conectado para recibir al menos el hidrógeno del sistema de almacenamiento de gases y generar electricidad a partir del mismo; y
- un sistema de válvulas que mantienen la presión del hidrógeno presente en el primer circuito de flujo y la presión del oxígeno presente en el segundo circuito de flujo a una presión predeterminada igual a o superior a 6.895 KPa (1.000 psi) mediante el control del flujo de hidrógeno desde el primer circuito de flujo y del oxígeno desde el segundo circuito de flujo
- 20 al sistema de almacenamiento de gases.
- 2.El aparato de la Reivindicación 1 en donde el sistema de válvulas mantiene la presión en el primer circuito de flujo y en el segundo circuito de flujo a 17.237-34.474 KPa (2.500 – 5.000 psi).
- 3.El aparato de la Reivindicación 1 en donde el sistema de válvulas mantiene la presión en el primer circuito de flujo y en el segundo circuito de flujo a 20.684 KPa (3.000 psi).
- 25 4.El aparato de la Reivindicación 1 en donde el sistema de recogida de gases comprende una primera columna de gas-agua adicional que forma un primer circuito adicional a través del cual el hidrógeno del electrolizador entra en la primera columna de gas-agua adicional para forzar al agua de la primera columna gas-agua adicional a entrar en el electrolizador, una segunda columna de gas-agua adicional que forma un segundo circuito de flujo adicional a través del cual el oxígeno pasa del electrolizador al interior de la segunda columna de gas-agua para forzar al agua de la segunda
- 30 columna de gas-agua a entrar en el electrolizador, y el sistema de válvulas incluye las válvulas que conectan alternativamente las columnas de gas-agua primera y segunda al electrolizador y, a continuación, la primera columna de gas-agua adicional y la segunda columna de gas-agua adicional al electrolizador.
5. El aparato de la Reivindicación 1 en donde el sistema de almacenamiento de gases comprende un depósito de almacenamiento de hidrógeno por lo menos y un depósito de almacenamiento de oxígeno por lo menos.
- 35 6.El aparato de la Reivindicación 4 en donde el volumen del depósito de almacenamiento de hidrógeno que hay por lo menos es el doble que el volumen del depósito de almacenamiento de oxígeno que hay por lo menos.
- 7.El aparato de la Reivindicación 6 en donde el depósito de almacenamiento de hidrógeno que hay por lo menos comprende una pluralidad de depósitos de almacenamiento de hidrógeno y el depósito de almacenamiento de oxígeno que hay por lo menos comprende una pluralidad de depósitos de almacenamiento de oxígeno.
- 40 8.El aparato de la Reivindicación 1 en donde el convertidor de hidrógeno en electricidad comprende una célula de combustible.
- 9.El aparato de la Reivindicación 8 en donde la célula de combustible recibe el oxígeno procedente del sistema de almacenamiento de gases así como el hidrógeno para su uso en la generación de electricidad.
- 45 10.El aparato de la Reivindicación 1 en donde el convertidor de hidrógeno en electricidad es un generador accionado por un motor de combustión.
- 11.El aparato de la Reivindicación 10 en donde el generador accionado por un motor de combustión recibe el oxígeno procedente del sistema de almacenamiento de gases así como el hidrógeno para su uso en la generación de electricidad.
- 12.Un método para el suministro de electricidad a un lugar predeterminado alejado de la estación generadora de la

compañía eléctrica, cuyo método consiste en los pasos de:

generar electricidad generada en la compañía eléctrica en la estación generadora de la compañía eléctrica tanto durante los periodos de baja demanda como de alta demanda;

5 transmitir la electricidad generada en la compañía eléctrica desde la estación generadora de la compañía eléctrica al lugar predeterminado;

disociar el agua presente en el lugar predeterminado en hidrógeno y oxígeno utilizando la electricidad generada en la compañía eléctrica durante los periodos de menor demanda;

que se caracteriza por el hecho de:

10 llevar a cabo el paso de disociación en un electrolizador; utilizar el hidrógeno y el oxígeno para introducir el agua en el electrolizador;

regular la presión del hidrógeno y del oxígeno generados por el electrolizador a una presión de 6.895 KPa (1000 psi) por lo menos a base de extraer y almacenar el hidrógeno y el oxígeno en un sistema de almacenamiento presente en el lugar predeterminado;

15 en donde la utilización del hidrógeno y del oxígeno para inyectar agua en el electrolizador consiste en dirigir el hidrógeno presente en un primer circuito de flujo desde el electrolizador hasta una primera columna de gas-agua desde la cual el agua es forzada por el hidrógeno a entrar en el electrolizador y dirigir el oxígeno presente en el segundo circuito de flujo desde el electrolizador hasta una segunda columna de gas-agua desde la cual el agua es forzada por el oxígeno a entrar en el electrolizador;

20 almacenar el hidrógeno y el oxígeno en el lugar predeterminado; y llevar al menos el hidrógeno almacenado a un convertidor de hidrógeno en electricidad en el lugar predeterminado durante los periodos de alta demanda para generar electricidad generada localmente.

25 13.El método de la Reivindicación 12 en donde el paso de transmitir la electricidad generada en la compañía eléctrica consiste en transmitir la electricidad generada en la compañía eléctrica a través de un sistema de transmisión suministrando electricidad a lugares adicionales además de al lugar predeterminado y con una capacidad de transmisión insuficiente para satisfacer los requisitos de electricidad en el lugar predeterminado y en los lugares adicionales durante periodos de alta demanda, siendo la electricidad generada localmente, con la electricidad disponible en el lugar predeterminado, generada por la compañía eléctrica, suficiente para satisfacer los requisitos de electricidad en el lugar predeterminado durante los periodos de alta demanda.

30 14.El método de la Reivindicación 12 en donde el paso de transmitir la electricidad generada en la compañía eléctrica consiste en transmitir la electricidad generada en la compañía eléctrica a través de un sistema de transmisión hasta el lugar predeterminado y hasta otros lugares adicionales, en donde la disociación del agua en el lugar predeterminado y el almacenamiento del hidrógeno y del oxígeno se llevan a cabo durante los periodos valle y en donde la electricidad generada localmente se genera en el convertidor de hidrógeno en electricidad utilizando al menos el hidrógeno almacenado y es suministrada durante los periodos pico.

35 15.El método de la Reivindicación 12 en donde la electricidad generada en la compañía eléctrica es transmitida a una pluralidad de lugares distribuidos predeterminados donde es utilizada para disociar agua en hidrógeno y oxígeno que son almacenados y el menos el hidrógeno se utiliza posteriormente para generar electricidad generada localmente.

16.El método de la Reivindicación 12 en donde para generar la electricidad generada localmente se utiliza una célula de combustible como convertidor de hidrógeno en electricidad.

40 17.El método de la Reivindicación 12 en donde el oxígeno almacenado así como el hidrógeno almacenado se utilizan en la célula de combustible para generar la electricidad generada localmente.

18.El método de la Reivindicación 12 en donde para generar la electricidad generada localmente se utiliza un generador accionado por un motor de combustión como convertidor de hidrógeno en electricidad.

45 19.El método de la Reivindicación 18 en donde el oxígeno almacenado así como el hidrógeno almacenado se utilizan en el generador accionado por un motor de combustión para generar la electricidad generada localmente.

20.El método de la Reivindicación 12 en donde al menos el hidrógeno almacenado es suministrado al convertidor de hidrógeno en electricidad presente en el lugar predeterminado incluso si se produce una interrupción de la transmisión de la electricidad generada en la compañía eléctrica al lugar predeterminado.

50 21.El método de la Reivindicación 12 que incluye el paso de regular la presión del hidrógeno y del oxígeno producidos en el electrolizador a una presión de 17.237-34.474 KPa (2.500-5,000 psi).

22.El método de la Reivindicación 21 que incluye el paso de regular la presión del hidrógeno y del oxígeno producidos en

el electrolizador a una presión de 20.684 KPa (3.000 psi).

- 5 23.El método de la Reivindicación 12 en donde la utilización del hidrógeno y del oxígeno para inyectar agua en el electrolizador consiste en formar un primer circuito adicional a través del cual el hidrógeno es dirigido desde el electrolizador hasta una primera columna de gas-agua adicional desde la cual el agua es forzada por el hidrógeno en el electrolizador, proporcionando un segundo circuito adicional en el cual el oxígeno es dirigido desde el electrolizador a una segunda columna de gas-agua adicional desde la cual el agua es forzada por el oxígeno a entrar en el electrolizador y, alternativamente, conectar el primer y el segundo circuitos de flujo al electrolizador mientras se cargan de agua las columnas adicionales primera y segunda y, a continuación, conectar al electrolizador los circuitos de flujo adicionales primero y segundo mientras se cargan de agua las columnas de gas-agua adicionales primera y segunda.
- 10 24.El método de la Reivindicación 23 en donde el almacenamiento del hidrógeno y del oxígeno en un sistema de almacenamiento consiste en:
- rellenar alternativamente una sucesión de depósitos de hidrógeno con el hidrógeno procedente de una de las columnas de gas-agua primera y primera adicional utilizando la presión de 6.895 KPa (1.000 psi) por lo menos generada en el electrolizador y rellenar una sucesión de depósitos de oxígeno de oxígeno desde una de las columnas de gas-agua segunda y segunda adicional correspondiente utilizando la presión de 6.895 KPa (1.000 psi) por lo menos generada en el electrolizador despresurizando al mismo tiempo y rellenando de agua la otra columna de entre las columnas de gas-agua primera y primera adicional y la otra columna correspondiente de entre las columnas de gas-agua segunda y segunda adicional y rellenar después la sucesión de depósitos de hidrógeno con el hidrógeno procedente de la otra columna de entre las columnas de gas-agua primera y primera adicional utilizando una presión de 6.895 KPa (1.000 psi) por lo menos generada en el electrolizador y rellenar la sucesión de depósitos de oxígeno con la otra columna correspondiente de entre las columnas de gas-agua segunda y segunda adicional utilizando la presión de 6.895 KPa (1.000 psi) generada en el electrolizador despresurizando al mismo tiempo y rellenando de agua la columna de entre las columnas de gas-agua primera y primera adicional y las columnas correspondientes de entre las columnas de gas-agua segunda y segunda adicional.
- 15 25.El método de la Reivindicación 24 en donde la presión en el electrolizador se regula a 17.237-34.474 KPa (2.500-5.000 psi).
- 20 26.El método de la Reivindicación 24 en donde la presión en el electrolizador se regula a 20.684 KPa (3.000 psi).
- 25 27.El método de la Reivindicación 20 en donde para generar la electricidad se utiliza una célula de combustible como convertidor de hidrógeno en electricidad.
- 30 28.El método de la Reivindicación 27 en donde la célula de combustible utiliza el oxígeno del sistema de almacenamiento así como el hidrógeno para generar electricidad.
- 29.El método de la Reivindicación 20 en donde para generar electricidad se utiliza un generador accionado por un motor de combustión como convertidor de hidrógeno en electricidad.
- 35 30.El método de la Reivindicación 29 en donde el motor de combustión utiliza el oxígeno además del hidrógeno del sistema de almacenamiento para generar electricidad.

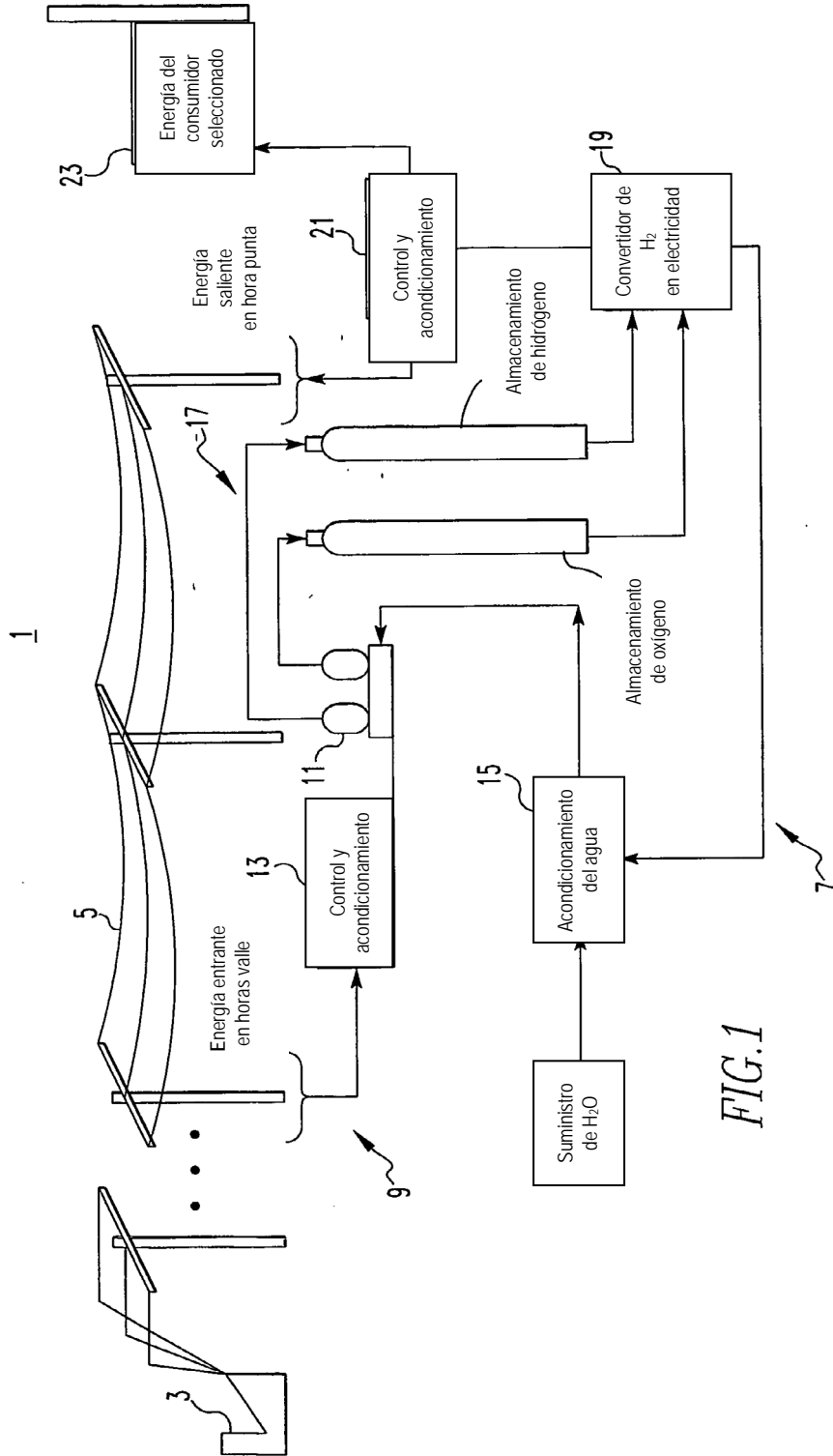


FIG.1

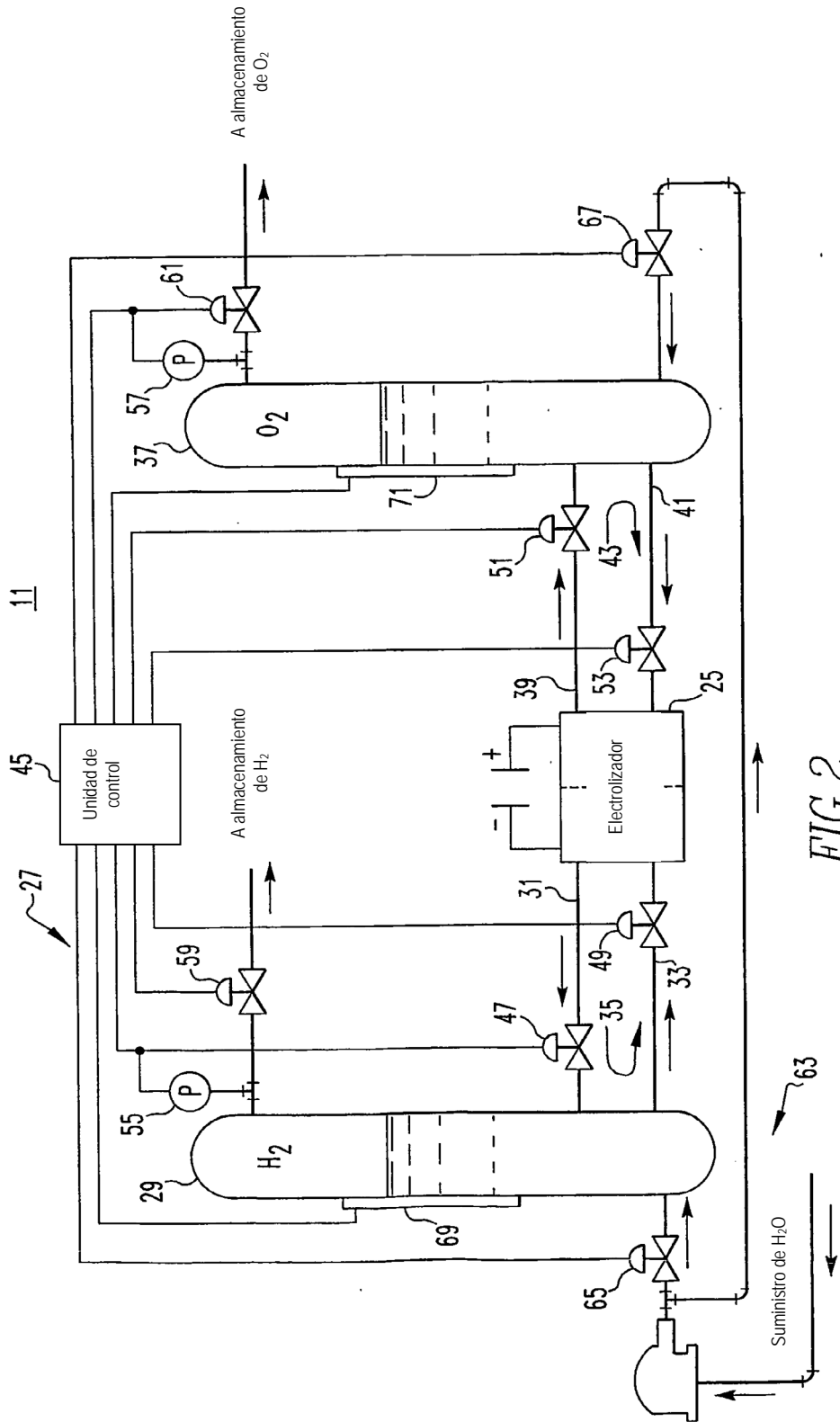


FIG. 2

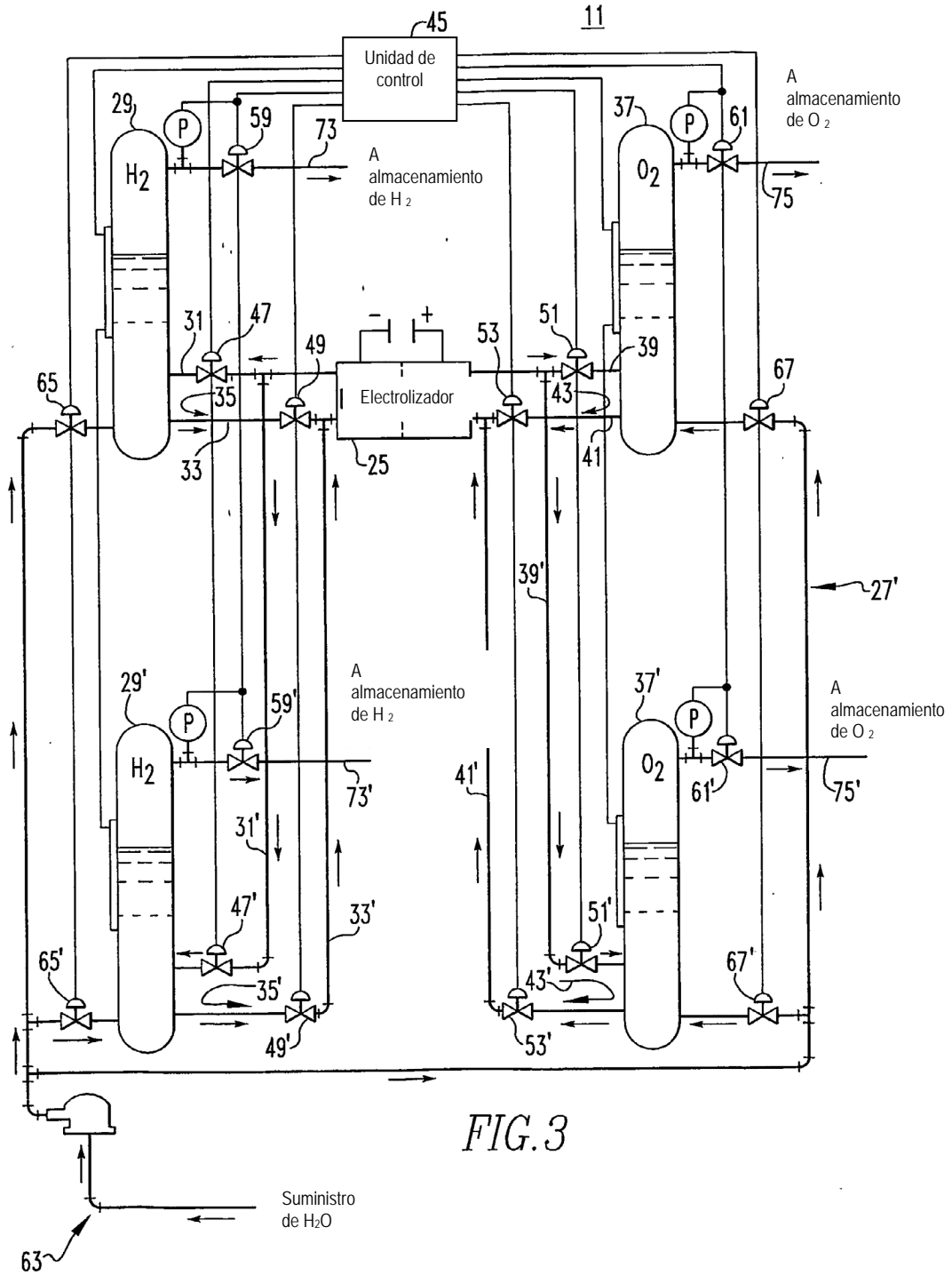


FIG. 3

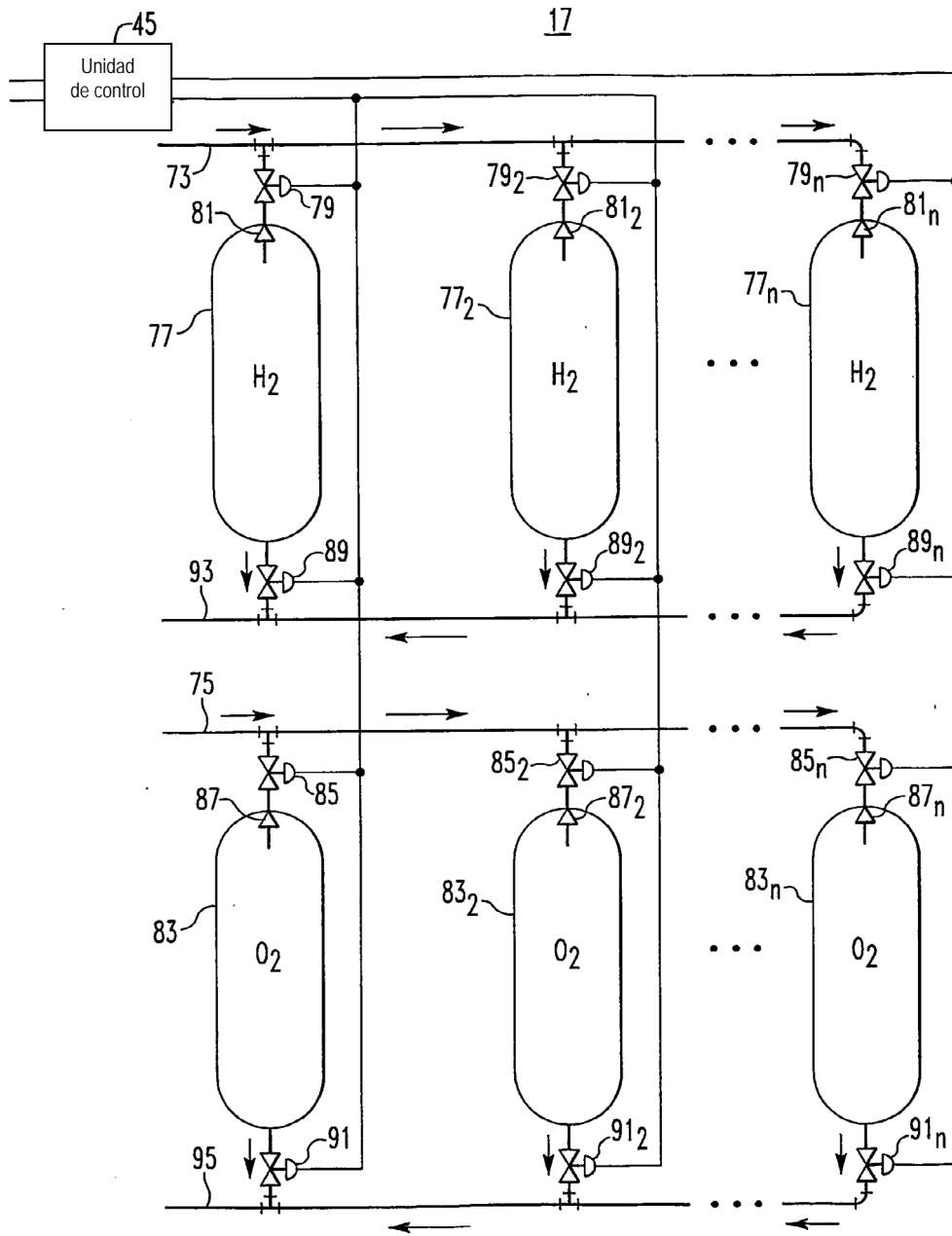


FIG. 4

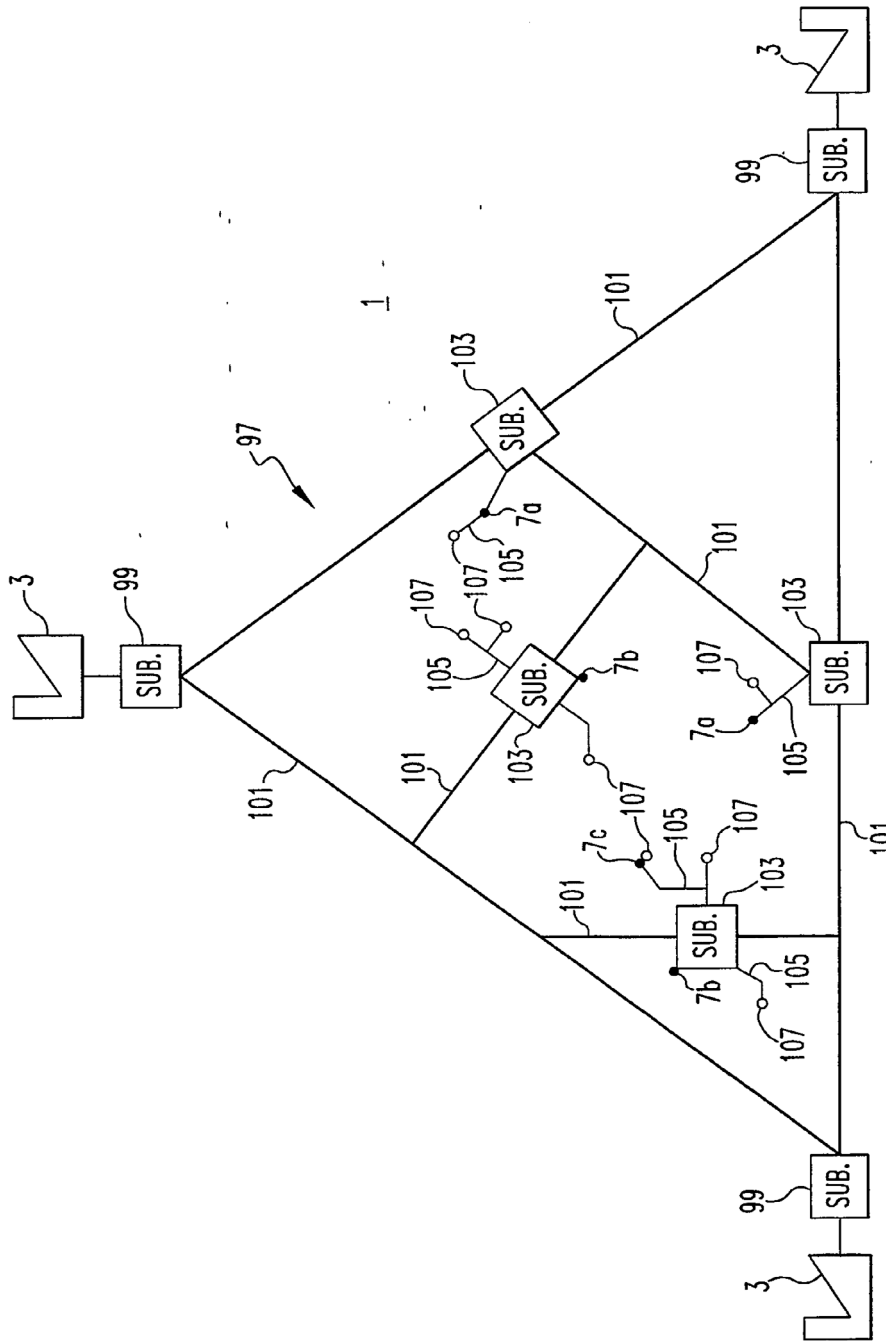


FIG. 5