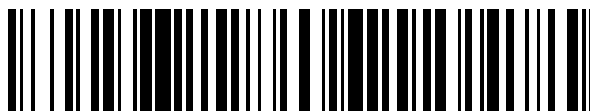


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 566**

51 Int. Cl.:

H01M 8/0656 (2006.01)

H01M 8/0662 (2006.01)

C25B 1/12 (2006.01)

C25B 9/06 (2006.01)

B01D 53/32 (2006.01)

C01B 3/38 (2006.01)

H01M 8/1018 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.08.2014** **PCT/US2014/052911**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2015** **WO15031482**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2014** **E 14771423 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019** **EP 3039735**

54 Título: **Compresor electroquímico integrado y método y sistema de almacenamiento en cascada**

30 Prioridad:

28.08.2013 US 201361870895 P

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

10.12.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

PRESCOTT, ADAM y
GORDON, BRYAN

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 734 566 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

Compresor electroquímico integrado y método y sistema de almacenamiento en cascada.

- 5 La presente descripción se refiere a un compresor electroquímico integrado y a los sistemas y métodos de almacenamiento en cascada. De acuerdo con una modalidad ilustrativa, el sistema y método pueden usarse para reabastecer vehículos impulsados por hidrógeno.
- 10 Las celdas electroquímicas, generalmente clasificadas como celdas de combustible o celdas de electrólisis, son dispositivos utilizados para generar corriente a partir de reacciones químicas, o inducir una reacción química mediante el uso de un flujo de corriente. Una celda de combustible convierte la energía química de un combustible (por ejemplo, hidrógeno, gas natural, metanol, gasolina, etc.) y un oxidante (por ejemplo, aire u oxígeno) en electricidad y produce calor y agua. Una celda de combustible básica comprende un ánodo cargado negativamente, un cátodo cargado positivamente y un material conductor de iones llamado electrolito.
- 15 Diferentes tecnologías de celdas de combustible utilizan diferentes materiales de electrolitos. Una celda de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM), por ejemplo, utiliza una membrana polimérica conductora de iones como el electrolito. En una celda de combustible PEM de hidrógeno, los átomos de hidrógeno pueden dividirse electroquímicamente en electrones y protones (iones de hidrógeno) en el ánodo. Los electrones fluyen a través del circuito hacia el cátodo y generan electricidad, mientras que los protones se difunden a través de la membrana del electrolito hacia el cátodo. En el cátodo, los protones de hidrógeno pueden reaccionar con los electrones y el oxígeno (suministrados al cátodo) para producir agua y calor.
- 20 Una celda de electrólisis representa una celda de combustible operada en reversa. Una célula de electrólisis básica puede funcionar como un generador de hidrógeno al descomponer el agua en gases de hidrógeno y oxígeno cuando se aplica un potencial eléctrico externo. La tecnología básica de una celda de combustible de hidrógeno o una celda de electrólisis puede aplicarse a la manipulación electroquímica del hidrógeno, tal como la compresión, purificación o expansión electroquímica del hidrógeno.
- 25 Un compresor electroquímico de hidrógeno (EHC), por ejemplo, puede usarse para transferir hidrógeno de manera selectiva desde un lado de una celda a otro. Los EHC que funcionan de esta manera a veces se denominan bombas de hidrógeno. Cuando el hidrógeno acumulado en el segundo electrodo se restringe a un espacio confinado, la celda electroquímica comprime el hidrógeno o aumenta la presión dentro del espacio confinado. La presión máxima o la velocidad de flujo que una célula individual es capaz de producir puede limitarse en función del diseño de la celda.
- 30 El hidrógeno se ha convertido en una alternativa viable a las fuentes de energía tradicionales (es decir, los combustibles fósiles). La comercialización exitosa de hidrógeno como portador de energía y la sostenibilidad a largo plazo de una "economía del hidrógeno" depende en gran medida de la eficiencia y la rentabilidad de las celdas de combustible, las celdas de electrólisis, los sistemas de manipulación / manejo de hidrógeno (por ejemplo, EHC) y los sistemas de distribución de hidrógeno (por ejemplo, estaciones de dispensación). El hidrógeno gaseoso es un medio conveniente y eficiente de almacenamiento de energía, generalmente por contención presurizada. Ventajosamente, el almacenamiento de hidrógeno a alta presión produce una alta densidad de energía.
- 35 Sin embargo, la distribución eficiente de hidrógeno a los vehículos como parte de una "economía del hidrógeno" totalmente integrada presenta desafíos. Por ejemplo, ¿cómo puede una estación dispensadora manejar un gran volumen de tráfico de vehículos mientras aún puede proporcionar a cada vehículo un tanque lleno? Un tanque de hidrógeno puede clasificarse para una presión de diseño y el llenado a la presión de diseño puede maximizar el rango del vehículo. Para que una estación pueda manejar un gran volumen de tráfico y garantizar que cada cliente reciba un llenado completo, la estación debe tener un tanque de almacenamiento de hidrógeno de alta presión de gran capacidad que puede ser costoso e ineficiente.
- 40 Una estación de combustible gaseosa típica emplea un sistema de almacenamiento en cascada, que divide el combustible almacenado en varios tanques separados. Por ejemplo, una versión puede emplear tres tanques: baja, media y alta presión. El vehículo se conecta primero al tanque de baja presión y se iguala, luego al de media y, por último, al tanque de alta presión. Esta metodología maximiza la utilización del gas almacenado al reducir la masa extraída del tanque de alta presión con el propósito de completar el vehículo. No solo se requiere más energía para almacenar el gas a la alta presión del tanque de alta, sino que el tanque en sí puede ser más caro de fabricar con el propósito de almacenar de manera segura el gas a este nivel de alta presión.
- 45 La estación de combustible gaseosa típica también utiliza un compresor para comprimir una fuente de combustible y entregarla al tanque de combustible de presión baja, media o alta. La compresión mecánica es la forma más común para que el compresor logre la presurización deseada (es decir, baja, media o alta). La compresión mecánica generalmente incluye que el gas se comprime dentro de una cámara por un pistón o diafragma. Sin embargo, la compresión mecánica sufre el uso intensivo de energía, el desgaste de las piezas móviles, la fragilidad del hidrógeno, el ruido excesivo, los equipos voluminosos y la contaminación del gas por lubricantes.
- 50
- 55
- 60
- 65

Un compresor electroquímico de hidrógeno proporciona otro sistema para comprimir una fuente de combustible a la presurización deseada, y generalmente incluye pilas de conjuntos de membrana-electrodo (MEA) separados por membranas de intercambio de protones (PEM). Cada MEA incluye un cátodo, una membrana de electrolito y un ánodo. El gas de hidrógeno se introduce en el lado del ánodo de un MEA y se oxida, con un potencial eléctrico, para producir protones y electrones. Los protones se conducen a través de la membrana del electrolito hasta el cátodo y vuelven a unirse con los electrones para formar hidrógeno comprimido.

Los compresores electroquímicos generalmente incluyen una pila de múltiples sellos y/o membranas que son sensibles al daño durante los cambios rápidos de presión. Un compresor usado en un sistema de almacenamiento en cascada puede experimentar cambios rápidos de presión al secuenciar desde un tanque de almacenamiento (por ejemplo, un tanque de combustible de alta presión) a otro tanque de almacenamiento (por ejemplo, un tanque de combustible de baja presión). Dichos cambios rápidos de presión pueden ser sustancialmente instantáneos y pueden ser tan altos como varios miles de libras por pulgada cuadrada por segundo. Estos rápidos cambios de presión pueden dañar un compresor electroquímico de varias maneras. Por ejemplo, los sellos de un compresor electroquímico pueden dañarse debido a la descompresión explosiva, la hinchazón excesiva o la extrusión. De manera alternativa o adicional, los cambios rápidos de presión pueden causar la falla de la membrana debido a mecanismos de daño similares.

En consideración a las circunstancias mencionadas anteriormente, la presente descripción proporciona un sistema para un compresor electroquímico integrado y almacenamiento en cascada de hidrógeno. La invención proporciona un sistema de almacenamiento de combustible comprimido, que comprende un compresor electroquímico configurado para comprimir una fuente de combustible; al menos un depósito de combustible comprimido a baja presión conectado de manera fluida al compresor electroquímico; y al menos un depósito de combustible comprimido a alta presión conectado de manera fluida al compresor electroquímico; caracterizado porque el sistema comprende además: una válvula limitadora de flujo configurada para limitar la velocidad de cambio de presión del compresor a una velocidad permisible de cambio de presión cuando se realiza la transición entre el depósito de combustible comprimido a baja presión y el depósito de combustible comprimido a alta presión; sensores de presión configurados para medir la presión del compresor; un controlador configurado para regular la válvula limitadora de flujo en función de la entrada de los sensores de presión; y una o más válvulas de control en comunicación con el controlador, las válvulas de control configuradas para abrirse o cerrarse para dirigir selectivamente el combustible al depósito de combustible comprimido a baja presión y al depósito de combustible comprimido a alta presión; en donde el controlador se configura para: cerrar una válvula de control y abrir la válvula limitadora de flujo cuando se realiza la transición entre el depósito de combustible comprimido a baja presión y el depósito de combustible comprimido a alta presión, de manera que la válvula limitadora de flujo limita y mantiene el cambio de presión del compresor a una velocidad controlada; y cuando las presiones medidas por los sensores de presión se hayan igualado, cerrar la válvula limitadora de flujo y abrir la válvula de control. Una modalidad de la presente descripción se dirige a una estación dispensadora de combustible comprimido. La estación dispensadora de combustible comprimido puede comprender el sistema de almacenamiento de combustible y una o más unidades dispensadoras de combustible.

Un método para mantener la presión dentro de una estación dispensadora de combustible comprimido puede incluir comprimir una fuente de combustible con el compresor y dirigir el combustible desde el compresor a un primer depósito de combustible. Además, el método puede incluir determinar que el primer depósito de combustible ha alcanzado una presión de llenado objetivo y pasar del primer depósito de combustible a un segundo depósito de combustible redirigiendo el combustible al segundo depósito de combustible. El método puede incluir además abrir la válvula limitadora de flujo para mantener la velocidad de cambio de presión del compresor a una velocidad permitida de cambio de presión cuando se realiza la transición del primer depósito de combustible al segundo depósito de combustible.

Deberá entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son solamente ilustrativas y aclaratorias y no son restrictivas de la descripción, como se reivindicó.

Los dibujos acompañantes, los cuales se incorporan en y constituyen una parte de esta descripción, ilustran algunas modalidades de la presente descripción y junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la descripción.

La Figura 1 muestra un diagrama esquemático de una estación dispensadora de combustible comprimido, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

La Figura 2 muestra un diagrama esquemático de los circuitos de una estación dispensadora de combustible comprimido, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

Se hará referencia ahora en detalle a las presentes modalidades ilustrativas de la descripción, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos acompañantes. Donde quiera que sea posible, los mismos números de referencia se usarán a lo largo de todos los dibujos para referirse a las mismas partes o partes similares.

La Figura 1 muestra un diagrama esquemático de una estación dispensadora de combustible comprimido (CFDS) 100, de acuerdo con una modalidad ilustrativa. El CFDS 100 comprende una fuente de combustible 110, un compresor 120, una o más unidades dispensadoras de combustible 130, al menos un depósito de combustible comprimido a baja presión (LPCFR) 140, al menos un depósito de combustible comprimido a presión media (MPCFR) 150 y al menos un depósito de combustible comprimido a alta presión (HPCFR) 160. Los circuitos 105 dirigen el fluido desde la fuente de combustible

110 hacia el compresor 120 y hacia el LPCFR 140, el MPCFR 150 o el HPCFR 160 mediante el uso de una o más válvulas 170. Un controlador 180 está en comunicación con el compresor 120, el LPCFR 140, el MPCFR 150, el HPCFR 160 y las válvulas 170.

5 El CFDS 100 puede configurarse para dispensar combustible de acuerdo con un arreglo de combustible en cascada. Por ejemplo, cada unidad dispensadora de combustible 130 puede configurarse para suministrar primero combustible a baja presión desde el LPCFR 140, luego suministrar combustible a media presión desde el MPCFR 150, y finalmente llenar un vehículo con combustible a alta presión desde el HPCFR 160 para asegurar que el vehículo reciba un llenado completo hasta la presión óptima (es decir, 700 bar a 900 bar).

10 En otras modalidades, un vehículo puede llenarse comenzando con combustible a presión media o incluso combustible a alta presión. Esto puede depender de la condición inicial del tanque y el suministro del vehículo. Por ejemplo, si el tanque de un vehículo está casi lleno (es decir, a alta presión y volumen), los suministros de combustible a baja y media presión no serán beneficiosos. En su lugar, solo puede usarse el suministro de combustible a alta presión para llenar el tanque.

15 Como se muestra en la Figura 1, la fuente de combustible 110 está en comunicación de fluidos con el compresor 120. El compresor 120 puede estar en comunicación de fluidos con LPCFR 140, MPCFR 150 o HPCFR 160. Las válvulas 170 se colocan entre estos componentes del CFDS 100, de manera que el flujo de un fluido de un componente a otro puede controlarse de manera selectiva. Por ejemplo, cada depósito de combustible puede estar aislado del compresor 120 u otros depósitos de combustible.

20 La fuente de combustible 110 puede incluir un generador de combustible, por ejemplo, un sistema de reformado de gas natural o un sistema de electrólisis o una unidad configurada para producir gas de hidrógeno. En otra modalidad, la fuente de combustible 110 puede incluir una red de distribución subterránea o tanque de depósito configurado para recibir envíos periódicos de gas hidrógeno o líquido. Se contempla que pueden utilizarse otras fuentes de gas comprimido. Por ejemplo, la fuente de combustible 110 puede incluir una fuente de gas natural o propano.

25 El compresor 120 puede configurarse para recibir un combustible de la fuente de combustible 110, comprimir y descargar el combustible a un depósito de combustible a una presión mayor. De acuerdo con una modalidad ilustrativa, el compresor 120 es un compresor electroquímico de hidrógeno (EHC).

30 El LPCFR 140 como se muestra en la Figura 1 puede incluir una o más cámaras o tanques configurados para contener un combustible comprimido. El LPCFR 140 puede configurarse para montarse sobre el suelo o enterrarse debajo del suelo. El LPCFR 140 puede variar en volumen de aproximadamente 1 L a aproximadamente 5000 L y puede tener una presión nominal de entre aproximadamente 500 psi (34,5 Bar) y aproximadamente 15 000 psi (1034 Bar).

35 El MPCFR 150 como se muestra en la Figura 1 puede incluir una o más cámaras o tanques configurados para contener un combustible comprimido. El MPCFR 150 puede configurarse para montarse sobre el suelo o enterrarse debajo del suelo. El MPCFR 150 puede variar en volumen de aproximadamente 1 L a aproximadamente 5000 L y puede tener una presión nominal de entre aproximadamente 500 psi (34,5 Bar) y aproximadamente 15 000 psi (1034 Bar).

De acuerdo con diversas modalidades, el LPCFR 140 y el MPCFR 150 pueden tener volúmenes sustancialmente iguales o en modalidades alternativas, uno puede ser más grande que el otro, en dependencia de los requisitos del CFDS 100.

40 El HPCFR 160 como se muestra en la Figura 1 puede incluir una o más cámaras o tanques configurados para contener un combustible comprimido. El HPCFR 160 puede configurarse para montarse sobre el suelo o enterrarse debajo del suelo. El HPCFR 160 puede variar en volumen de aproximadamente 0,25 L a aproximadamente 2000 L y puede tener una presión nominal de entre aproximadamente 1000 psi (69 Bar) y aproximadamente 15 000 psi (1034 Bar). De acuerdo con una modalidad ilustrativa, cualquier HPCFR 160 puede ser más pequeño en volumen que el LPCFR 140 y el MPCFR 150 para permitir un llenado más rápido de un HPCFR 160 después del llenado de un vehículo desde la unidad dispensadora de combustible correspondiente 130.

45 Las unidades dispensadoras de combustible 130 pueden configurarse para dispensar combustible comprimido al vehículo, contenedor u otro dispositivo configurado para recibir combustible comprimido. Las unidades dispensadoras de combustible 130 pueden comprender uno o más dispositivos dispensadores de combustible 130. Cada unidad dispensadora de combustible 130 puede configurarse para recibir y dispensar combustible desde el LPCFR 140, el MPCFR 150 y el HPCFR 160. Cada unidad dispensadora de combustible 130 puede contener válvulas de aislamiento, válvulas de retención, reguladores de flujo e instrumentos configurados para regular y controlar de manera segura y eficiente la distribución y descarga del gas comprimido.

50 El controlador 180 se configura para regular el flujo de fluido al LPCFR 140, al MPCFR 150 y al HPCFR 160 en función de la presión relativa dentro de cada depósito de combustible. El controlador 180 puede incorporar, por ejemplo, uno o más microprocesadores generales capaces de controlar numerosas funciones del CFDS 100. El controlador 180 puede incluir una memoria, un dispositivo de almacenamiento secundario, un procesador (por ejemplo, una CPU) o cualquier otro componente para ejecutar programas para realizar las funciones descritas del CFDS 100. Varios otros circuitos pueden asociarse con el controlador 180, tales como circuitos de suministro de energía, circuitos de acondicionamiento

de señales, circuitos de adquisición de datos, circuitos de salida de señales, circuitos de amplificación de señales y otros tipos de circuitos conocidos en la técnica. Como se muestra en la Figura 2, el controlador 180 está en comunicación con varios componentes del CFDS 100, incluidos el LPCFR 140, el MPCFR 150, el HPCFR 160, el compresor 120, las válvulas 170 y los sensores 190.

Las válvulas 170 incluyen válvulas de retención 175 y una pluralidad de válvulas de control 177. Las válvulas de retención 175 pueden configurarse para evitar el retroceso inverso a través del circuito 105, por ejemplo, el reflujo inverso hacia el compresor 120. Las válvulas de control 177 se configuran para controlar el flujo de fluido a través de los circuitos, y pueden operarse manual o automáticamente. Como se muestra en la Figura 2, las válvulas de control incluyen las válvulas V1, V2, V4, V5 y V6 dispuestas corriente abajo del compresor 120 y corriente arriba del LPCFR 140, el MPCFR 150 y el HPCFR 160. La válvula V1 se dispone en paralelo a la válvula V2. Además, las válvulas V1 y V2 se disponen en serie con las válvulas V4, V5 y V6. La válvula V2 incluye una válvula limitadora de flujo configurada para regular el cambio en la presión del combustible del compresor 120, como se explica con mayor detalle a continuación. Esto puede reducir los cambios de presión que sienten las pilas de MEA del compresor 120 y, por lo tanto, reducir el daño al compresor 120.

Como se muestra en la Figura 2, los circuitos 105 incluyen adicionalmente uno o más sensores 190. En algunas modalidades, los sensores 190 pueden incluir sensores de presión configurados para medir la presión dentro de los depósitos de combustible. Por ejemplo, el sensor P4 puede configurarse para medir la presión del LPCFR 140, el sensor P5 puede configurarse para medir la presión del MPCFR 150 y el sensor P6 puede configurarse para medir la presión del HPCFR 160. Además, los sensores P1 y P2 se configuran para medir la presión del compresor 120.

En funcionamiento, la válvula V1 permanece abierta cuando el compresor 120 entrega combustible a un depósito de combustible. Además, la válvula asociada con el depósito de combustible permanece abierta mientras el combustible fluye hacia el depósito de combustible. Por lo tanto, por ejemplo, las válvulas V1 y V4 permanecen abiertas mientras el compresor 120 entrega combustible al LPCFR 140. De manera similar, las válvulas V1 y V5 permanecen abiertas mientras el compresor 120 entrega combustible al MPCFR 150, y las válvulas V1 y V6 permanecen abiertas mientras que el compresor entrega combustible al HPCFR 160.

El compresor 120 puede continuar entregando el depósito de combustible hasta que haya alcanzado su presión de llenado objetivo. En algunas modalidades, los sensores 190 pueden medir la presión dentro de un depósito de combustible para determinar si la presión ha alcanzado la presión de llenado objetivo. El controlador 180 puede recibir la información de presión de los sensores 190 y determinar si el depósito de combustible ha alcanzado su presión de llenado objetivo. Además, la presión de llenado objetivo puede basarse en parámetros variables, incluidos los parámetros ambientales y mecánicos, y definirse por la lógica programable del controlador 180. Por lo tanto, la presión de llenado objetivo puede variar y cambiar con el funcionamiento del CFDS 100. Además, cada depósito de combustible, el LPCFR 140, el MPCFR 150 y el HPCFR 160, puede tener una presión de llenado objetivo única. El HPCFR 160 puede tener la presión de llenado objetivo más alta y el LPCFR 140 puede tener la presión de llenado objetivo más baja. En un ejemplo, el compresor 120 puede continuar alimentando el LPCFR 140 hasta que el sensor P4 indique que el LPCFR 140 ha alcanzado su presión de llenado objetivo. De manera similar, el compresor 120 puede continuar alimentando el MPCFR 150 hasta que el sensor P5 indique que el MPCFR 150 ha alcanzado su presión de llenado objetivo. En otro ejemplo, el compresor 120 puede continuar alimentando el HPCFR 160 hasta que el sensor P6 determine que el HPCFR 160 ha alcanzado su presión de llenado objetivo.

Cuando un depósito de combustible ha alcanzado su presión de llenado objetivo, el sistema de almacenamiento en cascada puede notificar al compresor 120 que el depósito de combustible está lleno. Por ejemplo, el sistema de almacenamiento en cascada puede notificar al compresor 120 que el MPCFR 150 ha alcanzado su presión objetivo y está lleno. El CFDS 100 puede hacer la transición para alimentar otro depósito de combustible, por ejemplo, el LPCFR 140.

Al pasar de un depósito de combustible de presión más alta a un depósito de combustible de presión más baja o de un depósito de combustible de presión más baja a un depósito de combustible de presión más alta, el controlador 180, o cualquier otro sistema de control asociado con el compresor 120, cierra la válvula V1 y abre la válvula V2. La válvula V2 limita y mantiene el cambio de presión del compresor 120 a una velocidad controlada, de manera que el compresor 120 no experimenta un cambio rápido de presión. Por ejemplo, la válvula V2 puede incluir una válvula de orificio variable o un regulador de válvula de contrapresión variable que se controla automáticamente mediante un motor eléctrico o un mecanismo de accionamiento neumático.

La válvula V2 puede abrirse inicialmente a una velocidad de flujo predeterminada, en donde la velocidad de flujo predeterminada coincide con una velocidad permitida de cambio de presión (velocidad de dP/dt) del compresor 120. Por lo tanto, el combustible suministrado desde el compresor 120, medido por el sensor P1, no excede la tasa de dP/dt permitida. La tasa permitida de dP/dt del compresor 120 puede ser la tasa máxima de dP/dt del compresor 120, en base a la mecánica del compresor 120, o una cantidad determinada por el controlador 180.

A medida que la presión del compresor 120 en P1 comienza a igualarse con la presión demandada del depósito de combustible (por ejemplo, P4, P5, P6), la válvula V2 puede continuar abriéndose más a una velocidad controlada. Sin embargo, la válvula V2 garantiza que el cambio de presión no exceda la velocidad permitida de dP/dt del compresor 120. Una vez que la válvula V2 se ha abierto lo suficiente de manera que las presiones en P1 y P2 se hayan igualado, la válvula

V2 se cierra y la válvula V1 se abre nuevamente. Por lo tanto, el combustible continuará siendo dispensado al depósito de combustible a través de V1 hasta que el depósito de combustible haya alcanzado su presión de llenado objetivo.

5 En un ejemplo, al pasar de un depósito de combustible de alta presión a un depósito de combustible de baja presión, por ejemplo, del MPCFR 150 al LPCFR 140, el compresor 120 recibe primero una notificación de esta transición. La válvula V1 se cierra y la válvula V2 se abre, de manera que el combustible del compresor 120 se redirige a través de la válvula V2. Además, la válvula V5 se cierra y la válvula V4 se abre, por lo que el combustible se redirige del MPCFR 150 al LPCFR 140. En esta modalidad, la válvula V2 se abre de manera que se controla el cambio de presión en el compresor 120. Por ejemplo, la válvula V2 puede abrirse inicialmente con un orificio de diámetro más pequeño y puede aumentar gradualmente el diámetro para permitir una disminución controlada y gradual de la presión del compresor 120. La velocidad de cambio de presión no excede la velocidad permisible de dP/dt del compresor 120. La válvula V2 puede continuar aumentando el diámetro del orificio hasta que la presión del compresor 120 sea sustancialmente igual a la presión del LPCFR 140 (es decir, la presión en P1 es sustancialmente igual a la presión en P2 y la presión en P4). En este momento, la válvula V2 puede cerrarse y la válvula V1 puede volver a abrirse. El combustible puede fluir del compresor al LPCFR 140 hasta que el LPCFR 140 haya alcanzado su presión de llenado objetivo.

20 En otro ejemplo, cuando se realiza la transición de un depósito de combustible de baja presión a un depósito de combustible de alta presión, por ejemplo, del LPCFR 140 al HPCFR 160, el compresor 120 primero recibe una notificación de esta transición. La válvula V1 se cierra y la válvula V2 se abre, de manera que el combustible del compresor 120 se redirige a través de la válvula V2. En esta modalidad, la válvula V2 se abre de manera que se controla el cambio de presión en el compresor 120. Por ejemplo, la válvula V2 puede abrirse inicialmente con un orificio de mayor diámetro y puede disminuir gradualmente el diámetro para permitir un aumento controlado y gradual de la presión del compresor 120. La velocidad de cambio de presión no excede la velocidad permisible de dP/dt del compresor 120. La válvula V2 puede continuar disminuyendo el diámetro del orificio hasta que la presión del compresor 120 sea sustancialmente igual a la presión del HPCFR 160 (es decir, la presión en P1 es sustancialmente igual a la presión en P2 y la presión en P6). En este momento, la válvula V4 se cierra y la válvula V6 se abre, de manera que el combustible se redirige desde el LPCFR 140 al HPCFR 160 y la válvula V2 se cierra y la válvula V1 se abre nuevamente. El combustible puede fluir desde el compresor al HPCFR 160 hasta que el HPCFR 160 haya alcanzado su presión de llenado objetivo.

30 El proceso puede comprender, además, suministrar a un vehículo un combustible para que se llene por completo, liberando primero el combustible a baja presión, luego liberando el combustible a presión media y, finalmente, logrando el llenado completo liberando combustible a alta presión en el vehículo. Además, el proceso puede incluir la distribución del combustible en función de la prioridad y la utilización de la unidad dispensadora de combustible.

35 Cuando el CFDS 100 está inactivo, por ejemplo, cuando el CFDS 100 no se usa para llenar un vehículo y/o suministrar fluido a los depósitos de combustible, todas las válvulas 170 pueden cerrarse. Por lo tanto, el combustible no puede fluir a través de las válvulas V1, V2, V4, V5 y V6 hacia el LPCFR 140, el MPCFR 150 y el HPCFR 160.

40 Se contempla además que pueden usarse depósitos de combustible adicionales a los representados en las figuras. Por ejemplo, el CFDS 100 puede incluir dos LPCFR 140, dos MPCFR 150 y al menos dos HPCFR 160. Además, el volumen y el número de LPCFR 140, MPCFR 150 y HPCFR 160 puede variar en función de una variedad de factores, por ejemplo, limitaciones de espacio del sitio, costo, capacidad de la estación, rendimiento y similares.

45 El CFDS 100 puede comprender además una pluralidad de compresores 120 (no mostrados). Por ejemplo, un primer compresor 120 puede estar en comunicación con el LPCFR 140 y el MPCFR 150. En consecuencia, el primer compresor 120 puede eliminar hidrógeno del LPCFR 140, y puede comprimir el hidrógeno y descargarlo al MPCFR 150. El segundo compresor puede estar en comunicación de fluidos con el MPCFR 150 y el HPCFR 160, y puede eliminar hidrógeno del MPCFR 150 y comprimir el hidrógeno y descargarlo al HPCFR 160. En una modalidad alternativa (no mostrada), el primer compresor 120 puede configurarse para descargar el hidrógeno comprimido directamente al HPCFR 160. En la modalidad de la Figura 2, el compresor 120 puede configurarse para eliminar hidrógeno del LPCFR 140, el MPCFR 150, o ambos, y entregar ese hidrógeno al MPCFR 150, al HPCFR 160, o ambos.

55 El uso del compresor electroquímico integrado y el sistema de almacenamiento en cascada de la presente descripción puede aislar el compresor del sistema de almacenamiento en cascada y, por lo tanto, reducir el daño al compresor. Por ejemplo, el compresor puede no sentir los efectos de los rápidos cambios de presión asociados con las estaciones tradicionales dispensadoras de combustible comprimido. Por lo tanto, el compresor puede tener una vida más larga con capacidades de compresión mejoradas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de almacenamiento de combustible comprimido, que comprende:
5 un compresor (120) que se configura para comprimir una fuente de combustible;
al menos un depósito de combustible comprimido a baja presión (140) que se conecta de manera fluida al
compresor (120); y
al menos un depósito de combustible comprimido a alta presión (160) que se conecta de manera fluida al
compresor (120);
10 caracterizado porque
el compresor comprende un compresor electroquímico (120); y porque el sistema comprende, además:
una válvula limitadora de flujo (V2) que se configura para limitar la velocidad de cambio de presión del compresor
(120) a una velocidad de cambio de presión permitida cuando se realiza la transición entre el depósito de
combustible comprimido de baja presión (140) y el depósito de combustible comprimido de alta presión (160);
15 sensores de presión (P1, P2) que se configuran para medir la presión del compresor (120);
un controlador (180) que se configura para regular la válvula limitadora de flujo (V2) en función de la entrada de
los sensores de presión (P1, P2); y
una o más válvulas de control (V1, V4, V5, V6) en comunicación con el controlador (180), las válvulas de control
(V1, V4, V5, V6) se configuran para abrirse o cerrarse para dirigir selectivamente el combustible al depósito de
20 combustible comprimido a baja presión (140) y al depósito de combustible comprimido a alta presión (160);
en donde el controlador (180) se configura para:
cerrar una válvula de control (V1) y abrir la válvula limitadora de flujo (V2) cuando se realiza la transición entre el
depósito de combustible comprimido a baja presión (140) y el depósito de combustible comprimido a alta presión
(160), de manera que la válvula limitadora de flujo (V2) limita y mantiene el cambio de presión del compresor (120)
a una velocidad controlada; y
25 cuando las presiones medidas por los sensores de presión (P1, P2) se hayan igualado, cerrar la válvula limitadora
de flujo (V2) y abrir la válvula de control (V1).
2. El sistema de almacenamiento de combustible comprimido de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende
30 además al menos un depósito de combustible comprimido a presión media (150) que se conecta de manera fluida
al compresor electroquímico (120).
3. El sistema de almacenamiento de combustible comprimido de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende
además una o más unidades dispensadoras de combustible (130) que se conectan de manera fluida al depósito
de combustible comprimido a baja presión (140).
- 35 4. El sistema de almacenamiento de combustible comprimido, de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende
además una o más unidades dispensadoras de combustible (130) que se conectan de manera fluida al depósito
de combustible comprimido a alta presión (160).
- 40 5. El sistema de almacenamiento de combustible comprimido, de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende
además una o más unidades dispensadoras de combustible (130) que se conectan de manera fluida al depósito
de combustible comprimido a presión media (150).
- 45 6. El sistema de almacenamiento de combustible comprimido, de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la
velocidad de cambio de presión permisible es sustancialmente igual a la velocidad de cambio de presión máxima
del compresor (120).
7. El sistema de almacenamiento de combustible comprimido, de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la fuente
de combustible incluye al menos uno de hidrógeno, gas natural y propano.

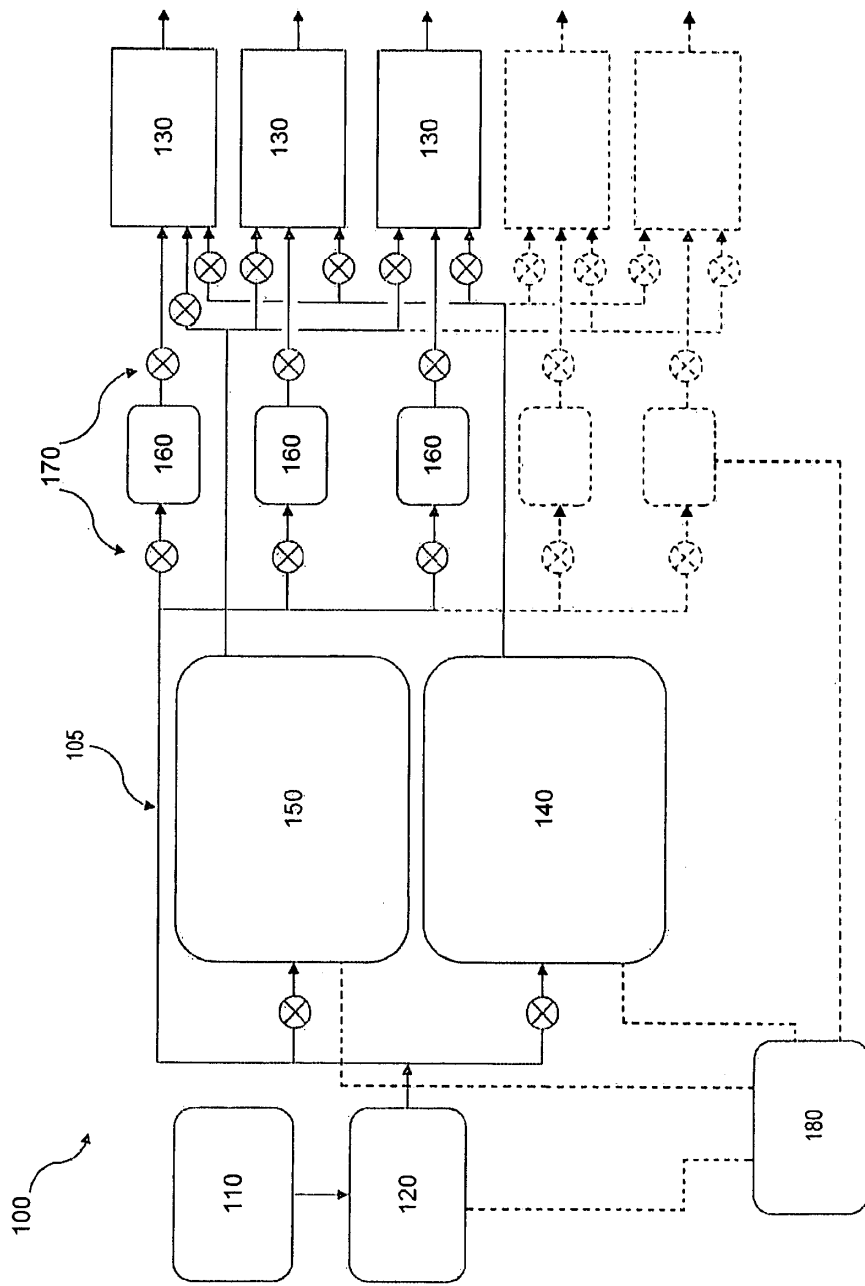


FIG. 1

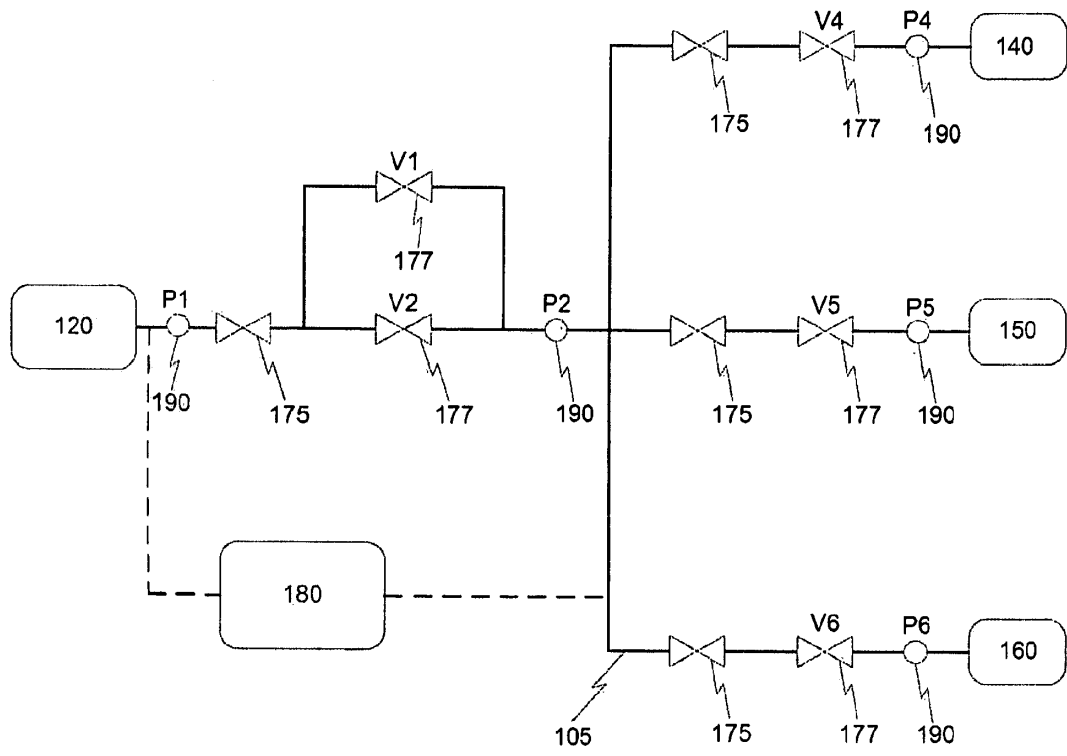


FIG. 2