

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 635**

51 Int. Cl.:
H01M 8/18

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07809668 .2**
96 Fecha de presentación: **18.06.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2122718**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.11.2009**

54 Título: **Sistema de almacenamiento de batería de flujo redox inherentemente seguro**

30 Prioridad:
09.03.2007 US 716120

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.10.2012

73 Titular/es:
**JD HOLDING INC
SCOTIA CENTRE, 4TH FLOOR P.O. BOX 2804
GEORGE TOWN, GRAND CAYMAN, KY**

72 Inventor/es:
**BRERETON, Clive;
GENDERS, David;
LEPP, Gary y
HENNESSY, Timothy David John**

74 Agente/Representante:
Curell Aguilá, Mireia

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).

ES 2 388 635 T3

DESCRIPCIÓN

Sistema de almacenamiento de batería de flujo redox inherentemente seguro.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a sistemas de almacenamiento de batería, un ejemplo de los cuales es un sistema de almacenamiento de batería redox de vanadio con características de seguridad perfeccionada.

10 **Breve descripción de los dibujos**

Las presentes formas de realización se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la siguiente descripción y de las reivindicaciones adjuntas consideradas conjuntamente con los dibujos adjuntos. Debe apreciarse que los dibujos adjuntos ilustran únicamente formas de realización habituales y, por lo tanto, no deben considerarse limitativos del alcance de la invención. Las formas de realización se describen y explican de forma específica y detallada haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es un diagrama de bloques de una forma de realización de un sistema de almacenamiento de energía de batería redox de vanadio;

la figura 2 es un diagrama de bloques de una forma de realización de una batería redox de vanadio con un sifón de tubería de retorno de electrolito negativo;

la figura 3 es un diagrama de bloques de una forma de realización de una batería redox de vanadio con un flujo principal de electrolito negativo para educir gas positivo; y

la figura 4 es un diagrama de bloques de una forma de realización de una batería redox de vanadio con una tubería de retroceso de electrolito negativo y un educor para absorción.

30 **Descripción detallada de las formas de realización preferidas**

Debe apreciarse que los componentes de las formas de realización, tal como se describen e ilustran de modo general en las figuras de la presente memoria, pueden disponerse y diseñarse con una amplia variedad de configuraciones distintas. Por lo tanto, la siguiente descripción más detallada de diversas formas de realización, como se representan en las figuras, no tiene carácter limitativo del alcance de la invención, tal como se reivindica, sino que representa únicamente diversas formas de realización. Aunque en los dibujos se representan diversos aspectos de las formas de realización, los dibujos no han sido realizados necesariamente a escala, a no ser que se especifique lo contrario.

Las frases "conectado a", "acoplado a" y "en comunicación con" se refieren a cualquier forma de interacción entre dos o más entidades, incluyendo interacción mecánica, eléctrica, magnética, electromagnética, hidráulica y térmica. Dos componentes pueden acoplarse entre sí aunque no estén directamente en contacto mutuo. El término "contiguo" se refiere a elementos que se encuentran en contacto físico directo, aunque no necesariamente deben estar unidos entre sí.

Las recientes innovaciones tecnológicas y la siempre creciente demanda de consumo eléctrico han hecho plantear como una opción viable las plantas de energía solar y eólica. Los sistemas de almacenamiento de energía tales como baterías recargables son requisitos esenciales para sistemas de energía remota suministrada por generadores de turbina eólica o generadores fotovoltaicos. Los sistemas de almacenamiento de energía también son necesarios para permitir un arbitraje energético en la compra y venta de energía durante condiciones fuera de pico.

Los sistemas de almacenamiento de energía de batería redox de vanadio (en adelante "VBR-ESS"), como el que se representa en la figura 1, han recibido una atención favorable porque prometen ser económicos y poseen muchas características que proporcionan una vida larga, un diseño flexible, una elevada fiabilidad y costes de funcionamiento y mantenimiento reducidos. Un VBR-ESS puede comprender células que contienen soluciones negativas y positivas separadas por una membrana. Un VBR-ESS también puede contar con un sistema de bombeo de flujos para pasar las soluciones negativas y positivas a través de las células.

Un VBR-ESS puede comprender diversas células, dependiendo de la cantidad de energía eléctrica que deba almacenarse, y puede estar limitado únicamente por la ubicación geográfica, es decir, el tamaño del área de almacenamiento. El VBR-ESS puede presentar un riesgo potencial, ya que las baterías redox de vanadio pueden generar oxígeno e hidrógeno simultáneamente. El riesgo radica en que el oxígeno puede ser producido por reacciones del electrodo en el electrodo positivo, y el hidrógeno puede ser producido por el electrodo negativo y por reacciones del electrolito negativo en un espacio muy reducido y por lo menos parcialmente compartido. Mediciones experimentales han encontrado composiciones gaseosas en el espacio vacío sobre el electrolito dentro de los límites explosivos de una mezcla de oxígeno-hidrógeno.

Si los gases de ventilación de los electrolitos positivo y negativos se mezclan, es posible que durante el funcionamiento normal, y especialmente durante un funcionamiento alterado, se genere una mezcla de gas explosiva. Por lo tanto, es deseable que estos gases sean ventilados separadamente. No obstante, en aras de la simplicidad de funcionamiento y de la economía de construcción, es deseable permitir que los espacios de ventilación de los depósitos positivo y negativo se comuniquen. En particular, simplifica el reequilibrio y minimiza el consumo de un gas inerte que podría utilizarse para llenar el espacio vacío sobre las superficies de líquido.

El documento WO 89/05363 da a conocer un sistema de almacenamiento de energía de batería redox según los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 6.

A partir de los requisitos contradictorios mencionados en el diseño de los VBR-ESS, es deseable disponer de un diseño con características de seguridad perfeccionadas que permita que se mezclen los contenidos de los espacios de ventilación positivo y negativo y simultáneamente garantice la seguridad de funcionamiento. Esto puede conseguirse eliminando suficiente cantidad de oxígeno del gas de ventilación positivo y manteniendo todo el gas de ventilación a una presión baja pero positiva. Entonces la mezcla gaseosa resulta segura por dos razones: (1) insuficiencia de oxígeno para alimentar una explosión; y (2) la presión positiva hace que el hidrógeno fluya hacia el ambiente exterior, a través de alguna especie de sellado que lo separa de dicho ambiente. Los detalles de por lo menos tres formas de realización de la puesta en práctica de este sistema de descarga, que se mencionan únicamente a título de ejemplo, se describirán conjuntamente con las figuras 2 a 4.

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de almacenamiento de energía de batería redox de vanadio ("VBR-ESS" o "sistema") 100. El sistema 100 comprende una pluralidad de células 12 cada una de las cuales puede presentar un compartimento negativo 14 con un electrodo negativo 16 y un compartimento positivo 18 con un electrodo positivo 20. Los electrodos adecuados incluyen cualquier número de componentes conocidos en la técnica y pueden comprender electrodos fabricados según las instrucciones de la patente US nº 5.665.212. El compartimento negativo 14 puede comprender una solución 22 en comunicación eléctrica con el electrodo negativo 16. La solución 22 puede ser un electrolito que contenga iones redox especificados que se encuentren en estado reducido y se oxiden durante el proceso de descarga de la célula 12, o que se encuentren en estado oxidado y se reduzcan durante el proceso de carga de la célula 12, o que sean una mezcla de estos último iones reducidos y iones que se reducirán. A título de ejemplo, en el VBR-ESS 100, la reacción redox de carga-descarga que tiene lugar en el electrodo negativo 16 en la solución 22 puede representarse por la ecuación 1.1:



El compartimento positivo 18 contiene una solución 24 en comunicación eléctrica con el electrodo positivo 20. La solución 24 puede ser un electrolito que contenga iones redox especificados en estado oxidado que se reducirán durante el proceso de descarga de la célula 12, o que se encuentran en estado reducido y se oxidarán durante el proceso de carga de la célula 12, o que sean una mezcla de estos iones oxidados y iones que se oxidarán. A título de ejemplo, en un VBR-ESS 100, la reacción redox de carga-descarga que tiene lugar en el electrodo positivo 20 en la solución positiva 24 puede representarse de forma sencilla mediante la ecuación 1.2:



La solución 22 y la solución 24 pueden prepararse conforme a las instrucciones de las patentes US nº 4.786.567, nº 6.143.443, nº 6.468.688 y nº 6.562.514, o mediante otras técnicas conocidas por los expertos en la materia. En una forma de realización, la solución 22 es H₂SO₄ 1M a 6M y comprenden un agente estabilizador en una cantidad habitual en el intervalo de 0,1% a 20% en peso, y la solución 24 también puede ser H₂SO₄ 1M a 6M.

Cada célula 12 comprende una membrana iónicamente conductora, o separador poroso 26, dispuesta entre el compartimento positivo 18 y el compartimento negativo 14 y en contacto con la solución 24 y la solución 22 para proporcionar una comunicación iónica entre ellas. La membrana 26 actúa como membrana de intercambio iónico y puede comprender un material de carbono que puede ser o no perfluorado. La membrana 26 puede realizarse en forma de membrana aniónica, membrana catiónica o diagrama poroso.

Aunque la membrana 26 dispuesta entre la solución negativa 22 y la solución positiva 24 está diseñada para evitar el transporte de agua, vanadio y iones sulfato, normalmente se produce algún transporte de agua, vanadio y sulfato. En consecuencia, después de un período de tiempo, las células 12 se desequilibran porque agua, sulfato y vanadio traspasan la membrana. Cada traspaso se produce normalmente en una dirección (es decir, de la solución 24 a la solución 22 o de la solución 22 a la solución 24, dependiendo del tipo de membrana 26 utilizado). Para equilibrar el sistema 100, pueden mezclarse solución positiva 24 y solución negativa 22, lo cual descarga completamente el sistema de batería 100.

Puede guardarse solución negativa 22 adicional en un depósito 28 que se encuentra en comunicación fluidica con el compartimento negativo 14 a través de una tubería de alimentación 30 y una tubería de retorno 32. El depósito 28 puede realizarse en forma de tanque, bidón plegable u otra clase de contenedor conocido en la técnica. La tubería

de alimentación 30 puede comunicar con una bomba 36 y un intercambiador de calor 38. La bomba 36 permite el desplazamiento fluido de la solución 22 a través del depósito 28, la tubería de alimentación 30, el compartimento negativo 14 y la tubería de retorno 32. La bomba 36 puede presentar una velocidad variable para permitir variar el caudal generado. El intercambiador de calor 38 puede transferir calor generado por el calentamiento resistivo y las reacciones químicas de la solución 22 a un medio líquido o gaseoso. La bomba 36 y el intercambiador de calor 38 pueden seleccionarse entre diversos dispositivos adecuados conocidos por los expertos en la materia.

La tubería de alimentación 30 puede comprender una o más válvulas de alimentación 40 para controlar el flujo volumétrico de solución. La tubería de retorno 32 también puede comunicar con una o más válvulas de tubería de retorno 44 que controlan el flujo volumétrico de retorno.

Similarmente, la solución adicional de catolito 24 puede almacenarse en el depósito de catolito 46 que se encuentra en comunicación fluidica con el compartimento positivo 18 a través de la tubería de alimentación 48 y de la tubería de retorno 50. La tubería de alimentación 48 puede comunicar con la bomba 54 y el intercambiador de calor 56. La bomba 54 puede ser una bomba de velocidad variable 54 que permite el flujo de solución 24 a través del depósito 46, la tubería de alimentación 48, el compartimento positivo 18 y la tubería de retorno 50. La tubería de alimentación 48 también puede comprender una válvula de tubería de alimentación 60 y la tubería de retorno 50 puede comprender una válvula de tubería de retorno 62.

El electrodo negativo 16 y el electrodo positivo 20 se encuentran en comunicación eléctrica con una fuente de energía 64 y una carga 66. Puede disponerse un conmutador de fuente de energía 68 en serie entre la fuente de energía 64 y cada electrodo negativo 16. Similarmente, puede disponerse un conmutador de carga 70 en serie entre la carga 66 y cada electrodo negativo 16. Los expertos en la materia apreciarán que son posibles los diseños de circuito alternativos, describiéndose la forma de realización de la figura 1 únicamente a título ilustrativo, ya que la invención puede aplicarse a cualquier combinación de células que formen un VBR-ESS 100.

Durante la carga, el conmutador de fuente de energía 68 está cerrado y el conmutador de carga 70 está abierto. La bomba 36 bombea la solución 22 a través del compartimento negativo 14 y del depósito 28 pasando por la tubería de alimentación 30 y la tubería de retorno 32. Simultáneamente, la bomba 54 bombea la solución 24 a través de compartimento positivo 18 y el depósito 46 pasando por la tubería de alimentación 48 y la tubería de retorno 50. Cada célula 12 se carga suministrando energía eléctrica desde la fuente de energía 64 al electrodo negativo 16 y al electrodo positivo 20. La energía eléctrica produce iones de vanadio divalente en la solución 22 y iones de vanadio pentavalente en la solución 24.

La electricidad se extrae de cada célula 12 cerrando el conmutador de carga 70 y abriendo el conmutador de fuente de energía 68, haciendo que la carga 66, que se encuentra en comunicación eléctrica con el electrodo negativo 16 y el electrodo positivo 20 absorba energía eléctrica.

Las figuras 2 a 4 representan las formas de realización de la invención aplicada a una célula individual de VBR-ESS 12, como la representada en la figura 1 y descrita anteriormente. No obstante, cada forma de realización puede aplicarse a una pluralidad de células 12. El compartimento negativo 14 contiene una solución negativa 22 y un electrodo negativo 16; el compartimento negativo 14 se encuentra en comunicación fluidica con el depósito negativo 28 gracias a una bomba 36 que bombea solución de electrolito negativo 22 desde el depósito negativo 28 a través del compartimento negativo 14 y de vuelta a través de la tubería de retorno 32 al depósito negativo 28.

Similarmente, el compartimento positivo 18 que contiene una solución positiva 24 y un electrodo positivo 20, se encuentra en comunicación fluidica con un depósito positivo 46. Como ocurre en la parte negativa, la bomba 54 bombea la solución de electrolito positivo 24 desde el depósito positivo 46 a través del compartimento positivo 18 y de vuelta a través de la tubería de retorno 50. En las figuras 2 a 4 no se representan intercambiadores de calor ni válvulas como las mencionadas en la figura 1, con el fin de simplificar la descripción, sin que de ello deba inferirse que no son necesarios o deseables intercambiadores de calor y válvulas.

Debido a que en el depósito negativo 28 y en el depósito positivo 46 circulan continuamente la solución negativa 22 y la solución positiva 24, respectivamente, en cada depósito puede haber una cantidad variable de espacio de ventilación en su parte superior donde se acumulan gases generados por los electrodos y soluciones. Como se ha mencionado, es deseable permitir la comunicación entre el espacio de ventilación positivo 64 del depósito positivo 46 y el espacio de ventilación negativo 66 del depósito negativo 28 para mayor simplicidad operativa y economía de construcción. No obstante, esta construcción permite que el oxígeno producido por la solución positiva 24 en el depósito positivo 46 se mezcle con el hidrógeno producido por la solución negativa 22 del depósito negativo 28, creando una mezcla gaseosa potencialmente inflamable donde comunican el espacio de ventilación positivo 64 y el espacio de ventilación negativo 66.

Una característica de los electrolitos VBR-ESS es que el electrolito negativo, la solución 22, es un excelente barredor de oxígeno. Una solución de mezcla V2-V3, o incluso una solución de mezcla V3-V4, absorbe oxígeno rápidamente y puede reducir el nivel de oxígeno por debajo de la concentración mínima de oxígeno requerida para una explosión o propagación de llama. El reto es cómo utilizar la solución negativa 22 en el depósito negativo 28

como barredora para que en ningún punto de todo el sistema de ventilación la mezcla de gas sea explosiva.

Algunas formas de realización para eliminar oxígeno pueden utilizar velocidad asociada con recirculación de electrolito negativo -VE, para efectuar una reducción local de presión en la solución 22 (por debajo de la presión de la presión existente en el espacio +ve), extrayendo así gas positivo +VE que contiene oxígeno a través de la tubería de extracción de gas +VE 72 y así eliminando el oxígeno del espacio de ventilación del electrolito positivo 64. Por lo tanto, un volumen correspondiente de gas negativo -VE (menos cualquier oxígeno absorbido) regresa a través de una tubería de equilibrado 74 en el espacio de ventilación positivo 64. Ya que existe siempre una posibilidad de que se genere oxígeno y se vuelva a añadir en el gas positivo +VE del espacio de ventilación positivo 64, puede utilizarse un arrastre continuo de gas positivo +VE en el flujo de solución negativa 22 para mantener los niveles de oxígeno bajos o mermados por debajo o de los niveles de riesgo.

La figura 2 es una forma de realización 200 en la cual se utiliza un sifón en la tubería de retorno 32 de solución de electrolito -VE como absorbente, representado en el caso de aplicación a una única célula 12. La célula 12 está configurada para que la solución negativa 22, un líquido, sea "aspirada por el sifón" hacia atrás al interior de su depósito 28. En la conexión 76, la tubería 72 que extrae gas positivo +VE procedente del espacio de ventilación positivo 64 puede conectar con la tubería de retorno negativa 32. En la conexión 76 de la tubería de retorno 32, y también en la mayoría de puntos a lo largo de la tubería de retorno 32, hay una presión inferior a la del espacio de ventilación opuesto, en este caso el espacio de ventilación positivo 64. Conducida adecuadamente, la solución negativa 22 de la tubería de retorno 32 puede extraer gas del espacio de ventilación positivo 64, haciendo que el gas positivo +VE que contiene oxígeno pase a través de la tubería de extracción de gas positivo +VE 72 para ser barrido por la solución negativa 22 que se encuentra en el depósito negativo 28.

En la figura 3, el sistema 300 comprende un eductor 78, que extrae y absorbe (o barre) oxígeno del gas positivo +VE sacado del espacio de ventilación positivo 64. Los inductores de chorro de agua utilizan la energía cinética de un líquido para hacer fluir otro líquido o gas. Los inductores consisten, normalmente, en una boquilla convergente, un cuerpo y un difusor. Durante el funcionamiento, la boquilla convergente convierte en energía de velocidad la energía de presión del líquido móvil, en este caso la solución negativa 22 de la tubería de retorno negativa 32. De este modo, el eductor 78 puede acoplarse a la tubería de retorno negativa 32 para permitir que la solución negativa 22 pase a través de ella, actuando como líquido móvil reactivo. La tubería de extracción de gas +VE 72 puede conectarse en el cuerpo del eductor 78. Entonces, el flujo líquido de alta velocidad de la solución negativa 22 arrastra el gas positivo +VE de la tubería de extracción de gas positivo +VE al interior del eductor 78.

La mezcla total del líquido móvil reactivo, o solución negativa 22, y el gas succionado, o gas positivo +VE se realizan en las secciones de cuerpo y difusor, donde la solución 22 barre oxígeno del gas positivo +VE. A continuación, la mezcla de solución negativa 22 y gas positivo +VE vuelve a convertirse a una presión intermedia después de pasar por el difusor, y fluye al interior del depósito negativo 28.

La solución negativa 22 del depósito 28 puede barrer cualquier oxígeno que el eductor 78 pueda no haber eliminado durante el arrastre del gas +VE del espacio de ventilación positivo 64. Por lo tanto, toda la recirculación de la corriente de gas positivo +VE procedente del espacio de ventilación positivo 64, a través de la tubería de extracción de gas +VE 72, a través del eductor 78, y de retroceso a través de la tubería equilibradora 74, se realiza para alimentar al eductor 78 para la eliminación de oxígeno. La diferencia de presión entre el eductor 78 y el espacio de ventilación positivo 64 puede ser sencillamente una ayuda incidental a la potencia de extracción del eductor 78. Similarmente, la presión diferencial inherente del sistema seguirá ayudando a separar los gases oxígeno e hidrógeno en las zonas comunicadas de los espacios de ventilación 64 y 66.

Haciendo referencia a la figura 4, el sistema 400 utiliza un eductor 78, pero con un sistema de recirculación parcial. El sistema 400 comprende la adición de una tubería de retroceso 80, que es una tubería escindida de la tubería de alimentación negativa 30 y canalizada hacia atrás al interior del depósito negativo 28. El eductor 78 se acopla entonces a la tubería de retroceso 80 con la tubería de extracción de gas +VE 72 conectada al interior del cuerpo del eductor 78. Conectada de este modo, la solución negativa 22 de la tubería de retroceso 80 actúa como líquido móvil reactivo para arrastrar el gas positivo +VE al interior del eductor 78. Debido a que sólo parte de la solución negativa 22 de la tubería de alimentación 30 se utiliza como líquido móvil reactivo, se requiere una corriente de recirculación parcial. El resultado es sustancialmente como se describe haciendo referencia a la figura 3: el gas positivo +VE se succiona al interior del eductor 78, se mezcla con la solución negativa 22, la cual barre el oxígeno del gas +VE antes de que la mezcla sea bombeada al interior del espacio de ventilación negativo 66.

El sistema 400 puede utilizarse cuando los depósitos son comunes para múltiples células 12 ("combinación de tanques"), y cuando la alimentación de tuberías de retorno 32 al interior de múltiples inductores 78 resulta de fabricación más difícil o más cara.

Resultará evidente para los expertos en la materia que pueden introducirse muchos cambios en los detalles de las formas de realización anteriormente descritas sin apartarse de los principios subyacentes de la invención. Aunque la descripción se ha realizado en el contexto de una batería redox de vanadio, los principios pueden aplicarse igualmente a cualquier sistema de batería de flujo redox en el que puedan formarse oxígeno e hidrógeno en el

ánodo y el cátodo respectivamente, y donde la solución negativa sea capaz de reaccionar con oxígeno. Otro ejemplo es la batería de bromo vanadio. Por lo tanto, el alcance de la presente invención se define únicamente por las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de almacenamiento de energía de batería redox (100, 200, 300) que comprende:

una célula (12) que comprende un compartimento positivo (18) que presenta una solución positiva (24), un compartimento negativo (14) que presenta una solución negativa (22), y una membrana (26) que separa los compartimentos positivo y negativo;

un depósito positivo (46) en comunicación fluidica con el compartimento positivo (18) y que incluye una solución positiva, definiendo el depósito positivo un espacio de ventilación positivo (64) para el gas positivo, que incluye oxígeno;

un depósito negativo (28) en comunicación fluidica con el compartimento negativo (14) y que incluye una solución negativa, definiendo el depósito negativo un espacio de ventilación negativo (66);

una tubería de retorno (32) en comunicación fluidica con el compartimento negativo (22) y el depósito negativo para retornar la solución negativa de la célula al depósito negativo a través del espacio de ventilación negativo;

caracterizado porque presenta

una tubería de extracción de gas positivo (72) en comunicación fluidica con el espacio de ventilación positivo (64) y acoplada a la tubería de retorno (32) en una conexión (76), extrayendo así mediante sifón el gas positivo del espacio de ventilación positivo al interior del espacio de ventilación negativo y la solución negativa del depósito negativo (28) barre el oxígeno.

2. Sistema de almacenamiento según la reivindicación 1, que comprende además una tubería de equilibrado (74) en comunicación fluidica con los espacios de ventilación de gas positivo y negativo (64, 66) para recircular el gas positivo despojado de oxígeno del espacio de ventilación negativo al espacio de ventilación positivo.

3. Sistema de almacenamiento según la reivindicación 1, que comprende además:

una bomba positiva (54) para bombear la solución positiva (24) a través del compartimento positivo (18); y una bomba negativa (36) para bombear la solución negativa (22) a través del compartimento negativo (14).

4. Sistema de almacenamiento según la reivindicación 1, que comprende además un eductor (78) acoplado a la conexión (76) de la tubería de retorno (32) y la tubería de extracción de gas positivo (72), actuando la solución negativa (22) de la tubería de retorno como líquido móvil, arrastrando el eductor el gas positivo del espacio de ventilación positivo (64) y mezclando el gas positivo con la solución negativa, absorbiendo así el oxígeno del gas positivo.

5. Sistema de almacenamiento según la reivindicación 1, en el que la célula (12) comprende una pluralidad de células, comprendiendo cada célula:

un electrodo positivo (20) en comunicación con la solución positiva (24); y un electrodo negativo (16) en comunicación con la solución negativa (22).

6. Sistema de almacenamiento de energía de batería redox (400) que comprende:

una célula (12) que comprende un compartimento positivo (18) que presenta una solución positiva (24), un compartimento negativo (14) que presenta una solución negativa (22), y una membrana (26) que separa los compartimentos positivo y negativo;

una tubería de alimentación positiva (48) acoplada al compartimento positivo (18) para transportar la solución positiva;

un depósito positivo (46) acoplado a la tubería positiva (48) y que presenta una solución positiva, presentando el depósito positivo un espacio de ventilación positivo (64) para el gas positivo, que incluye oxígeno;

una tubería de alimentación negativa (30) acoplada al compartimento negativo (14) para transportar la solución negativa;

un depósito negativo (28) acoplado a la tubería negativa (30) y que presenta una solución negativa, presentando el depósito negativo un espacio de ventilación negativo (66) para el gas negativo;

caracterizado porque presenta

un eductor (78)

una tubería de retroceso (80) acoplada a la tubería negativa y al depósito negativo para recircular parcialmente la solución negativa, estando el eductor acoplado a la tubería de retroceso, actuando la solución negativa (22) de la tubería de retroceso como líquido móvil; y

un tubería de extracción de gas positivo (72) en comunicación fluidica con el espacio de ventilación positivo (64) y acoplada al eductor (78), arrastrando el eductor el gas positivo del espacio de ventilación positivo y mezclándolo en la solución negativa de la tubería de retroceso (80), absorbiendo así el oxígeno del gas positivo.

7. Sistema de almacenamiento según la reivindicación 6, que comprende además:

una bomba positiva (54) para bombear la solución positiva (24) a través del compartimento positivo (18); y
una bomba negativa (36) para bombear la solución negativa (22) a través del compartimento negativo (14).

8. Sistema de almacenamiento según la reivindicación 6, que comprende una tubería de equilibrado (74) en comunicación fluidica con los espacios de ventilación positivo y negativo (64, 66), para retornar el gas positivo despojado de oxígeno del espacio de ventilación negativo al espacio de ventilación positivo.

9. Sistema de almacenamiento según la reivindicación 6, en el que la solución negativa y la mezcla de gas positiva que salen del eductor (78) fluyen al interior del espacio de ventilación negativo (66) y son barridas además por la solución negativa del depósito negativo (28).

10. Sistema de almacenamiento según la reivindicación 6, en el que la célula (12) comprende una pluralidad de células, comprendiendo cada célula:

un electrodo positivo (20) en comunicación con la solución positiva (24); y
un electrodo negativo (16) en comunicación con la solución negativa (22).

11. Procedimiento para mejorar un sistema de almacenamiento de energía de batería redox, que comprende:

proporcionar una célula de batería (12) que comprende un compartimento positivo (18) que presenta una solución positiva (24), un compartimento negativo (14) que presenta una solución negativa (22), y una membrana (26) que separa los compartimentos positivo y negativo;

conectar la célula con un depósito positivo (46) que presenta una solución positiva y un espacio de ventilación de gas positivo (64), estando el depósito positivo en comunicación fluidica con el compartimento positivo (18);

conectar la célula con un depósito negativo (28) que presenta una solución negativa y un espacio de ventilación de gas negativo (66), estando el depósito negativo en comunicación fluidica con el compartimento negativo (14);

retornar la solución negativa del compartimento negativo al depósito negativo a través de la tubería de retorno (32); y

extraer el gas positivo rico en oxígeno del espacio de ventilación positivo (64) a través de una tubería de extracción de gas positivo (72) conectada con la tubería de retorno, extrayendo la solución negativa de retorno mediante sifón el gas positivo por la tubería de extracción de gas positivo en el interior del espacio de ventilación negativo (66) en el que la solución negativa del depósito negativo barre el oxígeno.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, que comprende además el retorno del gas empobrecido en el oxígeno del espacio de ventilación negativo (66) al espacio de ventilación positivo (64) a través de una tubería de equilibrado (74).

13. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que el gas positivo rico en oxígeno es extraído del espacio de ventilación positivo (64) con un eductor (78) acoplado a la conexión (76) de las tuberías de retorno (32) y extracción de gas positivo (72), actuando la solución negativa (22) de la tubería de retorno como líquido móvil, arrastrado así el eductor el gas positivo del espacio de ventilación positivo y mezclando el gas positivo con la solución negativa, absorbiendo así el oxígeno del gas positivo.

14. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la tubería de extracción de gas positivo (72) forma una conexión con una tubería de retroceso (80) que está acoplada entre una tubería de alimentación negativa (30) y el depósito negativo (28), estando asimismo la tubería de alimentación negativa acoplada al depósito negativo, y en el que se acopla un eductor (78) a la conexión de las tuberías de retorno y de extracción de gas positivo, siendo así el oxígeno del gas positivo arrastrado del espacio de ventilación positivo (64) absorbido por la solución negativa que actúa como líquido móvil a través del eductor.

15. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la célula comprende una pluralidad de células, comprendiendo además cada célula:

- 5 un electrodo positivo (20) en comunicación con la solución positiva (24); y
 un electrodo negativo (16) en comunicación con la solución negativa (22).

16. Procedimiento según la reivindicación 11, que comprende además:

- 10 bombear la solución positiva a través del compartimento positivo (18) con una bomba positiva (54); y
 bombear la solución negativa (22) a través del compartimento negativo (14) con una bomba negativa (36).

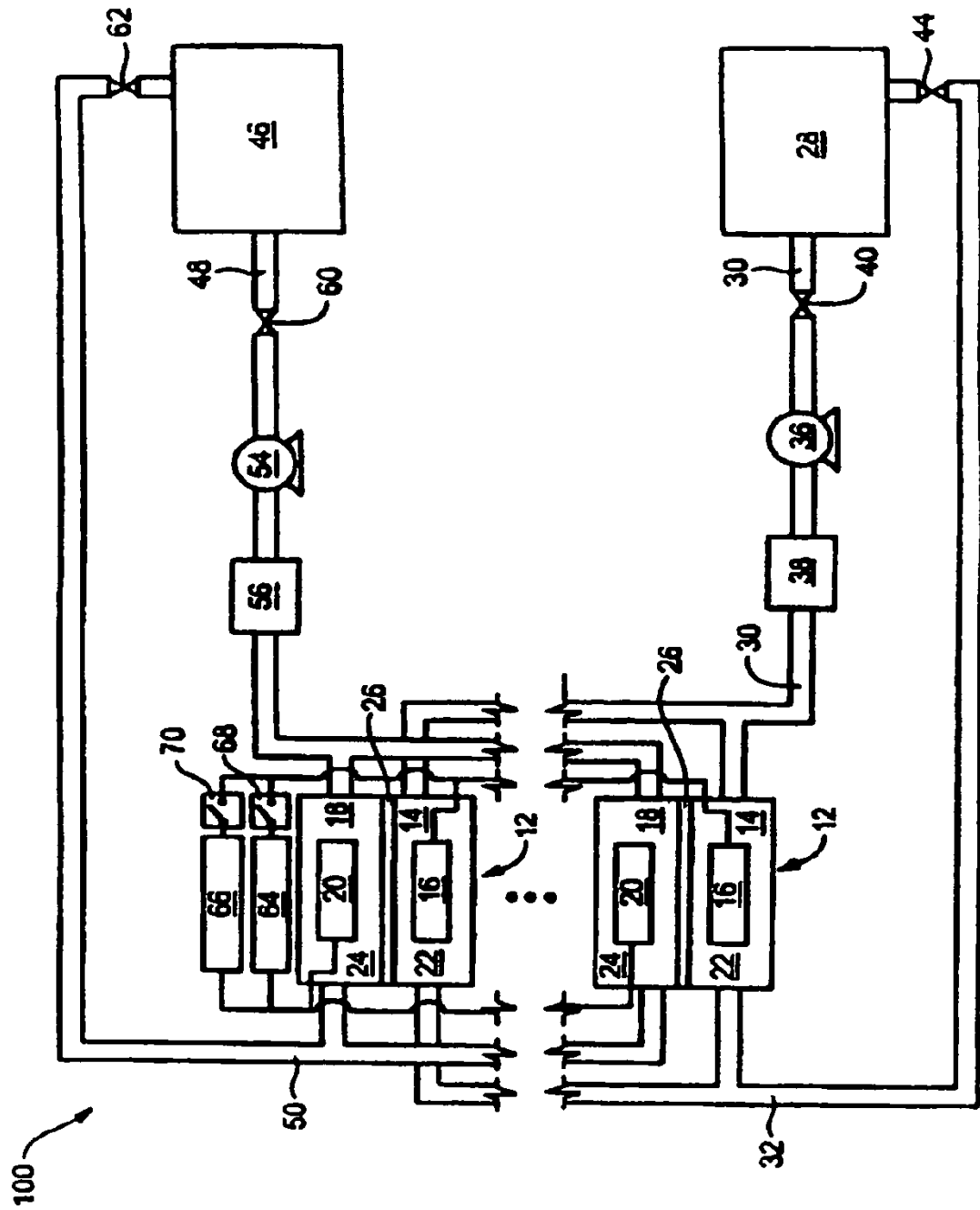


FIG. 1

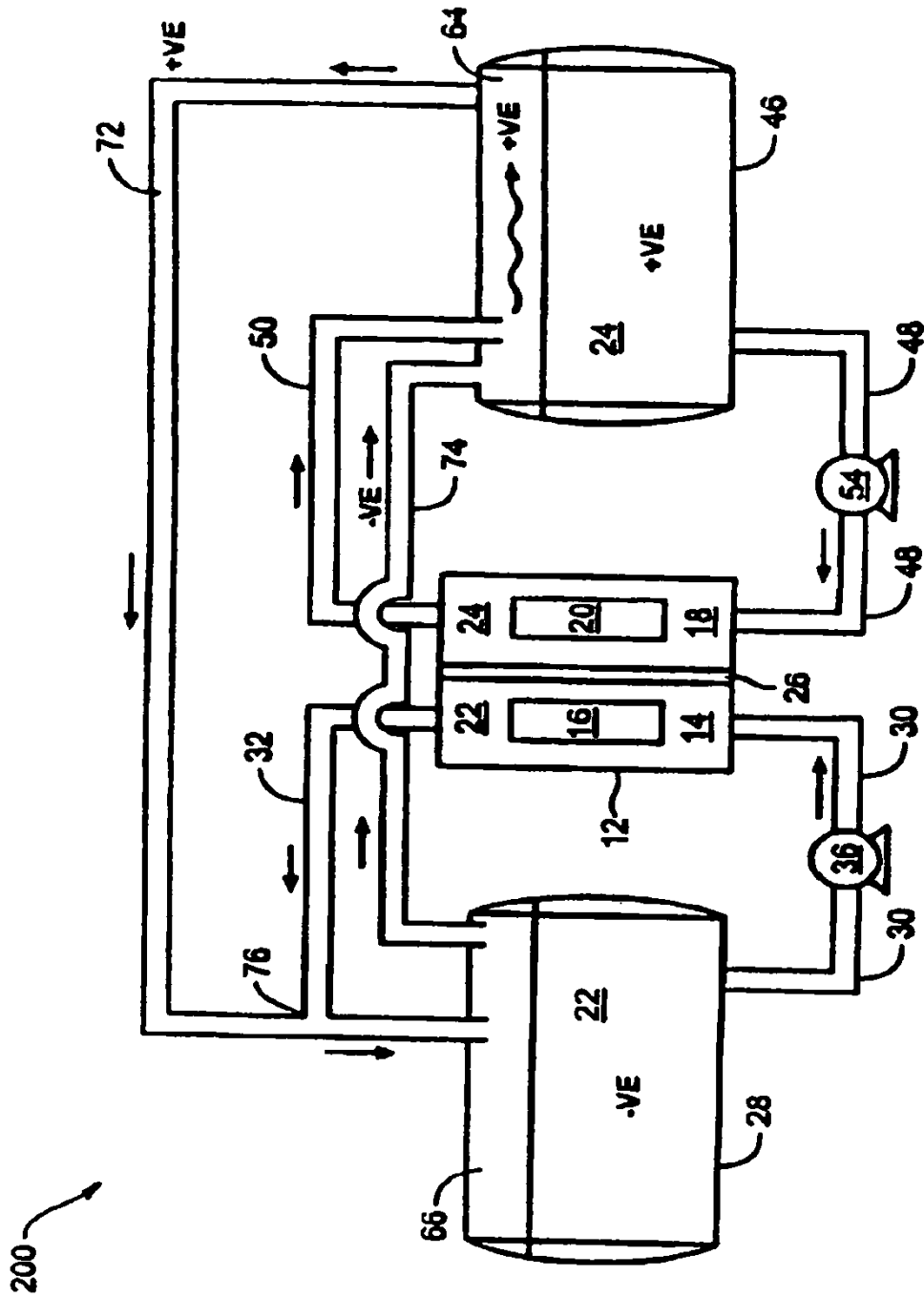


FIG. 2

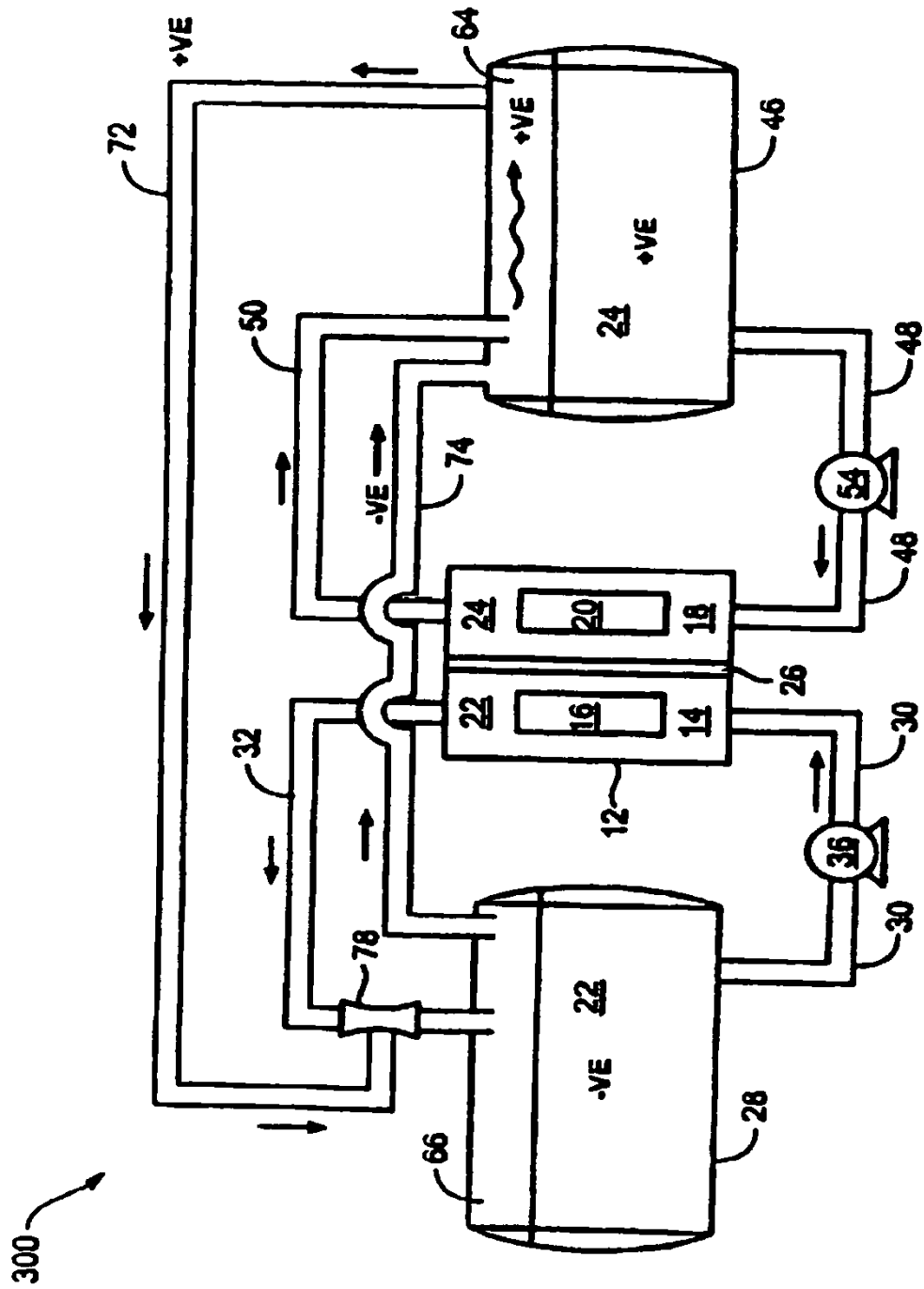


FIG. 3

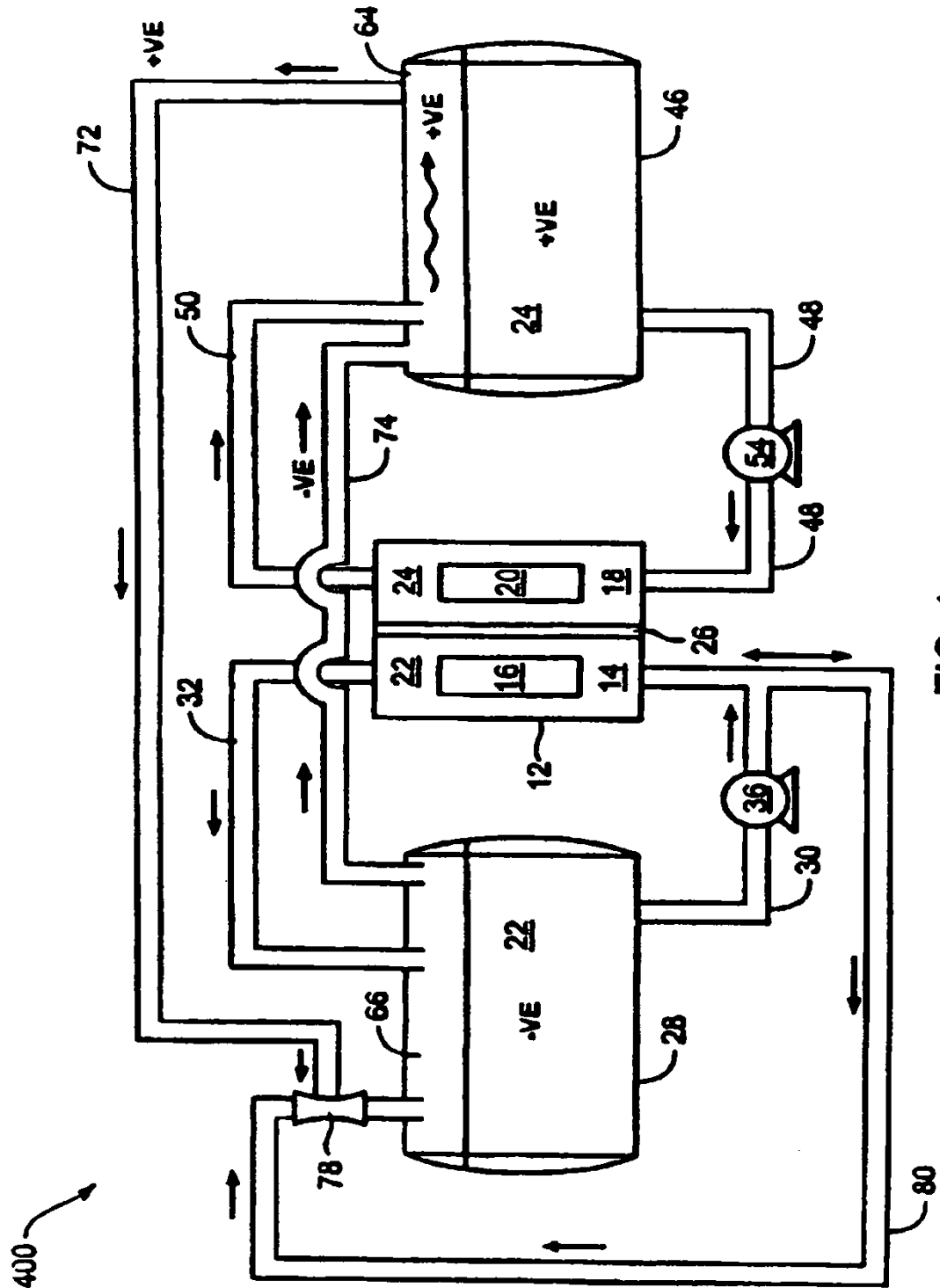


FIG. 4