

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 913**

51 Int. Cl.:

H02J 7/00 (2006.01)
H01M 8/18 (2006.01)
H01M 10/42 (2006.01)
H01M 10/44 (2006.01)
H01M 8/24 (2006.01)
H01M (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.03.2021** **PCT/EP2021/056031**
87 Fecha y número de publicación internacional: **30.09.2021** **WO21190928**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2021** **E 21712434 (6)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2023** **EP 4128472**

54 Título: **Sistema de baterías de flujo redox y procedimiento de funcionamiento**

30 Prioridad:

24.03.2020 DE 102020108068

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.06.2024

73 Titular/es:

VOITH PATENT GMBH (100.0%)
St. Pöltener Straße 43
89522 Heidenheim, DE

72 Inventor/es:

LÜTH, THOMAS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 972 913 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

Sistema de baterías de flujo redox y procedimiento de funcionamiento

5 La invención se refiere a un sistema de baterías de flujo redox y a un procedimiento para el funcionamiento de un sistema de este tipo. La invención se refiere especialmente a sistemas de baterías de flujo redox con una alta tensión de salida. El procedimiento según la invención se refiere a un procedimiento para reducir o eliminar, durante la carga y descarga del sistema de baterías, desequilibrios entre módulos de batería conectados en serie.

10 Normalmente, para obtener una alta tensión de salida en sistemas de baterías de flujo redox se conectan eléctricamente en serie varias celdas. Esta disposición se denomina pila. Sin embargo, esta opción no puede continuar indefinidamente, dado que de lo contrario la corriente de derivación causada por el electrolito se volvería intolerablemente alta. No obstante, la tensión de salida se puede aumentar aún más si se conectan varias pilas en serie, disponiendo cada pila de una unidad de depósito separada. Una unidad como ésta formada por una pila y una unidad de depósito separada correspondiente se denomina módulo de batería. Sin embargo, debido a la falta de homogeneidad de las materias primas utilizadas y a las variaciones de fabricación, los distintos módulos de batería
15 fabricados no son idénticos y, por este motivo, los sistemas de batería de este tipo tienen el inconveniente de que se puede producir un desequilibrio entre los módulos de batería, lo que influye negativamente en el rendimiento de un sistema de baterías como éste.

Por el estado de la técnica se conocen sistemas de baterías y procedimientos de funcionamiento correspondientes que pueden reducir este desequilibrio perjudicial. En este caso se suele hablar de un equilibrado.

20 El documento WO 2020/030762 A1 trata del desequilibrio del estado de carga de los módulos de batería (estado de carga - SoC). Aquí, los estados de carga de los distintos depósitos de electrolito se miden y comparan. Si la diferencia en los estados de carga rebasa un valor umbral, el número de celdas conectadas en serie en las pilas se ajusta de manera que los electrolitos menos cargados sean descargados por menos celdas que los electrolitos más cargados o de manera que los electrolitos menos cargados sean cargados por más celdas que los electrolitos más cargados.

25 El documento WO 2018/107097 A1 también se ocupa del desequilibrio del estado de carga de los módulos de batería. La reducción del desequilibrio se consigue adaptando el valor de SoC de un módulo de batería a un valor de SoC objetivo después de haberse medido los valores de SoC mediante la aportación, en al menos un módulo, de una parte de la energía almacenada a una carga eléctrica. Otro estado de la técnica se describe en los documentos JP 2006 040648 A, KR 2017 0035619 A, DE 10 2015 210922 A1, WO 2011/154306 A2, así como en el artículo: BYRNE R ET AL: "Energy performance of an operating 50 kWh zinc-bromide flow battery system" (XP032885898,DOI: 10.1109/ICE.2015.7438688).
30

El inventor se ha planteado el objetivo de proponer un sistema de baterías de flujo redox y un procedimiento de funcionamiento, siendo posible reducir los desequilibrios de un modo alternativo.

35 Según la invención, la tarea se resuelve mediante un sistema de baterías y un procedimiento de funcionamiento según las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones dependientes pueden encontrarse otras formas de realización ventajosas.

Las figuras muestran en detalle:

Figura 1 módulo de batería,

Figura 2 sistema de baterías que no presenta las características de la invención,

40 Figura 3 sistema de baterías (detalle),

Figura 4 sistema de baterías que no presenta las características de la invención,

Figura 5 sistema de baterías que no presenta las características de la invención,

Figura 6 sistema de baterías según la invención,

Figura 7 sistema de baterías según la invención.

45 La figura 1 muestra en el lado izquierdo una representación esquemática de un módulo de batería. El módulo de batería se identifica con el número 1. El módulo de batería comprende un conjunto de celdas, identificado con el número 2, un dispositivo de depósito, identificado con el número 3, y un dispositivo de medición para el registro de una magnitud controlada. En el caso del conjunto de celdas 2 se trata de un conjunto de una pluralidad de celdas de flujo redox que pueden disponerse como se desee. Por ejemplo, puede tratarse de una sola pila de celdas, de una conexión en serie de varias pilas, de una conexión en paralelo de varias pilas o de una combinación de conexión en serie y en paralelo de varias pilas. En cualquier caso, todas las celdas del conjunto de celdas 2 contribuyen a almacenar energía eléctrica durante la carga en el módulo de batería 1 o a suministrar energía eléctrica durante la descarga en el módulo de batería 1. El dispositivo de depósito 3 sirve para almacenar el electrolito y para suministrar el electrolito al conjunto de celdas 2. Salvo algunas excepciones, el dispositivo de depósito 3 comprende al menos dos
50 depósitos, un sistema de tuberías para conectar los depósitos al conjunto de celdas 2 y bombas para transportar el

electrolito. En este caso, la figura 1 muestra dos bombas separadas. El electrolito también podría bombearse con una bomba de doble cabezal, es decir, con dos bombas accionadas por un motor común. El dispositivo de depósito 3 se configura aquí de manera que pueda suministrar electrolito a todas las celdas del conjunto de celdas 2. Por lo tanto, si las bombas suministran el electrolito, éste fluye a través de todas las celdas del conjunto de celdas 2. Por este motivo, todas las celdas del conjunto de celdas 2 contribuyen siempre a cargar el electrolito del dispositivo de depósito 3 o todas las celdas del conjunto de celdas 3 contribuyen siempre a descargar el electrolito del dispositivo de depósito 3 cuando el módulo de batería 1 se carga o descarga.

El módulo de batería 1 representado en la figura 1 comprende dos dispositivos de medición para la puesta a disposición de una magnitud controlada. En el caso del dispositivo de medición, identificado con el número 4, se trata de un dispositivo de medición para la puesta a disposición de la así llamada tensión en circuito abierto (open circuit voltage - OCV). El valor OCV es una medida para el estado de carga del módulo de batería (SoC). El dispositivo de medición, identificado con el número 5, es un dispositivo de medición para la puesta a disposición de la tensión en los bornes del conjunto de celdas 2 y, por consiguiente, también del módulo de batería 1. Al cargar o descargar el módulo de batería 1, la tensión en los bornes y la tensión en circuito abierto se diferencian en la tensión que cae por medio de la resistencia interna del conjunto de celdas 3. Una alternativa a la determinación del valor OCV consiste en el recuento de Coulomb que también representa una medida para el estado de carga del módulo de batería. Con esta finalidad se necesita un dispositivo de medición que proporcione la corriente que fluye a través de los módulos conectados en serie. Por este motivo, un dispositivo de medición de este tipo para el recuento de Coulomb también podría realizarse fuera de los módulos de batería 1, de manera que un módulo de batería 1 comprenda opcionalmente un dispositivo de medición para la puesta a disposición de una magnitud controlada. En cualquier caso, un sistema de baterías (véase a continuación) comprende al menos un dispositivo de medición para poner a disposición una magnitud controlada para cada módulo de batería 1 del sistema de baterías.

El módulo de batería 1 comprende además sistemas auxiliares que se indican mediante el rectángulo con el número de referencia 6. Los sistemas auxiliares 6 se alimentan desde el exterior del módulo de batería 1 a través de los dos bornes. Los sistemas auxiliares 6 sirven, entre otros, para suministrar energía a las bombas, a un dispositivo de ventilación eventualmente presente y similares.

En el lado derecho de la figura 1 se muestran representaciones simbólicas del módulo de batería 1. Además de los bornes del conjunto de celdas, la representación superior muestra también los bornes de los sistemas auxiliares. Estos últimos faltan en la representación inferior. Las representaciones simbólicas se utilizan a continuación. En este caso, si se utiliza la representación inferior, esto no significa que los módulos de batería representados no incluyan ningún sistema auxiliar, sino únicamente que los sistemas auxiliares no desempeñan ningún papel en el contexto respectivo.

La figura 2 muestra en una representación esquemática un sistema de baterías que no presenta las características de la invención.

El sistema de baterías comprende al menos dos módulos de batería, identificándose uno de ellos con el número 1, un sistema bidireccional de conversión de potencia (en inglés, bidirectional power conversion system - PCS), identificado con el número 7, y un dispositivo de control identificado con el número 8. Los módulos de batería 1 están conectados en serie y conectados al convertidor 7. En la figura 2 se representan cuatro módulos de batería, indicando las líneas discontinuas en la conexión en serie un número cualquiera de módulos adicionales. El convertidor 7 conecta el sistema de baterías a la red eléctrica o a un sistema eléctrico superior. El sistema de baterías comprende además para cada módulo de batería 1 un primer interruptor, identificándose uno de ellos con el número 9, y un segundo interruptor, identificándose uno de ellos con el número 10. Los primeros interruptores 9 se disponen respectivamente en serie con los módulos de batería 1, siendo naturalmente irrelevante en qué lado del respectivo módulo de batería se dispone el interruptor correspondiente 9. Los segundos interruptores 10 se disponen respectivamente en una línea de derivación (bypass) alrededor de respectivamente un módulo de batería 1 y del primer interruptor correspondiente 9. En la figura 2, todos los interruptores 9 y 10 se representan en estado abierto. En realidad, en casi todos los procedimientos de funcionamiento según la invención que se describen detalladamente en las secciones siguientes, los interruptores se accionan por medio del dispositivo de control 8, de manera que exactamente un interruptor de cada par de interruptores de un primer y de un segundo interruptor esté cerrado y un interruptor esté abierto (alternativamente abierto y cerrado). Es decir, un par de interruptores tiene, en este caso, exactamente dos posiciones de conmutación, encontrándose el módulo de batería correspondiente 1 en la primera posición de conmutación (primer interruptor 9 cerrado y segundo interruptor 10 abierto) en la conexión en serie del sistema de baterías, y estando el módulo de batería correspondiente 1 en la segunda posición de conmutación (primer interruptor 9 abierto y segundo interruptor 10 cerrado) separado de la conexión en serie del sistema de baterías mediante la línea de derivación. La apertura del primer interruptor 9 con el interruptor 10 cerrado evita que el módulo se descargue a través de la línea de derivación. El dispositivo de control 8 está conectado a cada módulo de batería de manera que pueda registrar los valores de medición de los dispositivos de medición 4 o 5. Si el sistema de baterías comprende uno o varios dispositivos de medición que no forman parte de los módulos de batería 1, el dispositivo de control también se conecta naturalmente a éstos para poder registrar sus valores de medición. Por ejemplo, un dispositivo de medición para el recuento de Coulomb también podría formar parte del dispositivo de control 8. Además, el dispositivo de control 8 está conectado a cada uno de los interruptores 9 y 10, de manera que el mismo pueda determinar la posición respectiva del interruptor, a fin de conmutar los módulos de batería 1 dentro de la conexión en serie o fuera de la conexión en serie. Estas conexiones también pueden realizarse de forma inalámbrica.

En un sistema de baterías según la figura 2, con módulos de batería 1 completamente idénticos, no podría producirse ningún desequilibrio perjudicial. Sin embargo, los módulos de batería 1 reales se diferencian unos de otros como consecuencia de variaciones de fabricación y de procesos de envejecimiento. Además, las distintas condiciones de funcionamiento, por ejemplo, las diferencias de temperatura de los distintos módulos, pueden originar un comportamiento diferente de los mismos. Por estas razones, los módulos de batería reales tienen diferentes valores de eficiencia y diferentes resistencias internas. En caso de una corriente de carga o descarga determinada, una mayor eficiencia permite alcanzar más rápidamente el estado final del módulo de batería en cuestión. Dado que en la conexión en serie según la figura 2 circula la misma corriente por todos los módulos de batería 1, los módulos con una eficiencia alta alcanzan el estado final más rápidamente que los módulos con una eficiencia baja. Para evitar daños, el proceso de carga o descarga debe cancelarse en cuanto un módulo alcanza el respectivo estado final. De este modo, sin compensar este efecto, la capacidad de almacenamiento utilizable de un sistema de baterías de este tipo se reduce con cada ciclo completado ("desvanecimiento de la capacidad"). La diferente resistencia interna de los módulos provoca un efecto similar. Para la tensión en los bornes existen unos valores límite superior e inferior que no deben rebasarse ni no alcanzarse. Incluso con una eficiencia idéntica, un módulo con una resistencia interna más alta alcanza durante la carga o la descarga el valor límite respectivo de la tensión en los bornes más rápidamente que un módulo con una resistencia interna más baja. Si el primer módulo alcanza un valor límite, debe cancelarse el proceso respectivo, lo que también conlleva una reducción de la capacidad utilizable del sistema de baterías. Alternativamente, también podría reducirse el rendimiento del sistema. En cualquier caso, estos efectos dan lugar a un deterioro del sistema. El equilibrado pretende reducir o eliminar por completo los efectos descritos para mantener la capacidad utilizable del sistema de baterías en un nivel permanentemente alto o eliminar el deterioro descrito. Por otra parte, un equilibrado satisfactorio permite el uso de celdas con una varianza comparativamente alta con respecto a la eficiencia y/o la resistencia interna, lo que naturalmente repercute en una reducción de los costes de producción.

A continuación se propone un procedimiento no reivindicado para reducir los desequilibrios del sistema de baterías representado en la figura 2 que se producen durante la carga y la descarga del sistema de baterías, llevándose a cabo todos los pasos citados naturalmente durante la carga o descarga del sistema de baterías, es decir, la carga o la descarga no se interrumpen durante el proceso.

En una primera forma de realización, el procedimiento para reducir los desequilibrios que se producen durante la carga y descarga del sistema de baterías comprende, en este caso, los siguientes pasos:

- registro de los valores de medición del dispositivo de medición para poner a disposición una magnitud controlada para cada módulo de batería 1 mediante el dispositivo de control 8;

- si, en un primer momento, al menos un valor de medición de un primer módulo de batería 1 difiere de un valor de medición de un segundo módulo de batería 1:

- el dispositivo de control 8 controla el número de módulos de batería 1 que se encuentran en la conexión en serie, a fin de reducir la diferencia en los valores de medición del primer y del segundo módulo de batería 1 en un segundo momento posterior, encontrándose uno de los dos módulos de batería 1 durante menos tiempo en la conexión en serie que el otro módulo de batería 1 a lo largo del período de tiempo entre el primer y el segundo momento durante la carga o descarga del sistema de baterías.

Si un sistema de baterías con una pluralidad de módulos de batería está en funcionamiento durante un período de tiempo suficientemente largo sin un equilibrado, es decir, se carga o descarga, generalmente se produce un estado en el que los valores de medición de la magnitud controlada para cada módulo de batería representan una distribución estadística. En cualquier caso, se cumple la condición de que al menos un valor de medición de un primer módulo de batería 1 difiere de un valor de medición de un segundo módulo de batería 1. Naturalmente, el objetivo del equilibrado en un sistema como éste con muchos módulos de batería consiste en reducir al máximo la anchura de banda de la distribución de los valores de medición en un momento posterior o, en el mejor de los casos, equilibrar completamente todos los valores de medición. Naturalmente, esto da lugar automáticamente a que los valores de medición del primer y del segundo módulo de batería también se aproximen unos a otros en un momento posterior. Según la invención, dicha aproximación se consigue desconectando temporalmente al menos una parte de los módulos de baterías de la conexión en serie del sistema de baterías, no participando los módulos desconectados durante este tiempo en la carga o descarga del sistema, pero sí participando en las mismas los módulos que permanecen en serie.

En este caso hay que prestar atención a no retirar de la conexión en serie demasiados módulos de batería al mismo tiempo, lo que podría, por ejemplo, provocar una reducción de la tensión aplicada al PCS 7 por debajo de un valor límite crítico, dado que esta tensión resulta de la suma de las tensiones en los bornes de todos los módulos de batería que se encuentran en la conexión en serie. Por lo tanto, el dispositivo de control 8 también controla a este respecto el número de módulos de batería 1 que se encuentran en la conexión en serie, es decir, se garantiza en todo momento un funcionamiento sin fallos del sistema de baterías. Además de la tensión límite inferior del convertidor 7, también pueden tenerse en cuenta, por supuesto, otros parámetros y condiciones límite como, por ejemplo, la tensión límite superior del convertidor 7.

Para ello, la unidad de control 8 puede, por ejemplo, supervisar la tensión aplicada al PCS 7 y garantizar un comportamiento de conmutación adecuado. Alternativamente, también podría definirse directamente un número máximo de módulos que pueden retirarse al mismo tiempo de la conexión en serie. También es posible imaginar que un número máximo como éste pueda depender de otros parámetros, por ejemplo, del estado de carga del sistema o

de cualquier módulo. Por ejemplo, en un primer estado de carga podría permitirse la desconexión simultánea de un máximo de n módulos, y en un segundo estado de carga podría permitirse la desconexión simultánea de un máximo de m módulos, no siendo n igual a m . Otros parámetros concebibles son la corriente de carga o descarga o la potencia del PCS 7.

5 El procedimiento puede aclararse aún más si se considera que al cargar o descargar un sistema de baterías, los valores de medición y, por consiguiente, los valores de la magnitud controlada correspondiente de los módulos de batería se mueven monotónicamente hacia un valor final. Sin embargo, la "velocidad" de este esfuerzo es diferente para los módulos de batería, por lo que algunos módulos "van por delante" y otros "van por detrás". El objetivo del equilibrado consiste, por lo tanto, en mantener unido al "grupo móvil" de módulos, a pesar de que cada módulo avance a una velocidad diferente. El dispositivo de control consigue este objetivo obligando a los módulos más rápidos a hacer "pausas forzadas" de vez en cuando (desconexión temporal de la conexión en serie), mientras que el módulo más lento avanza permanentemente. En este caso, el dispositivo de control garantiza que no haya demasiados módulos en pausa en ningún momento. Aquí, el dispositivo de control tiene dos magnitudes de ajuste: la duración de las pausas y la frecuencia de las pausas.

15 En relación con el procedimiento descrito puede resultar conveniente utilizar valores umbral para la desviación de los valores de medición. Podría definirse un primer valor umbral para el inicio del procedimiento según la invención, es decir, un valor umbral que en un primer momento debe rebasar la diferencia entre el valor de medición del primer módulo de batería y el valor de medición del segundo módulo de batería para que se active el mecanismo de equilibrado. Para la suspensión del mecanismo de equilibrado se puede definir un segundo valor umbral, es decir, un valor umbral que en un segundo momento posterior no debe alcanzar la diferencia entre el valor de medición del primer módulo de batería y el valor de medición del segundo módulo de batería para que el mecanismo de equilibrado se detenga en este segundo momento. Evidentemente, el segundo valor umbral debe ser inferior al primer valor umbral. En especial, el segundo valor umbral es útil para descartar la influencia negativa de las imprecisiones de medición. Como alternativa, los valores de medición también podrían naturalmente liberarse del ruido mediante un filtro adecuado.

No obstante, el procedimiento también puede llevarse a cabo sin valores umbral. Por ejemplo, aprovechando la posibilidad de determinar valores empíricos para el período de tiempo después de que un sistema de baterías existente se desequilibra durante un proceso de carga o descarga dado, de manera que sea necesaria una acción de equilibrado. Lo mismo se aplica al período de tiempo durante el cual el mecanismo de equilibrado según la invención debe llevarse a cabo, a fin de devolver el equilibrio a un sistema de baterías existente durante un proceso de carga o descarga dado. Ventajosamente, la unidad de control de un sistema de baterías existente puede utilizar un algoritmo adecuado para aprender por sí misma estos valores empíricos al ejecutar unos pocos ciclos de carga/descarga. Del mismo modo, los valores empíricos pueden adaptarse si el sistema de baterías debiera cambiar a este respecto durante un período de funcionamiento más largo, por ejemplo, debido a los efectos del envejecimiento. Igualmente, se pueden determinar las características de los distintos módulos de batería 1, es decir, qué módulos de batería funcionan con un alto rendimiento o con una alta resistencia interna, a fin de establecer empíricamente qué módulos de batería deben ponerse en pausa con más frecuencia y/o durante más tiempo para mantener el "grupo móvil" junto (véase también más adelante). Por este motivo, cuando se utilizan estos valores empíricos no es necesario registrar o evaluar permanentemente los valores de medición de las magnitudes controladas. Esto se aplica análogamente a un enfoque basado en modelos, en el que el comportamiento de los módulos de batería puede predecirse con la ayuda de un modelo. En este caso, el modelo puede adaptarse al sistema de baterías correspondiente con la ayuda de magnitudes de medición y parámetros adecuados.

También es concebible que el mecanismo de equilibrado se lleve a cabo al menos durante un cierto período de tiempo sin el posterior registro o evaluación de los valores de medición, realizando los módulos más rápidos continuamente pausas correspondientemente largas o frecuentes. De este modo, los desequilibrios que surgen, por así decirlo, de forma continua, se corrigen inmediatamente sin que las diferencias en la magnitud controlada se registren o analicen permanentemente. Naturalmente, no hay razón para que este equilibrado continuo no se lleve a cabo con un registro y evaluación continuos de los valores de medición.

En las variantes del procedimiento que se llevan a cabo sin el registro o la evaluación permanentes de los valores de medición de las magnitudes controladas, la duración y la frecuencia de las pausas respectivamente necesarias se determinan de nuevo una vez o en momentos posteriores para cada módulo de batería. Para ello también se puede utilizar un algoritmo de autoaprendizaje o un procedimiento basado en modelos. Este proceso y también la determinación de los valores empíricos antes descritos para los períodos de tiempo citados podrían describirse como calibración del mecanismo de equilibrado. Una calibración como ésta podría tener lugar en la fábrica, es decir, antes de la entrega al cliente, o también durante la primera inicialización. Al menos durante esta calibración es necesario que el procedimiento se lleve a cabo en la forma indicada anteriormente (es decir, con registro y evaluación de los valores de medición). En los casos en los que el mecanismo de equilibrado se realiza sin registro ni evaluación de los valores de medición, resulta recomendable comprobar, al menos de vez en cuando, el éxito del equilibrado por medio de los valores de medición. Si el equilibrado es insuficiente, éste puede calibrarse de nuevo.

60 La forma más general del procedimiento (es decir, la realización del mecanismo de equilibrado - BM) puede definirse de la siguiente manera:

Procedimiento para la reducción de los desequilibrios que se producen durante la carga y la descarga del sistema de baterías que comprende el paso (BM):

- el dispositivo de control 8 controla el número de módulos de batería 1 que se encuentran en la conexión en serie, a fin de reducir la diferencia de un primer y de un segundo módulo de batería 1 con respecto a una magnitud controlada, encontrándose uno de los dos módulos de batería 1 en la conexión en serie durante menos tiempo que el otro módulo de batería 1 a lo largo de un período de tiempo durante la carga o la descarga del sistema de baterías.

Sin embargo, una monitorización de los valores de medición de las magnitudes controladas es necesaria al menos temporalmente, a fin de obtener un criterio de cancelación del proceso de carga o descarga del sistema de baterías. No obstante, si el equilibrado se realiza correctamente, basta con supervisar los valores de medición de un único módulo.

En este punto cabe señalar que el documento WO 2020/030762 A1 revela en la figura 4 un conjunto análogo al conjunto de la figura 2 de la presente solicitud, correspondiendo los interruptores 1221 y 1222, denominados interruptores de circuito exterior ("outer circuit switches"), al primer y al segundo interruptor (9, 10) de la presente solicitud. Sin embargo, el documento WO 2020/030762 A1 propone como uso previsto de los interruptores de circuito exterior 1221 y 1222 utilizar los mismos para eventualidades poco frecuentes como, por ejemplo, fugas del depósito de electrolito o sustitución del electrolito ("Es probable que esta última conmutación sea poco frecuente y para eventualidades como fugas o sustitución del electrolito" - véase última frase de la descripción). Por lo tanto, el documento WO 2020/030762 A1 no revela ni sugiere el procedimiento descrito anteriormente.

El procedimiento antes descrito puede llevarse a cabo de forma especialmente ventajosa si el primer y el segundo interruptor del sistema de baterías descrito anteriormente en relación con la figura 2 se realizan con la ayuda de transistores semiconductores. La figura 3 muestra un diseño de interruptor con transistores semiconductores en una variante especialmente ventajosa, mostrando la figura 3 sólo un módulo de batería y los interruptores correspondientes. En esta variante, todos los demás módulos de batería junto con los interruptores respectivos del sistema de baterías se realizan de forma correspondiente.

El primer interruptor 9 comprende dos MOSFET de bloqueo normal, cuyos canales están conectados en serie de manera que uno de los diodos de inversión bloquee siempre en ambas direcciones de corriente, no mostrándose en la figura 3 los diodos de inversión para una mayor claridad. El segundo interruptor 10 comprende un MOSFET de bloqueo normal. El sistema de batería comprende al menos una unidad de conmutación identificada en la figura 3 con el número 11. Los terminales de puerta de los MOSFET están conectados a la unidad de conmutación 11, estando también los terminales de puerta de los dos MOSFET del primer interruptor 9 conectados entre sí, de manera que el control de estas puertas se realice siempre simultáneamente. La conexión citada de las puertas también puede omitirse si la unidad de conmutación 11 garantiza internamente un control simultáneo de las puertas en cuestión. Se puede prever respectivamente una unidad de conmutación 11 para cada par de interruptores (9, 10) o bien una unidad de conmutación 11 puede accionar varios pares de interruptores (9, 10) o incluso todos ellos. En los dos últimos casos, la unidad de conmutación 11 debe presentar naturalmente un número correspondientemente grande de conexiones independientes, de manera que los pares de interruptores conectados puedan conmutarse independientemente unos de otros. La unidad de conmutación 11 o las unidades de conmutación 11 pueden ser parte integrante del dispositivo de control 8.

El uso de MOSFET permite la ejecución rápida y sin desgaste de los procesos de conmutación necesarios para el procedimiento antes descrito, lo que resulta especialmente ventajoso si se utilizan pausas frecuentes pero breves para el equilibrado. En este caso, la disposición según la invención de los MOSFET evita la descarga involuntaria de un módulo de batería durante el tiempo en el que no se encuentra en la conexión en serie y, por consiguiente, no participa en la carga o descarga del sistema de baterías. Opcionalmente, cada uno de los interruptores 9 y 10 puede comprender adicionalmente un relé dispuesto en paralelo a los MOSFET. Como consecuencia, los respectivos interruptores también se pueden activar sin pérdida con los relés, lo cual resulta ventajoso si el interruptor en cuestión sólo se va a activar con poca frecuencia.

Cabe mencionar que en la figura 3 los MOSFET se representan como MOSFET de canal n. Sin embargo, el conjunto no se limita a estos MOSFET. También pueden utilizarse MOSFET de canal p.

La figura 4 muestra un sistema de baterías tampoco reivindicado en otra variante. El sistema de baterías comprende adicionalmente para cada módulo de batería un tercer y un cuarto interruptor, identificados con los números 12 y 13, y conductores, estando los interruptores adicionales y los conductores conectados entre sí y a los módulos de batería, de manera que todos los módulos de batería se conecten en paralelo cuando todos los interruptores adicionales están cerrados. Con esta finalidad, todos los primeros y segundos interruptores deben estar naturalmente abiertos. La conexión en paralelo de los módulos de batería da lugar al equilibrado de las tensiones en los bornes de los módulos, fluyendo las corrientes de compensación entre los módulos de batería. Por este motivo, la conexión en paralelo mostrada puede utilizarse para el equilibrado. En este caso, todos los módulos o sólo algunos de ellos, es decir, al menos dos módulos, por ejemplo, el más rápido y el más lento, pueden conectarse en paralelo durante un período de tiempo definido. Los interruptores adicionales también son accionados por el dispositivo de control que, por razones de espacio, no se representa en la figura 4.

En principio, el PCS 7 también podría cargar o descargar los módulos de batería en una conexión en paralelo. Sin embargo, en un sistema genérico de baterías de alta tensión, el PCS 7 no suele estar diseñado para ello, por lo que no es posible llevar a cabo durante la carga o la descarga un equilibrado mediante una conexión en paralelo.

La figura 4 también muestra dos interruptores adicionales con los que el PCS 7 se puede desconectar de los módulos de batería conectados. Esta opción puede resultar ventajosa. En su caso, también puede utilizarse un solo interruptor de desconexión. Un interruptor de este tipo o unos interruptores de este tipo también pueden utilizarse en todas las demás variantes.

La figura 5 muestra otro sistema de baterías no reivindicado. El sistema de baterías comprende adicionalmente para cada módulo de batería 1 otro quinto interruptor, identificándose uno de ellos con el número 14. Debe tenerse en cuenta que el término "quinto" interruptor sólo se indica para una mayor claridad y no implica que, si un sistema de baterías comprende un quinto interruptor, éste también deba comprender automáticamente un tercer y un cuarto interruptor. El sistema de baterías comprende además una resistencia para cada módulo de batería 1, identificándose una de ellas con el número 15. En este caso, el quinto interruptor 14 y la resistencia 15 se disponen respectivamente en una línea de derivación adicional alrededor de un módulo de batería 1, de manera que un módulo de batería 1 se cortocircuite a través de una resistencia 15 cuando el quinto interruptor correspondiente 14 se cierra. El dispositivo de control 8 también activa los quintos interruptores 14. Con la ayuda del conjunto de la figura 5, cada módulo de batería puede descargarse selectivamente a través de una quinta resistencia. Si uno o varios de los quintos interruptores 14 están cerrados durante la carga o descarga del sistema de baterías, una parte de la corriente de carga o descarga pasa por el módulo de batería respectivo 1. Este hecho puede utilizarse para el equilibrado. Sin embargo, este tipo de equilibrado conlleva una pérdida de potencia eléctrica, por lo que sólo se utiliza como método de equilibrado adicional a los demás métodos, de manera que el equilibrado pueda flexibilizarse y mejorarse aún más gracias a esta opción adicional. Dado que de este modo se libera calor en las resistencias, la conmutación de los quintos interruptores puede realizarse ventajosamente de forma pulsada para evitar un calentamiento excesivo.

Si los primeros y segundos interruptores 9, 10 se realizan según la figura 3, resulta una posibilidad alternativa de conseguir el efecto recién descrito. Dado que los MOSFET tienen una resistencia de canal finita, también se puede cortocircuitar selectivamente un módulo de batería a través de la resistencia de canal de estos interruptores simplemente cerrando al mismo tiempo los primeros y segundos interruptores 9, 10. Por consiguiente, en esta variante, los interruptores citados no están siempre abiertos y cerrados alternativamente, como se ha descrito anteriormente. En este caso, los dos interruptores 9 y 10 juntos representan de facto el quinto interruptor 14. El estado en el que ambos interruptores 9 y 10 están cerrados al mismo tiempo también podría describirse como que el módulo de batería correspondiente está "parcialmente" retirado de la conexión en serie, dado que sólo una parte de la corriente de carga o descarga fluye a través del módulo y la otra parte fluye alrededor del módulo. Por lo tanto, la frase "El dispositivo de control 8 controla el número de módulos de batería 1 que se encuentran en la conexión en serie" también debe entenderse en el sentido de que un módulo se puede encontrar parcialmente en la conexión en serie. Lo que se ha dicho anteriormente con respecto a la generación de calor también se aplica en este caso.

Las siguientes explicaciones se refieren a la invención. Ésta puede combinarse ventajosamente con las variantes antes descritas.

La figura 6 muestra un sistema de baterías según la invención. El sistema de baterías comprende al menos dos módulos de batería, un convertidor bidireccional 7, un dispositivo de control 8 y, para cada módulo de batería, un convertidor de continua a continua, identificándose uno de ellos con el número 17. Los módulos de batería están conectados en serie y conectados al convertidor 7. Una conexión de los convertidores de continua a continua 17 está conectada respectivamente a un módulo de batería y una segunda conexión de los convertidores de continua a continua 17 está conectada respectivamente a un bus de corriente continua común.

En este caso, los convertidores de continua a continua pueden ser unidireccionales o bidireccionales. Dependiendo del tipo de realización y de la orientación, los convertidores de continua a continua 17 pueden extraer energía eléctrica del bus de corriente continua de forma controlada o suministrar energía eléctrica al mismo o ambas cosas.

El sistema de baterías comprende además otro convertidor identificado con el número 16. El convertidor 16 está conectado al bus de corriente continua. El dispositivo de control 8 está conectado al convertidor 16 y a los convertidores de continua a continua 17, de manera que el dispositivo de control 8 pueda controlar el convertidor 16 y los convertidores de continua a continua 17. El convertidor 7 está conectado a la red o a otro sistema eléctrico de nivel superior. El otro convertidor 16 también puede conectarse a la red o a otro sistema eléctrico de nivel superior u opcionalmente configurarse como un convertidor de continua a continua y conectarse al convertidor 7. En este último caso, el convertidor 16 absorbe potencia del convertidor 7 o le suministra potencia al mismo. El otro convertidor 16 es unidireccional o bidireccional.

Como también se ha descrito antes, el convertidor 7 se encarga de que una corriente de carga o de descarga pueda fluir a través de los módulos de batería conectados en serie, de manera que los mismos puedan cargarse o descargarse. Los convertidores de continua a continua 17 conectados en paralelo a cada módulo de batería permiten ahora que al menos una parte de la corriente suministrada por el convertidor 7 se desvíe alrededor de cada módulo de batería de forma selectiva y controlada durante la carga. En este caso, el convertidor de continua a continua 17 en cuestión transfiere energía eléctrica al bus de corriente continua. Como consecuencia, el módulo de batería correspondiente se carga menos rápidamente o no se carga en absoluto durante el período en el que el convertidor

de continua a continua 17 en cuestión funciona de este modo. Durante la descarga, uno o varios convertidores de continua a continua 17 puede o pueden controlarse de manera que transfieran energía eléctrica del bus de corriente continua al módulo de batería correspondiente. En este caso, el convertidor de continua a continua 17 en cuestión se controla respectivamente de manera que el módulo de batería correspondiente se descargue menos rápidamente o no se descargue en absoluto durante el período en el que el convertidor de continua a continua 17 en cuestión funciona de este modo.

Está claro que, dependiendo de su orientación, los convertidores de continua a continua unidireccionales pueden actuar sólo durante la carga o sólo durante la descarga, tal como se acaba de describir. Naturalmente, los convertidores de continua a continua bidireccionales pueden actuar tanto durante la carga, como también durante la descarga.

Aquí, el convertidor adicional 16 suministra energía eléctrica al bus de corriente continua o disipa el exceso de energía del mismo. Naturalmente, en caso de que el convertidor adicional 16 se realice unidireccional, no todos los flujos de energía citados son posibles.

El conjunto según la figura 6 permite el siguiente procedimiento para la reducción de los desequilibrios que se producen durante la carga y descarga del sistema de baterías, comprendiendo el mismo al menos uno de los siguientes pasos:

- Durante la carga del sistema de baterías, los convertidores de continua a continua 17 se controlan mediante el dispositivo de control 8 para reducir la diferencia entre un primer y un segundo módulo de batería con respecto a una magnitud controlada, transfiriendo un convertidor de continua a continua 17 tanta energía eléctrica al bus de corriente continua que uno de los dos módulos de batería se carga menos rápidamente que el otro módulo de batería.

- Durante la descarga del sistema de baterías, los convertidores de continua a continua 17 se controlan por medio del dispositivo de control 8 para reducir la diferencia entre un primer y un segundo módulo de batería 1 con respecto a una magnitud controlada, descargando un convertidor de continua a continua 17 tanta energía eléctrica del bus de corriente continua que uno de los dos módulos de batería se descarga menos rápidamente que el otro módulo de batería.

El conjunto según la figura 6 también permite, al menos si el convertidor 16 dispone de una conexión de red separada, que éste apoye al convertidor 7 en la carga o descarga de los módulos de batería. Esto resulta especialmente ventajoso cuando el convertidor 7 alcanza sus límites de rendimiento. Dado que este apoyo por parte de los convertidores de continua a continua 17 también se puede proporcionar de forma selectiva para cada módulo de batería, éste también puede utilizarse naturalmente para el equilibrado. A diferencia de los métodos de equilibrado descritos hasta ahora, este mecanismo da lugar a una carga o descarga acelerada de los módulos "lentos".

En otra forma de realización, un procedimiento según la invención para la reducción de los desequilibrios que se producen durante la carga y descarga del sistema de baterías comprende además uno de los siguientes pasos:

- Durante la carga del sistema de baterías, los convertidores de continua a continua 17 se controlan por medio del dispositivo de control 8 para reducir la diferencia entre un primer y un segundo módulo de batería con respecto a una magnitud controlada, descargando un convertidor de continua a continua 17 tanta energía eléctrica del bus de corriente continua que uno de los dos módulos de batería se carga más rápidamente que el otro módulo de batería.

- Durante la descarga del sistema de baterías, los convertidores de continua a continua 17 se controlan por medio del dispositivo de control 8 para reducir la diferencia entre un primer y un segundo módulo de batería 1 con respecto a una magnitud controlada, transfiriendo un convertidor de continua a continua 17 tanta energía eléctrica al bus de corriente continua que uno de los dos módulos de batería se descarga más rápidamente que el otro módulo de batería.

Si varios sistemas de baterías según la invención funcionan unos junto a otros, varios sistemas pueden naturalmente utilizar conjuntamente el convertidor adicional 16 y el bus de corriente continua conectado. Dado que para cada módulo de batería debe estar disponible un convertidor de continua a continua, no existe ninguna posibilidad de ahorro con respecto a los convertidores de continua a continua en caso de uso de varios sistemas de baterías que funcionan en paralelo.

La figura 7 muestra un sistema de baterías según la invención en otra forma de realización. La única diferencia con el sistema de baterías según la figura 6 consiste en que los sistemas auxiliares están conectados al bus de corriente continua y son alimentados por éste. Así resulta un beneficio adicional para el bus de corriente continua que ahorra costes en otros puntos. El uso conjunto del bus de corriente continua y del otro convertidor para la alimentación de los sistemas auxiliares de varios sistemas de baterías que funcionan en paralelo también resulta ventajoso y es posible sin ningún problema.

Con respecto a las formas de realización de la invención también resulta ventajoso un paso de calibración análogo, como se ha descrito anteriormente en detalle. Sin embargo, todas las medidas deben naturalmente estar relacionadas con la diferente velocidad durante la carga o descarga de los distintos módulos y con el período de tiempo en el que se utiliza una velocidad diferente. Lo mismo se aplica a la información allí indicada con respecto a la realización del procedimiento con y sin registro y evaluación de los valores de medición relativos a las magnitudes controladas.

Para que un sistema de baterías de flujo redox esté diseñado para llevar a cabo automáticamente los pasos del procedimiento antes descritos, el mismo comprende un sistema informático. El término sistema informático se refiere

5 a todos los dispositivos adecuados para llevar a cabo automáticamente los pasos del procedimiento descritos, en particular también los circuitos integrados o microcontroladores especialmente desarrollados para este propósito, así como los ASIC (ASIC: circuito integrado de aplicación específica). En este caso, el propio dispositivo de control 8 puede comprender un sistema informático adecuado. Alternativamente, el sistema informático también puede representar un dispositivo separado o formar parte de un dispositivo separado. La presente solicitud también está dirigida a un programa informático que comprende comandos que provocan la realización, por parte del sistema de baterías, de los pasos del procedimiento antes descritos. Además, la presente solicitud se dirige a un soporte legible por ordenador en el que se almacena un programa informático de este tipo.

- | | |
|----|---|
| 10 | Lista de referencias |
| | 1 Módulo de batería |
| | 2 Conjunto de celdas |
| | 3 Dispositivo de depósito |
| | 4 Dispositivo de medición para la determinación del OCV |
| 15 | 5 Dispositivo de medición para la determinación de la tensión en los bornes |
| | 6 Sistemas auxiliares |
| | 7 Convertidor bidireccional (PCS) |
| | 8 Dispositivo de control |
| | 9 Primer interruptor |
| 20 | 10 Segundo interruptor |
| | 11 Unidad de conmutación |
| | 12 Tercer interruptor |
| | 13 Cuarto interruptor |
| | 14 Quinto interruptor |
| 25 | 15 Resistencia |
| | 16 Convertidor bidireccional adicional |
| | 17 Convertidor de continua a continua |

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la reducción de los desequilibrios que se producen durante la carga y descarga de un sistema de baterías de flujo redox, comprendiendo el sistema de baterías al menos dos módulos de batería (1), un convertidor bidireccional (7) y un dispositivo de control (8), estando los módulos de batería (1) conectados en serie y al convertidor (7), comprendiendo cada módulo de batería (1) un conjunto de celdas (2), con una pluralidad de celdas de flujo redox, y un dispositivo de depósito (3) para almacenar electrolito y para suministrar electrolito al conjunto de celdas (2), caracterizado por que el sistema de baterías comprende para cada módulo de batería (1) un convertidor de continua a continua (17), estando respectivamente una conexión de cada convertidor de continua a continua (17) conectada a respectivamente un módulo de batería (1), estando una segunda conexión de cada convertidor de continua a continua (17) conectada a un bus de corriente continua común, comprendiendo el sistema de baterías un convertidor adicional (16) conectado al bus de corriente continua, estando el dispositivo de control (8) conectado al convertidor adicional (16) y a los convertidores de continua a continua (17), de manera que el dispositivo de control (8) pueda controlar el convertidor adicional (16) y los convertidores de continua a continua (17) y comprendiendo el procedimiento al menos uno de los siguientes pasos:
 - durante la carga del sistema de baterías, los convertidores de continua a continua (17) se controlan mediante el dispositivo de control (8) para reducir la diferencia entre un primer y un segundo módulo de baterías (1) con respecto a una magnitud controlada, transfiriendo un convertidor de continua a continua (17) tanta energía eléctrica al bus de corriente continua que uno de los dos módulos de baterías (1) se carga menos rápidamente que el otro módulo de baterías (1);
 - durante la descarga del sistema de baterías, los convertidores de continua a continua (17) se controlan mediante el dispositivo de control (8) para reducir la diferencia entre un primer y un segundo módulo de batería (1) con respecto a una magnitud controlada, descargando un convertidor de continua a continua (17) tanta energía eléctrica del bus de corriente continua que uno de los dos módulos de baterías (1) se descarga menos rápidamente que el otro módulo de batería.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, siendo los convertidores de continua a continua (17) bidireccionales o unidireccionales.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores que comprende uno de los siguientes pasos:
 - durante la carga del sistema de baterías, los convertidores de continua a continua (17) se controlan mediante el dispositivo de control (8) para reducir la diferencia entre un primer y un segundo módulo de batería (1) con respecto a una magnitud controlada, descargando un convertidor de continua a continua (17) tanta energía eléctrica del bus de corriente continua que uno de los dos módulos de batería (1) se carga más rápidamente que el otro módulo de batería (1);
 - durante la descarga del sistema de baterías, los convertidores de continua a continua (17) se controlan mediante el dispositivo de control (8) para reducir la diferencia entre un primer y un segundo módulo de batería (1) con respecto a una magnitud controlada, transfiriendo un convertidor de continua a continua (17) tanta energía eléctrica al bus de corriente continua que uno de los dos módulos de batería (1) se descarga más rápidamente que el otro módulo de batería (1).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo cada módulo de batería (1) sistemas auxiliares (6) que pueden alimentarse con corriente mediante bornes desde el exterior del módulo de batería (1) respectivo, estando los bornes de los sistemas auxiliares (6) conectados al bus de corriente continua y pudiendo este último alimentar dichos bornes.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, determinándose en un paso de calibración las características de los distintos módulos de batería (1), a fin de establecer diferentes velocidades de carga o descarga para los distintos módulos de batería (1) y duraciones de tiempo para las que se utilizan estas diferentes velocidades.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el sistema de baterías al menos un dispositivo de medición (4, 5) para poner a disposición una magnitud controlada para cada módulo de batería (1), estando el dispositivo de control (8) conectado al dispositivo de medición de manera que pueda detectar los valores de medición del dispositivo de medición (4, 5) y comprendiendo el procedimiento los siguientes pasos:
 - detección de los valores de medición del dispositivo de medición (4, 5) por medio del dispositivo de control (8);
 - si, en un primer momento, al menos un valor de medición de un primer módulo de batería (1) difiere de un valor de medición de un segundo módulo de batería (1):
 - realización de al menos un paso citado en la reivindicación 1 o 3 para reducir la diferencia entre los valores de medición del primer y del segundo módulo de batería (1) en un segundo momento posterior, llevándose a cabo el paso en el período de tiempo comprendido entre el primer y el segundo momento.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el sistema de baterías para cada módulo de baterías (1) un primer interruptor (9) y un segundo interruptor (10), disponiéndose el primer interruptor (9) respectivamente en serie con el módulo de batería correspondiente (1) y disponiéndose el segundo interruptor (10) respectivamente en una línea de derivación alrededor del módulo de batería correspondiente (1) y del primer

interruptor correspondiente (9), estando el dispositivo de control (8) conectado a cada uno de los interruptores (9, 10) de manera que pueda determinar la posición respectiva del interruptor para conmutar los módulos de batería (1) dentro o fuera de la conexión en serie, comprendiendo el procedimiento el paso:

- el dispositivo de control (8) controla el número de módulos de batería (1) que se encuentran en la conexión en serie, a fin de reducir la diferencia entre un primer y un segundo módulo de batería (1) con respecto a una magnitud controlada, encontrándose a lo largo de un período de tiempo, al cargarse o descargarse el sistema de baterías, uno de los dos módulos de batería (1) en la conexión en serie durante menos tiempo que el otro módulo de batería (1).

8. Sistema de baterías de flujo redox que comprende al menos dos módulos de batería (1), un convertidor bidireccional (7) y un dispositivo de control (8), estando los módulos de batería (1) conectados en serie y conectados al convertidor (7), comprendiendo cada módulo de batería (1) un conjunto de celdas (2), con una pluralidad de celdas de flujo redox, y un dispositivo de depósito (3) para almacenar electrolito y para suministrar electrolito al conjunto de celdas (2), caracterizado por que el sistema de baterías comprende para cada módulo de batería (1) un convertidor de continua a continua (17), estando respectivamente una conexión de cada convertidor de continua a continua (17) conectado a respectivamente un módulo de batería (1), estando una segunda conexión de cada convertidor de continua a continua (17) conectado a un bus de corriente continua común, comprendiendo el sistema de baterías un convertidor adicional (16) conectado al bus de corriente continua, estando el dispositivo de control (8) conectado al convertidor adicional (16) y a los convertidores de continua a continua (17) de manera que el dispositivo de control (8) pueda controlar el convertidor adicional (16) y los convertidores de continua a continua (17).

9. Sistema de baterías de flujo redox según la reivindicación anterior, siendo los convertidores de continua a continua (17) bidireccionales o unidireccionales.

10. Sistema de baterías de flujo redox según una de las reivindicaciones 8 o 9, comprendiendo cada módulo de batería (1) sistemas auxiliares (6) que pueden alimentarse con corriente a través de bornes fuera del respectivo módulo de batería (1), estando los bornes de los sistemas auxiliares (6) conectados al bus de corriente continua y pudiendo este último alimentar dichos bornes.

11. Sistema de baterías de flujo redox según la reivindicación anterior, comprendiendo el sistema de baterías para cada módulo de batería (1) un primer interruptor (9) y un segundo interruptor (10), disponiéndose el primer interruptor (9) respectivamente en serie con el módulo de batería correspondiente (1), disponiéndose el segundo interruptor (10) respectivamente en una línea de derivación alrededor del módulo de batería correspondiente (1) y del primer interruptor correspondiente (9), estando el dispositivo de control (8) conectado a cada uno de los interruptores (9, 10) de manera que pueda determinar la posición respectiva del interruptor para conmutar los módulos de batería (1) dentro de la conexión en serie o fuera de la conexión en serie.

12. Sistema de baterías de flujo redox según la reivindicación 11, comprendiendo los primeros interruptores (9) respectivamente dos MOSFET de bloqueo normal, cuyos canales están conectados en serie de manera que se bloquee siempre uno de los diodos de inversión en ambas direcciones de corriente y comprendiendo los segundos interruptores (10) respectivamente un MOSFET de bloqueo normal.

13. Sistema de baterías de flujo redox según una de las reivindicaciones 8 a 11 diseñado para llevar a cabo de forma automatizada los pasos del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7.

14. Programa informático que comprende comandos que provocan que el sistema de baterías de la reivindicación anterior lleve a cabo los pasos del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7.

15. Soporte legible por ordenador en el que se almacena el programa informático según la reivindicación anterior.

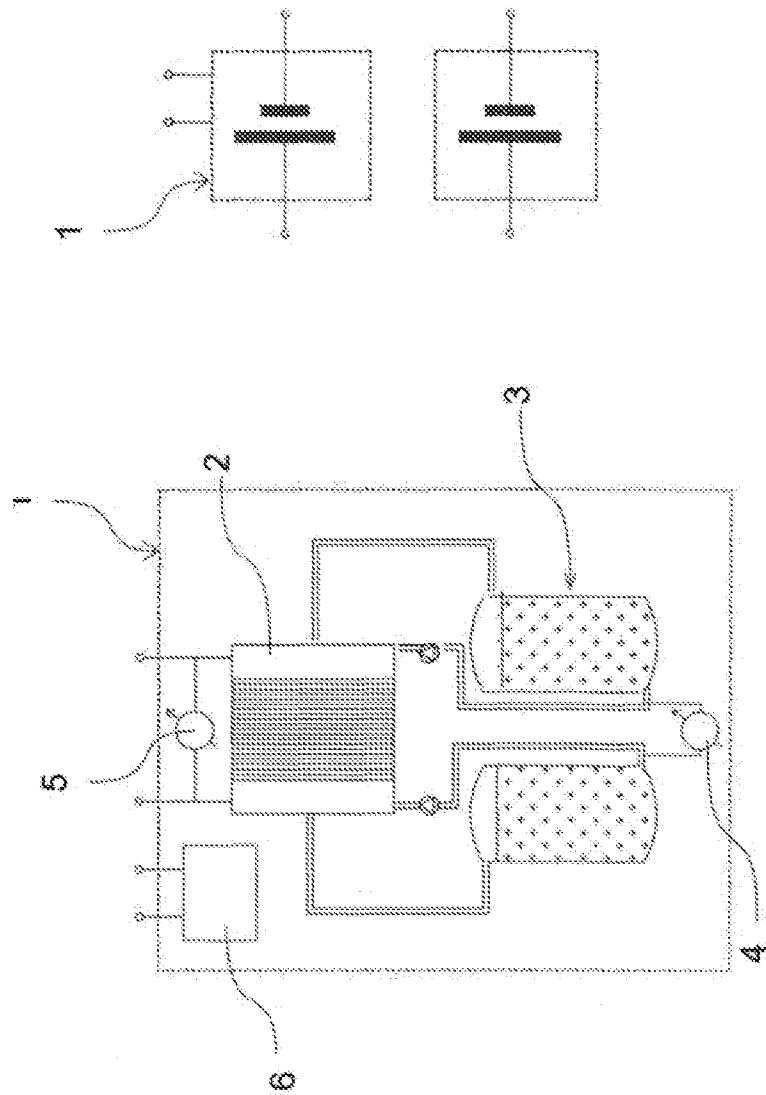


Figura 1

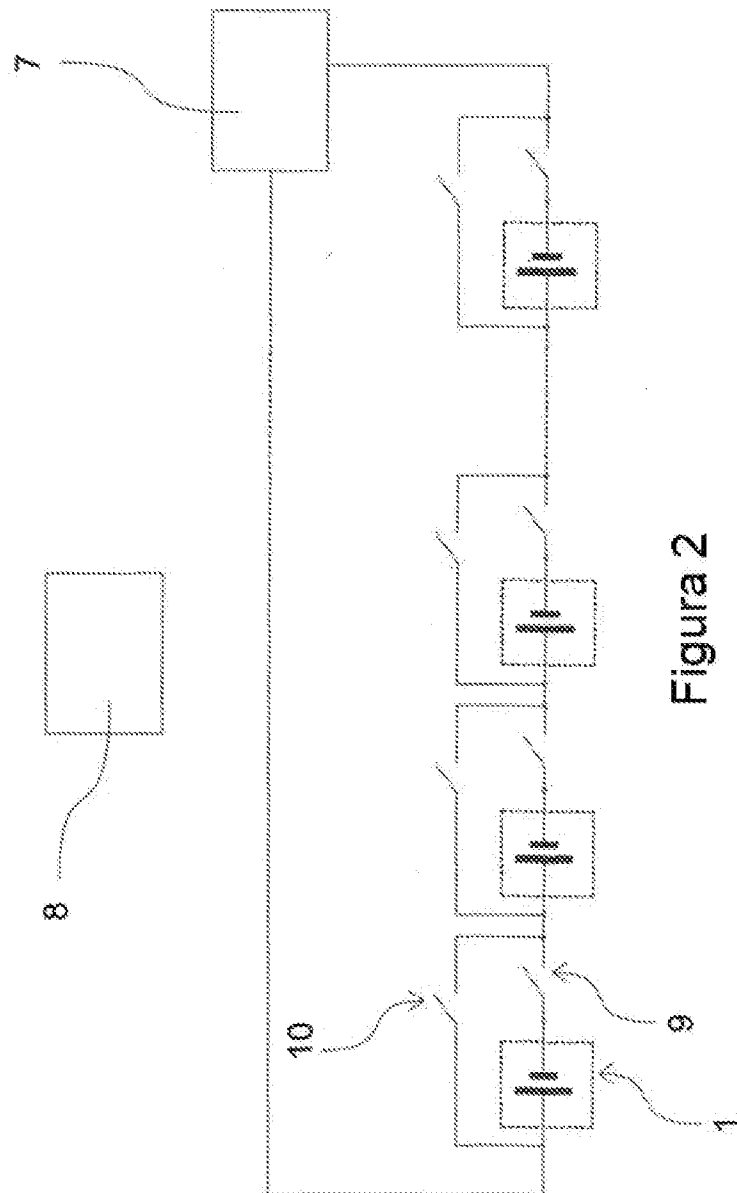


Figura 2

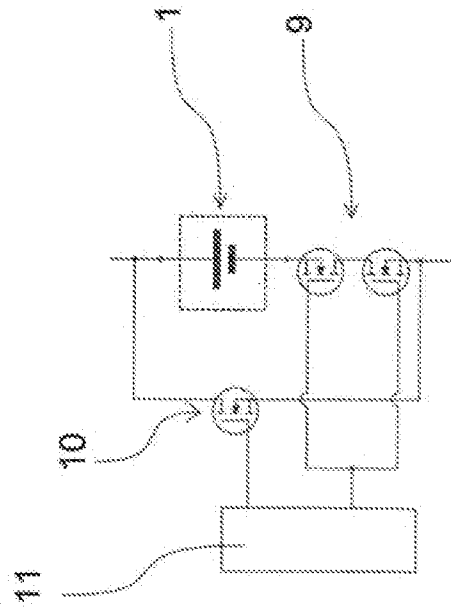


Figura 3

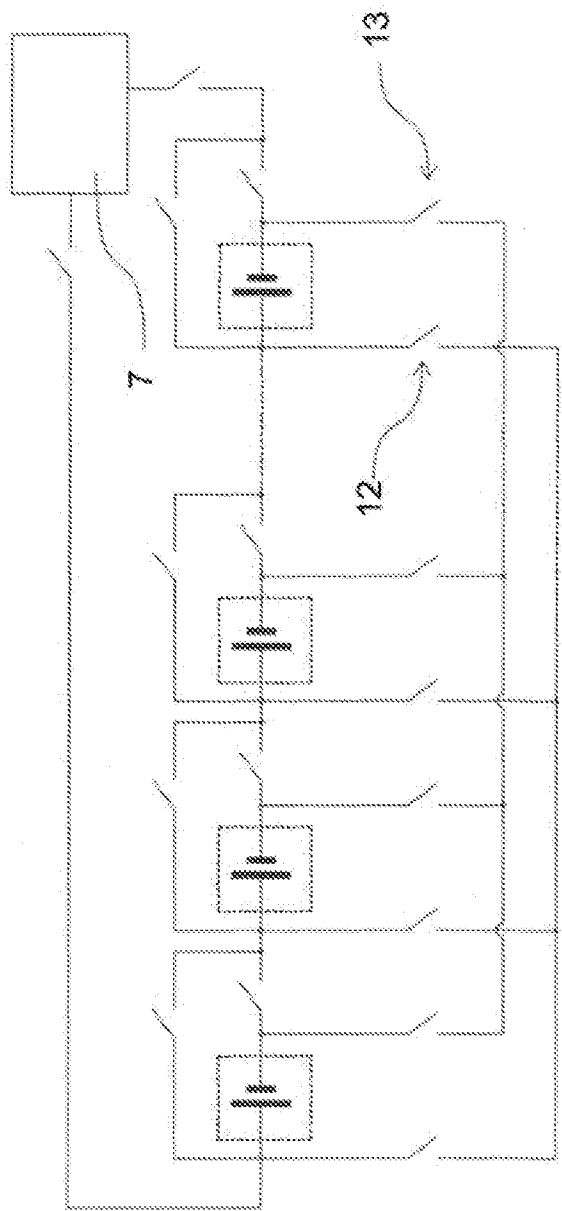


Figura 4

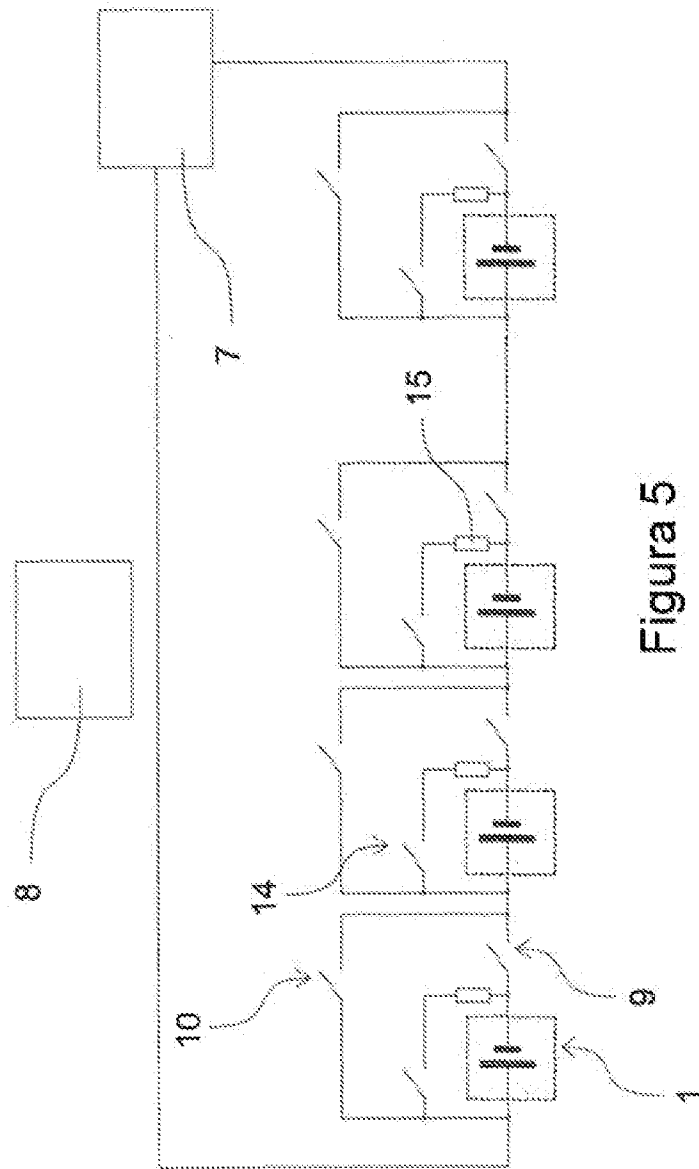


Figura 5

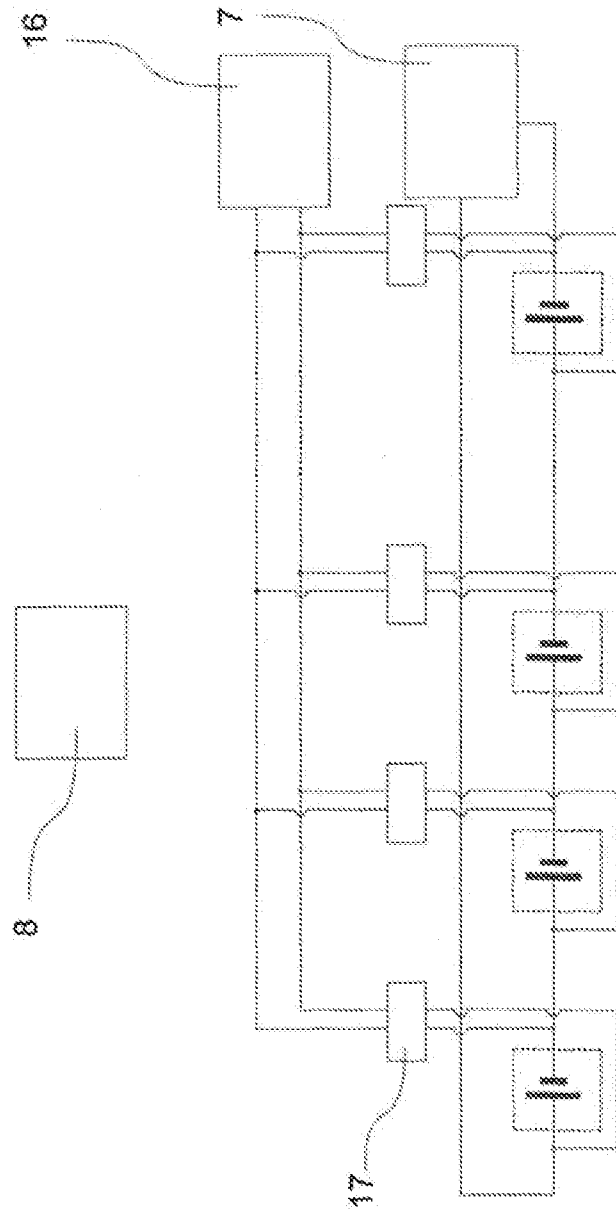


Figura 6

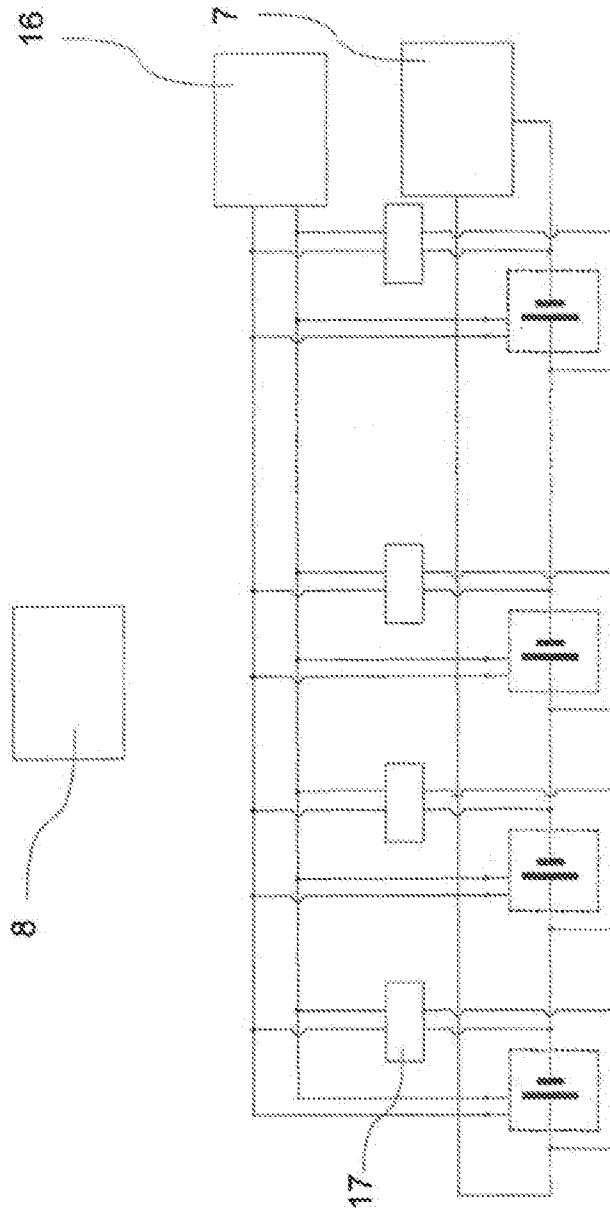


Figura 7