

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 796**

51 Int. Cl.:

H01M 12/08 (2006.01)

H02J 7/00 (2006.01)

H01M 10/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2015** **PCT/FR2015/052015**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.01.2016** **WO16012717**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2015** **E 15751054 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018** **EP 3172812**

54 Título: **Control de carga de una batería de metal-aire**

30 Prioridad:

23.07.2014 FR 1457126

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

04.10.2018

73 Titular/es:

ELECTRICITÉ DE FRANCE (100.0%)
22-30 Avenue de Wagram
75008 Paris, FR

72 Inventor/es:

STEVENS, PHILIPPE;
LHERMENAULT, JULIEN y
TOUSSAINT, GWENAËLLE

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 684 796 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

Control de carga de una batería de metal-aire

5 Sector de la técnica

La invención se refiere al campo del control de la carga de una batería de metal-aire que comprende celdas de metal-aire con tres electrodos.

10 Estado de la técnica

Las celdas de baterías de metal-aire utilizan un electrodo negativo a base de un metal tal como zinc, hierro o litio, acoplado a un electrodo de aire. El electrolito utilizado generalmente es un electrolito acuoso alcalino.

15 Durante la descarga de dicha batería, el oxígeno se reduce en el electrodo positivo y el metal se oxida en el electrodo negativo:

Descarga en el electrodo negativo: $M \rightarrow M^{n+} + n e^-$

Descarga en el electrodo positivo: $O_2 + 2 H_2O + 4 e^- \rightarrow 4 OH^-$

20 La ventaja de los sistemas de metal-aire se basa en la utilización de un electrodo positivo de capacidad infinita, no siendo necesario que el oxígeno consumido en el electrodo positivo se almacene en el electrodo sino que puede ser liberado al aire ambiente. Los generadores electroquímicos de tipo metal-aire son, por lo tanto, conocidos por sus energías másicas elevadas, que pueden alcanzar varios cientos de Wh/kg.

25 Los electrodos de aire se utilizan, por ejemplo, en pilas de combustible alcalinas que son particularmente ventajosas con respecto a otros sistemas debido a cinéticas de reacción elevadas a nivel de los electrodos y debido a la ausencia de metales nobles tales como el platino. Se encuentran también baterías de metal-aire, por ejemplo, en prótesis auditivas.

30 Un electrodo de aire es una estructura sólida porosa, generalmente en granos de carbono, en contacto con el electrolito líquido. La interfase entre el electrodo de aire y el electrolito líquido es una interfase llamada «de triple contacto» donde están presentes simultáneamente la materia sólida activa del electrodo, el oxidante gaseoso, es decir el aire, y el electrolito líquido. Una descripción de los diferentes tipos de electrodos de aire para baterías de zinc-aire se expone por ejemplo en el artículo bibliográfico de V. Neburchilov y col., titulado «A review on air cathodes for zinc-air fuel cells», Journal of Power Sources 195 (2010) p. 1271-1291.

35 Cuando una batería de metal-aire debe ser recargada eléctricamente, el sentido de la corriente se invierte. Se produce oxígeno en el electrodo positivo y el metal se redeposita mediante reducción en el electrodo negativo:

Recarga en el electrodo negativo: $M^{n+} + n e^- \rightarrow M$

Recarga en el electrodo positivo: $440OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$

45 Las baterías de tipo metal-aire funcionan muy bien en descarga, pero varios problemas durante la recarga aún están por resolver.

50 La utilización de un electrodo de aire en sentido de recarga para efectuar una reacción de oxígeno y liberación de oxígeno presenta numerosos inconvenientes. La estructura porosa del electrodo de aire es frágil. Se ha observado que esta estructura era destruida mecánicamente por la liberación de gas cuando se utilizaba para producir oxígeno por oxidación de un electrolito líquido. La presión hidráulica generada en el electrodo por la producción de gas es suficiente para provocar una ruptura de las uniones entre los granos de carbono que constituyen el electrodo de aire.

55 La degradación del electrodo de aire, cuando éste se utiliza para cargar o recargar la batería de metal-aire, reduce fuertemente la vida útil de la batería. Se trata de una de las principales causas del escaso desarrollo comercial de los acumuladores de metal-aire recargables eléctricamente.

Un medio de proteger el electrodo de aire contra una degradación consiste en utilizar un segundo electrodo positivo llamado segundo electrodo «de carga» que se utiliza para la reacción de liberación de oxígeno.

60 El electrodo de aire está entonces desacoplado del electrodo de carga y solamente se utiliza este último durante la fase de carga. El electrodo de aire permanece entonces inerte en fase de carga y conserva un potencial fijo. La patente US 3 532 548 de Z. Starchurski describe, por ejemplo, una batería de zinc-aire con un segundo electrodo auxiliar utilizado para la fase de carga.

65 Por otra parte, ciertos problemas también pueden tener lugar en el lado del electrodo negativo durante la recarga eléctrica de una batería de metal-aire, por ejemplo una batería de zinc-aire.

Durante la recarga, los iones metálicos M^{n+} se reducen en el electrodo negativo y se depositan en su forma metálica M en cuanto el potencial a nivel de este electrodo es suficientemente negativo. Se desea un depósito uniforme y homogéneo del metal sobre el electrodo para garantizar un buen rendimiento durante los ciclos de cargas y de descargas de este electrodo.

Ahora bien, se ha constatado que, en ciertas condiciones, el metal se depositaba en forma de espuma poco adherente a la superficie del electrodo, espuma que puede, a continuación, desprenderse del electrodo provocando una pérdida de materia activa y por consiguiente una pérdida de capacidad de la batería. En otros casos, se ha constatado que el metal podía también depositarse en forma de excrecencias irregulares llamadas dendritas. Estas dendritas pueden crecer hasta alcanzar el electrodo positivo durante la carga, provocando un cortocircuito interno que impide la recarga.

Para intentar resolver estos problemas, y producir un depósito de zinc homogéneo durante la fase de carga, la solicitud WO 2014 083268 A1 propone mantener el potencial del electrodo negativo por debajo de un umbral crítico. Este potencial se obtiene mediante una medida de la tensión entre el electrodo de aire, con potencial fijo durante la carga, y el electrodo negativo.

El documento FR-A-2 998 718 describe un procedimiento de gestión de carga de una batería de metal-aire de acuerdo con el estado de la técnica. Los desarrollos expuestos anteriormente se refieren a una sola celda de metal-aire. Ahora bien, las baterías se componen generalmente de una pluralidad de celdas conectadas entre sí en serie, en paralelo o en una combinación de conexiones en serie y el paralelo. La carga de dicha batería hace intervenir un único cargador que alimenta la batería en corriente continua. El cargador está conectado a dos terminales de la batería que corresponden, respectivamente, al electrodo negativo de una celda situada en uno de los extremos de la batería y el electrodo positivo de carga de la celda situada en el otro extremo de la batería.

Al cargar una batería de celdas conectadas en serie, la corriente global que circula a través de la batería permanece constante, incluso si las celdas no están individualmente en el mismo estado de carga. Las celdas también pueden estar a tensiones diferentes. La liberación de oxígeno en el ánodo de una celda de metal-aire provoca fuertes fluctuaciones en la tensión entre los dos electrodos de carga de la celda. En efecto, contrariamente al caso de una batería cerrada en la que los electrodos positivos y negativos pueden cargarse, ambos dos, y están, por lo tanto, ambos dos, a potenciales estables, el electrodo positivo de carga de una celda de metal-aire no está en equilibrio con la materia activa, en la medida en que hay una liberación de oxígeno hacia el exterior.

Las fuertes fluctuaciones de tensión en una celda de metal-aire pueden acentuar las inhomogeneidades en la manera en la que el metal se depositará sobre los electrodos negativos de las celdas de dicha batería.

Los dispositivos de control de carga de baterías convencionales con dos electrodos que permiten distribuir la corriente de carga en las celdas de una batería para garantizar una carga completa de todas las celdas. Estos dispositivos de control de carga vigilan la tensión en los terminales de una celda para identificar un punto de esta última en una curva de carga de corriente-tensión obtenida previamente. La carga se detiene cuando la tensión en los terminales de la celda supera un punto característico de fin de carga. Estos dispositivos de control de carga no están adaptados a una batería de celdas de metal-aire en la que las fluctuaciones de tensión hacen imprecisos los datos del estado de carga de una celda, y donde es importante procurar no superar un potencial umbral en el electrodo negativo como se ha expuesto anteriormente.

Las restricciones expuestas anteriormente hacen muy difícil el control eficaz de una batería constituida por celdas de metal-aire con vistas a aumentar el número de ciclos de cargas y descargas eléctricas de la batería, y, de este modo, conferir ventajosamente a la batería una mayor vida útil. Por consiguiente, se buscan un procedimiento de control de carga de una batería compuesta por celdas de metal-aire así como un gestor de carga para dicha batería.

Objeto de la invención

Para responder a los problemas expuestos anteriormente, la presente invención propone un procedimiento de gestión de carga de una batería de metal-aire que comprende al menos una celda, comprendiendo la celda al menos un electrodo negativo, un primer electrodo positivo de aire y un segundo electrodo positivo de liberación de oxígeno, constando el procedimiento de, para cada celda, durante la aplicación de una corriente a la celda, que da como resultado, durante la carga, la circulación de una corriente de carga entre el electrodo negativo y el segundo electrodo positivo de liberación de oxígeno:

- comparar el valor absoluto de un potencial del electrodo negativo con un valor umbral crítico, estando el potencial del electrodo negativo determinado con respecto al primer electrodo positivo de aire;
- cuando el valor absoluto del potencial del electrodo negativo alcanza el valor umbral, desviar un excedente de corriente de carga, función de la discrepancia entre la corriente aplicada a la celda y la corriente de carga.

La invención propone un procedimiento de control de carga de una batería de metal-aire adaptado a las restricciones de estas celdas y utilizable con celdas que comprenden un segundo electrodo de carga.

La invención compara el potencial del electrodo negativo de cada celda de metal-aire con la tensión consigna de referencia de esta celda. Este enfoque se distingue de la técnica anterior en la que el parámetro vigilado para determinar el estado de carga de una celda de la batería es la tensión entre los electrodos de carga.

5 La invención presenta la ventaja de mantener el potencial del electrodo negativo por debajo del valor umbral en cualquier circunstancia. Este efecto se obtiene gracias a una desviación de la porción de la corriente de carga que, de lo contrario, haría pasar el potencial del electrodo negativo por encima del valor umbral. La corriente aplicada a la celda, proveniente de la batería, toma entonces dos vías paralelas: una parte de la corriente sigue alimentando la celda y atraviesa el electrolito, mientras que la parte excedentaria es reorientada por ejemplo hasta al menos otra
10 celda de la batería. De acuerdo con la terminología general presentada anteriormente, cuando el valor absoluto del potencial del electrodo negativo alcanza el valor umbral mencionado anteriormente, se desvía un excedente de corriente de carga desde el electrodo negativo de esta celda, estando este excedente de corriente de carga en función de la discrepancia entre la corriente aplicada a la celda y la corriente de carga.

15 La utilización del potencial eléctrico del electrodo negativo, y no de la tensión entre los electrodos de carga, a modo de parámetro de vigilancia del estado de carga de la batería, permite librarse de las restricciones de inestabilidad de la tensión de las celdas de metal-aire en el origen de las dificultades de concepción de un sistema de regulación eficaz para baterías que utilizan dichas celdas.

20 El potencial del primer electrodo positivo de aire es estable en fase de carga y puede constituir, por lo tanto, un electrodo de referencia para medir el potencial cambiante del electrodo negativo. La tensión entre el electrodo negativo y el primer electrodo positivo de aire da acceso, por lo tanto, al potencial del electrodo negativo. Midiendo el potencial del electrodo negativo, la invención se libra de las fuertes fluctuaciones de potencial que se producen en el electrodo positivo de carga, cuyo origen está asociado normalmente a la reacción de liberación de oxígeno como se ha explicado anteriormente. La invención permite entonces evitar un deterioro indeseable de una celda durante la
25 carga manteniendo el potencial del electrodo negativo por debajo de un valor umbral también llamado valor consigna.

El potencial del electrodo negativo medido en la celda ya no es dependiente de los estados de las celdas vecinas a las que está conectada la celda. El procedimiento de control de carga de acuerdo con la invención no es, por lo tanto, dependiente del número de celdas en una batería. El procedimiento puede implementarse para cada celda independientemente del estado de las celdas vecinas.

30 El procedimiento de control de carga de acuerdo con la invención permite, de este modo, identificar con precisión la superación de un valor umbral crítico del potencial, y evitar la formación de espumas o dendritas en el electrodo negativo capaces de deteriorar una celda y reducir la vida útil de una batería.

Los dispositivos de control de carga utilizados en las baterías estándar con dos electrodos presentan generalmente el inconveniente de funcionar de acuerdo con un régimen de funcionamiento del tipo «todo o nada». En efecto, la desviación de la corriente es generalmente integral cuando el gestor de carga determina que la celda está recargada comparando la tensión en sus terminales con una tensión de consigna característica del fin de carga. Al desviar solamente el excedente de corriente de carga que produciría una elevación indebida del potencial del electrodo negativo, la invención permite continuar hasta su término la carga de una celda de metal-aire incluso cuando el potencial del electrodo negativo ha alcanzado el valor umbral.

45 De acuerdo con una realización ventajosa, el excedente de corriente de carga de una celda puede ser desviado hacia una celda vecina o hacia un cargador.

La expresión «celda vecina» designa el primer vecino de la celda considerada. Una distribución, de forma gradual, de la corriente excedentaria ha demostrado estar adaptada para gestionar la distribución de la corriente de carga en una batería que contiene un gran número de celdas.

Normalmente, el excedente de corriente de carga de una celda puede ser desviado hacia una celda vecina. El excedente de corriente de carga también puede ser desviado hacia un cargador de la batería, por ejemplo para una
55 celda cuyo segundo electrodo positivo de liberación de oxígeno está conectado al terminal positivo del cargador de la batería.

La desviación del excedente de corriente de carga, que aparece cuando el valor umbral crítico del potencial del electrodo negativo es alcanzado, puede utilizarse en una celda vecina que puede estar en un estado de carga diferente.

60 Ventajosamente, para cada celda, el valor umbral crítico puede fijarse en función del potencial al comienzo de la carga.

65 Durante la carga, hay competencia en el electrodo negativo entre una reducción de los iones zincato para producir zinc y reducción del agua para producir hidrógeno. La probabilidad de que la segunda reacción de producción de

hidrógeno se produzca aumenta a medida que el potencial del electrodo negativo aumenta volviéndose más negativo. Limitando el potencial de reducción en función de un potencial al comienzo de la carga, el riesgo de que se produzca una reacción de producción de hidrógeno, dañina para la celda, puede reducirse. Es posible fijar el valor del potencial umbral a no superar en el electrodo negativo como siendo un valor correspondiente al potencial del electrodo negativo al comienzo de la carga aumentado, por ejemplo, un 10 %.

De acuerdo con una realización, el valor umbral crítico puede reevaluarse a intervalos de tiempo regulares.

Después de, normalmente, un centenar de ciclos de carga y descarga, la característica de corriente-tensión de carga de una celda de batería de metal-aire puede, a pesar de todas las precauciones tomadas para preservarla, evolucionar. Por consiguiente, es juicioso tenerla en cuenta adaptando a intervalos de tiempo regulares el valor del potencial umbral mediante el método descrito anteriormente. Dicha evaluación puede, por ejemplo, efectuarse después de un número determinado de ciclos de carga y descarga, para tener en cuenta la degradación progresiva de la celda.

De acuerdo con una realización particular, puede estar previsto un circuito analógico que consta de un componente de impedancia variable, implementándose la desviación del excedente de corriente de carga mediante una modificación de impedancia de dicho componente.

Para desviar el excedente de corriente de carga cuando el potencial del electrodo negativo alcanza el valor del potencial umbral, la utilización de un componente analógico cuya impedancia puede ser modificable en función de la tensión que le está siendo aplicada, puede permitir desviar la corriente de carga excedentaria rápidamente. Dicho mecanismo de desviación, que puede, por ejemplo, basarse en la utilización de un transistor de potencia tal como un transistor Darlington, puede convenir por completo a celdas de metal-aire.

Concretamente, la impedancia del componente puede variar al menos en función de una magnitud representativa de una diferencia entre el potencial del electrodo negativo y dicho valor umbral, para suministrar a la salida del componente dicho excedente de corriente de carga.

La utilización de una diferencia entre el potencial del electrodo negativo y del valor umbral como medio de regulación de la activación del componente analógico de desviación del excedente de corriente de carga constituye un medio adaptado para proteger la celda de una posible degradación. La corriente aplicada a la celda transita entonces íntegramente en la celda al comienzo de la carga cuando el potencial del electrodo negativo es inferior al valor umbral, y una vez que el valor umbral es alcanzado, el excedente de corriente, igual a la diferencia entre la corriente aplicada a la celda y la corriente que atraviesa la celda, es desviado hacia otra celda.

De acuerdo con una realización, la medida del potencial del electrodo negativo puede comprender un filtrado de estabilización de la tensión entre el electrodo negativo y el primer electrodo de aire.

La dinámica de carga de una celda de metal-aire puede conducir a movimientos de los portadores de carga en el electrolito que generan ruido, que hacen a la medida del potencial del electrodo negativo de una celda sensible a este ruido. Las variaciones de la corriente y de la tensión pueden tener como origen el ruido, y pueden perturbar la regulación de la carga de una celda de metal-aire. El filtrado de la tensión medida entre el cátodo y el electrodo de aire, por ejemplo haciendo intervenir un amplificador operativo utilizado en montaje diferencial, permite cortar las variaciones de tensión de alta frecuencia. De este modo, el potencial medido del electrodo negativo puede no estar sujeto a fluctuaciones rápidas susceptibles de introducir un sesgo de regulación durante el control de carga de la batería.

La invención también se refiere a un gestor de carga para una celda de batería de metal-aire que comprende al menos una celda, comprendiendo la celda al menos un electrodo negativo, un primer electrodo positivo de aire y un segundo electrodo positivo de liberación de oxígeno, constando el gestor de carga, para cada celda, de un circuito electrónico dispuesto para, durante la aplicación de una corriente a la celda, que da como resultado, durante la carga, la circulación de una corriente de carga entre el electrodo negativo y el segundo electrodo positivo de liberación de oxígeno:

- comparar el valor absoluto de un potencial del electrodo negativo con un valor umbral crítico, estando el potencial del electrodo negativo determinado con respecto al primer electrodo positivo de aire;
- cuando el valor absoluto del potencial del electrodo negativo alcanza el valor umbral, desviar un excedente de corriente de carga, función de la discrepancia entre la corriente aplicada a la celda y la corriente de carga.

Los elementos constitutivos de dicho gestor de carga permiten implementar eficazmente el procedimiento descrito anteriormente. En particular, utilizando no una tensión entre los dos electrodos de carga, sino el potencial del electrodo negativo, para comparar este potencial con un valor umbral crítico, la invención protege eficazmente una celda de las degradaciones que pueden ser provocadas por potenciales elevados en el electrodo negativo. La invención resuelve de este modo el problema que surgía en las celdas de metal-aire de fluctuaciones importantes de la tensión entre electrodos de carga como se ha explicado anteriormente.

El circuito electrónico controla la carga de la celda desviando el excedente de corriente de carga correspondiente a la corriente que tendría por efecto aumentar el potencial del electrodo por encima del valor umbral. La desviación de la corriente de carga excedentaria tiene lugar de manera efectiva cuando el potencial del electrodo negativo alcanza el valor umbral.

5 El gestor de carga de la invención permite, de este modo, controlar el estado de carga de cada celda preservándolas y garantizando una vida útil elevada, independientemente del estado de carga y/o del potencial de las otras celdas de la batería.

10 Concretamente, el circuito analógico puede desviar el excedente de corriente de carga hacia una celda vecina o un cargador, mediante una conexión a dicha celda vecina o al cargador, respectivamente.

De acuerdo con una realización, el circuito analógico de desviación del excedente de corriente de carga puede comprender un componente de impedancia variable, implementándose la desviación del excedente de corriente de carga mediante una modificación de impedancia de dicho componente.

15 Concretamente, el componente de impedancia variable es un transistor de potencia.

La utilización de un transistor de potencia ofrece una gran reactividad en la desviación de un excedente de corriente. Por otra parte, dicho componente analógico puede estar controlado con energías pequeñas para desviar fuertes intensidades del orden de 3 amperios en varios cientos de microsegundos.

Concretamente, el transistor de potencia puede ser un transistor Darlington.

25 El transistor Darlington puede demostrar ser un componente adaptado a la desviación de fuertes corrientes de varios amperios a partir de un mando que necesita corrientes pequeñas de varios mA. También puede responder a las exigencias de reactividad en la desviación de la corriente de celdas de metal-aire, cuando el potencial del electrodo negativo se acerca al valor potencial umbral y, más particularmente, cuando este potencial alcanza el valor umbral.

30 De acuerdo con una realización, el gestor de carga puede comprender además un circuito electrónico de medida de la diferencia de potencial entre el electrodo negativo y el primer electrodo positivo de aire.

De acuerdo con una realización, el circuito electrónico de medida puede comprender un filtro estabilizador de tensión.

35 La dinámica de carga de una celda de metal-aire puede conducir a movimientos de los portadores de carga en el electrolito que están relacionados con el ruido y hacen a la medida del potencial del electrodo negativo de una celda sensible a este ruido. Puede tratarse concretamente de fluctuaciones rápidas, superiores normalmente a 75 HZ, de la tensión en los terminales de los electrodos de carga. A modo de reductor de ruido, la invención puede utilizar, de este modo, por ejemplo una medida a base de amplificador diferencial que emplea un amplificador operativo que se comporta como un filtro de paso bajo. De esta manera, la medida del potencial del electrodo negativo no está contaminada por sesgos ligados a un ruido de alta frecuencia, es decir en este contexto frecuencias superiores normalmente a 75 Hz.

45 La invención también se refiere a una batería que comprende al menos una celda, comprendiendo cada celda al menos un electrodo negativo, un primer electrodo positivo de aire, un segundo electrodo positivo de liberación de oxígeno y un gestor de carga tal como se ha descrito anteriormente.

Descripción de las figuras

50 El procedimiento objeto de la invención se entenderá mejor con la lectura de la descripción a continuación de ejemplos de realizaciones presentados a título ilustrativo, en absoluto limitantes, y con la observación de los dibujos a continuación en los que:

- 55 - la figura 1 es una representación esquemática de una celda de metal-aire con tres electrodos; y
- la figura 2 es una representación esquemática de una batería constituida por tres celdas de metal-aire conectadas en serie y que comprende un órgano de desviación de excedente de corriente de carga; y
- la figura 3 es una representación esquemática de un gestor de carga para celda de metal-aire con tres electrodos; y
- 60 - la figura 4 es un esquema electrónico de un circuito de medida del potencial del electrodo negativo de una celda de metal-aire; y
- las figuras 5a y 5b son esquemas electrónicos de un circuito que permite estimar una discrepancia correspondiente a la diferencia entre un potencial umbral de consigna y el potencial medido del electrodo negativo; y
- 65 - la figura 6 es un esquema electrónico de un circuito que permite ajustar la discrepancia medida según los esquemas de las figuras 5a y 5b; y

- la figura 7 es un esquema electrónico de un circuito que permite obtener una tensión de control de un componente con impedancia variable que desvía el excedente de corriente de carga; y
- la figura 8 es un esquema electrónico de un circuito que permite de gobernar la activación de un transistor Darlington que desvía el excedente de corriente de carga hacia una celda vecina.

5 Por razones de claridad, las dimensiones de los diferentes elementos representados en estas figuras no están necesariamente en proporción con sus dimensiones reales. En las figuras, referencias idénticas corresponden a elementos idénticos.

10 Descripción detallada de la invención

La invención se refiere a la carga de una batería compuesta por celdas de metal-aire conectadas en serie, en paralelo o que combinan conexiones en serie y en paralelo.

15 Las celdas de metal-aire más exitosas y eficaces en términos de vida útil son las celdas con tres electrodos tales como la representada en la figura 1. La figura 1 ilustra esquemáticamente una batería constituida por una sola celda de metal-aire 10. Dicha celda 10 comprende un electrolito 4 normalmente formado a partir de una solución alcalina. El electrodo negativo 1, normalmente de metal tal como zinc, hierro o litio, está conectado a un terminal negativo de un cargador 5. Un primer electrodo positivo 2 de aire se utiliza en el circuito de potencia en curso de descarga. En
20 curso de carga, este primer electrodo positivo 2 de aire solamente se utiliza con fines de medida del potencial del electrodo negativo 1. El modo de funcionamiento en carga o descarga puede seleccionarse con ayuda de un medio de conmutación 6 tal como un relé. Un segundo electrodo positivo 3 de liberación de oxígeno se utiliza únicamente durante la carga de la batería. El conjunto de la celda está controlado en carga con ayuda de un gestor de carga 7 llamado «Battery Management System» o BMS de acuerdo con la terminología anglosajona.

25 Debido a fuertes fluctuaciones de tensión que se producen entre los terminales de carga 1 y 3, los gestores de carga utilizados en las baterías convencionales con dos electrodos no están adaptados a las baterías que comprenden celdas de tipo metal-aire. Por otro lado, es ventajoso mantener el potencial del electrodo negativo por debajo de un valor umbral para evitar la formación de dendritas o de espumas durante el depósito de los iones metálicos sobre el
30 electrodo en fase de recarga.

Cuando una batería que comprende varias celdas se recarga, una corriente continua suministrada por el cargador 5 atraviesa la totalidad de las celdas de la batería sin tener en cuenta el potencial de cada celda. Pudiendo las
35 cinéticas de carga variar de una celda a otra, fuertes disparidades en el potencial de los electrodos negativos de cada celda pueden, por lo tanto, producirse durante la carga de una batería y el valor umbral crítico del potencial puede superarse en ciertas celdas, contribuyendo a degradar la batería.

La figura 2 ilustra esquemáticamente una batería que comprende tres celdas de metal-aire conectadas en serie, y equipadas, cada una, con un gestor de carga 7 de acuerdo con la invención. La corriente de carga suministrada por
40 un cargador circula entre el terminal negativo conectado al electrodo negativo 1 de una celda 11 situada en el extremo de la batería y el terminal positivo del segundo electrodo 3 de liberación de oxígeno de una celda 12 situada en el otro extremo de la batería. La invención asocia a cada celda de la batería un gestor de carga 7 capaz de recibir una medida del valor del potencial del electrodo negativo 1 de la celda, comparar este valor con un valor umbral que corresponde a un valor consigna a no superar, y accionar un órgano de desviación del excedente de corriente de
45 carga cuando el valor umbral es alcanzado.

El excedente de corriente de carga puede estar definido como siendo una corriente igual a la diferencia entre la corriente aplicada a la celda, también llamada corriente de entrada de la celda, y la corriente que atraviesa efectivamente la celda mediante el electrolito, pasando del electrodo negativo al segundo electrodo positivo de
50 liberación de oxígeno.

La figura 3 ilustra esquemáticamente los componentes principales que pueden estar comprendidos en un gestor de carga 7 de acuerdo con la invención. Por razones de claridad, esta figura ilustra una sola celda alimentada por un
55 cargador 5.

El gestor de carga 7 comprende un circuito electrónico 40 que permite medir el potencial del electrodo negativo 1 a través de una medida de la diferencia de potencial entre el primer electrodo positivo 2 de aire y el electrodo negativo 1. El valor medido por el circuito 40 puede ser transmitido a un circuito electrónico de regulación 80. Este circuito 80 también puede recibir un valor umbral consigna 50 que puede ser un valor fijo o bien un valor reevaluado al cabo de
60 un número determinado de ciclos de carga y descarga. El circuito 80 puede comprender un primer bloque electrónico que actúa como un corrector de regulación 60 que compara los valores del potencial medido con el valor umbral consigna 50 con vistas a controlar un segundo bloque electrónico que forma un órgano de desviación 70 de corriente de carga.

65 El gestor de carga 7 de la invención se distingue además de los dispositivos de control de carga de la técnica anterior en que propone un control analógico de la desviación del excedente de corriente de carga y no un control

lógico. De este modo, la cantidad de corriente de carga desviada puede ser tal que una parte de la corriente puede incluso atravesar la celda cuando el potencial del electrodo negativo alcanza el valor consigna 50. La desviación puede, no obstante, ser realmente efectiva solamente cuando el valor umbral es alcanzado.

5 Conviene destacar que la carga de una celda es un proceso no lineal. De este modo, al comienzo de un ciclo de carga, la corriente que atraviesa la celda puede ser elevada y el potencial del electrodo negativo 1 inferior al valor umbral 50. A medida que los iones metálicos se reducen en el electrodo negativo 1, el potencial del electrodo negativo 1 aumenta. Sin embargo, el cargador alimenta con una corriente constante las celdas. De este modo, la invención permite mantener una corriente constante en la celda en una primera fase de carga de la batería al tiempo
10 que mantiene el potencial del electrodo negativo inferior al umbral 50. Cuando el potencial del electrodo negativo 1 alcanza el valor umbral, la corriente excedentaria es desviada hacia otra celda. La porción de corriente restante permite terminar la carga de la batería sin dañar la celda. Es habitual poner fin a la carga de una batería cuando cierta cantidad de corriente ha sido suministrada a la batería. Al permitir la invención redistribuir en el seno mismo de la batería la corriente de carga excedentaria hacia las celdas que pueden incluso utilizar toda o parte de la corriente
15 del cargador 5, es posible fijar el fin de carga en función de la corriente total suministrada por el cargador, a partir de un valor predeterminado como correspondiente a una cantidad de corriente que permite cargar completamente todas las celdas de la batería.

20 Las figuras 4 a 8 ilustran, en circuitos electrónicos, un ejemplo de realización particular para los componentes 40, 80, 60 y 70 descritos anteriormente. Variantes de realización se basan en otros medios técnicos que permiten cumplir las funciones de medida, comparación de un potencial con un valor consigna y de control de un órgano de desviación pueden utilizarse para realizar el procedimiento de control de carga descrito anteriormente.

25 La figura 4 representa un ejemplo de circuito electrónico de medida del potencial 40 del electrodo negativo 1. Este circuito 40 se compone de un amplificador diferencial 2001 que puede seleccionarse para ser operativo en gamas de tensión comprendidas generalmente entre 0 V y 6 V. El valor de esta gama de tensión depende generalmente del número de celdas que componen la batería. El terminal negativo del amplificador 2001 puede estar conectado al electrodo negativo 1 mediante una resistencia 4001. El potencial 101 de este electrodo se indica como V-. El terminal positivo puede estar conectado al segundo electrodo positivo 2 de liberación de oxígeno mediante una
30 resistencia 4002. Una resistencia 4003 conectada a masa puede estar interpuesta entre la resistencia 4002 y el amplificador 2001. El potencial 102 de este electrodo se indica como V+. El amplificador puede comprender una resistencia de contrarreacción 4004. A la salida del circuito 40, se puede obtener una tensión 301 indicada como Vdif, que corresponde al potencial del electrodo negativo 1.

35 La utilización de un amplificador operativo para medir una tensión puede demostrarse particularmente ventajosa en el marco de una celda de metal-aire, dadas las pequeñas tensiones y corrientes puestas en juego. En efecto, la utilización de un amplificador operativo puede permitir efectuar una medida que perturba muy poco el estado eléctrico de los electrodos de medida 1 y 2. Por otro lado, el amplificador operativo puede actuar como un filtro de paso bajo, lo que permite librarse de oscilaciones de tensión susceptibles de introducir un sesgo en la regulación. A
40 modo de alternativa, puede estar prevista la utilización de un filtro de paso bajo aguas arriba o aguas abajo del montaje de medida del potencial.

45 De acuerdo con una realización particular, las resistencias 4001-4004 pueden seleccionarse iguales a 2,2 kOhmios y el amplificador operativo puede seleccionarse como siendo un amplificador LT1001A®. Este tipo de montaje presenta la particularidad de permitir corrientes en la línea vinculada a V- de 1,4 mA, que disipan potencias de 4,2 mW y corrientes en la línea vinculada a V+ de 0,7 mA que disipan potencias de 1,1 mW. Estos valores pueden estar sujetos a pequeñas variaciones debido a interconexiones de los diferentes circuitos de las figuras 4 a 8.

50 La tensión 301 puede encaminarse a continuación hacia el corrector de regulación 60 para ser comparada con un valor consigna como se ha indicado en la figura 5b.

Las figuras 5a, 5b y 6 presentan un circuito electrónico a modo de ejemplo de realización del corrector de regulación 60 de la figura 3.

55 La figura 5a propone un montaje amplificador inversor para cambiar el signo de la tensión 50 que corresponde al valor umbral Vref. Este montaje comprende un amplificador operativo 2002 cuyo terminal positivo puede estar conectado a masa mediante una resistencia 5002. El terminal negativo puede estar conectado a la tensión de consigna 50 mediante una resistencia 5001. Una resistencia de contrarreacción 5003 también puede estar prevista.

60 Las resistencias 5001-5003 pueden tener, por ejemplo, como valor 2,2 kOhmios. El amplificador 2002 puede tener las mismas características que el amplificador 2001. De este modo, el montaje de la figura 5a puede estar adaptado para invertir una tensión de entrada 50 comprendida entre 1,3 V y 1,7 V. El valor absoluto de la tensión de salida 51 del amplificador inversor también puede estar comprendido entre 1,3 V y 1,7 V. La corriente máxima en la línea que comprende la entrada Vref puede ser de 0,8 mA. La potencia disipada en cada resistencia puede ser de 1,4 mW.
65

La salida 51 del montaje de la figura 5a se utiliza como entrada en el montaje sumador-inversor de la figura 5b.

- El montaje sumador-inversor de la figura 5b puede estar previsto para calcular una diferencia entre el valor consigna 50 y la tensión 301 representativa del potencial del electrodo negativo 1. El terminal negativo del amplificador sumador-inversor 2003 puede estar conectado mediante una resistencia 5004 a una línea llevada a la tensión 51. También puede estar conectado mediante la resistencia 5005 a una línea llevada a la tensión 301. El terminal positivo del amplificador 2003 puede estar conectado a masa mediante una resistencia 5006 y el amplificador 2003 puede poseer una resistencia de contrarreacción 5007. El amplificador 2003 puede suministrar a la salida una tensión 53 indicada como $V_{ref}-V_{dif}$ que corresponde a la discrepancia entre el valor consigna 50 y el potencial del electrodo negativo 1 dado por la tensión 301.
- De acuerdo con una realización específica, las resistencias 5004-5007 pueden tener un valor de 2,2 k Ω y el amplificador 2003 puede ser idéntico a los amplificadores 2001 y 2002. La tensión de salida 53 puede variar entre -1,7 V y 1,3 V. La corriente máxima en la línea llevada a la tensión 301 puede ser de 1,4 mA, la corriente máxima en la línea llevada a la tensión 51 puede ser de 0,8 mA y la corriente máxima a la salida puede ser de 0,8 mA. Estando la salida 53 conectada al montaje amplificador inversor de la figura 6 que posee normalmente una resistencia en la línea de entrada elevada, es posible estimar con más precisión las corrientes máximas y las potencias disipadas por el montaje de la figura 5b. La corriente máxima en la línea llevada a la tensión 301 puede ser de 2,1 mA, la corriente máxima en la línea llevada a la tensión 51 puede ser de 1,6 mA. La potencia disipada en este montaje puede ser de 26 mW.
- El montaje de la figura 6 corresponde a un montaje amplificador inversor que permite amplificar la diferencia de tensiones 53 para construir una tensión de mando del órgano de desviación del excedente de corriente de carga. El montaje de la figura 6 permite introducir una ganancia en la discrepancia 53. Esta ganancia permite ajustar el valor de la discrepancia entre el potencial en el electrodo negativo y el valor consigna 50 más allá del cual un componente con impedancia variable 81, representado en la figura 8, comienza a desviar una parte de la corriente aplicada a la celda. De este modo, es posible seleccionar una ganancia tal que el componente 81 con impedancia variable, descrito a continuación, puede ser capaz de desviar una pequeña porción de la corriente aplicada a la celda incluso cuando el potencial del electrodo negativo no alcanza el valor consigna 50.
- El terminal negativo del amplificador 2004 puede estar conectado mediante una resistencia 6001 a una línea llevada a la tensión 53. El terminal positivo puede estar conectado a masa mediante una resistencia 6002. Un potenciómetro 6003 de resistencia normalmente regulable entre 10 k Ω y 300 k Ω puede hacer las veces de resistencia de contrarreacción. La ganancia del amplificador inversor puede, por lo tanto, ser ajustable. Las corrientes a la entrada en los terminales positivo y negativo del amplificador 2004 normalmente pueden ser despreciables debido al valor elevado de la resistencia de contrarreacción. El montaje de la figura 6 puede suministrar a la salida una tensión de mando 54 que corresponde a la tensión 53 multiplicada por una ganancia alfa. Esta ganancia se expresa en función de las resistencias R6003 y R6001 como siendo igual a $-R6003/R6001$. El amplificador 2004 puede ser idéntico a los amplificadores 2001-2003, la resistencia 6001 puede tener un valor de 1 k Ω y la resistencia 6002 puede tener un valor de 2,2 k Ω .
- La utilización de un potenciómetro a modo de componente de contrarreacción permite adaptar la ganancia a las especificidades de cada celda como se ha indicado anteriormente. La resistencia del potenciómetro puede regularse mediante calibrado una vez antes de la utilización o bien calibrarse de nuevo al cabo de un número determinado de ciclos de carga y descarga.
- Para estabilizar la tensión de entrada 53, es posible añadir un filtro de paso bajo aguas arriba de la resistencia 6001, por ejemplo un filtro de paso bajo que tiene una frecuencia de corte a 75 Hz. Dicho filtro permite limitar oscilaciones de tensión que, de lo contrario, tendrían como consecuencia alternar indebidamente la activación y la detención de la desviación de una corriente excedentaria a nivel del componente con impedancia variable representado en la figura 8.
- El órgano de desviación de corriente 70 puede comprender un circuito para generar una tensión de mando de un componente con impedancia variable tal como un transistor de potencia descrito a continuación. La figura 7 presenta un montaje en el que la tensión de mando 54 se añade al potencial del electrodo negativo 101 con vistas a generar dicha tensión de mando. Este montaje se compone de un amplificador sumador-inversor 2005 seguido en serie por un amplificador inversor 2006. El terminal negativo del amplificador 2005 puede estar conectado, por un lado, a una línea llevada a la tensión 54 mediante una resistencia 7002 y, por otro lado, a una línea llevada a la tensión 101 mediante una resistencia 7001. El terminal positivo puede estar conectado a masa mediante una resistencia 7003. Una resistencia de contrarreacción 7004 puede estar prevista.
- La salida del amplificador 2005 puede estar conectada mediante una resistencia 7005 al terminal negativo del amplificador 2006. El terminal positivo del amplificador 2006 puede estar conectado a masa mediante una resistencia 7006. Una resistencia de contrarreacción 7007 puede estar prevista. A la salida del amplificador 2006, el montaje puede suministrar una tensión 55 correspondiente a la suma de la tensión 101 y de la tensión 54.
- De acuerdo con una realización particular, las resistencias 7001-7007 pueden tener un valor de 2,2 k Ω . Los amplificadores 2005 y 2006 pueden ser idénticos a los amplificadores 2001-2004.

La tensión 54 puede variar entre -15 V y +15 V cuando los amplificadores pueden funcionar de raíl a raíl, la tensión 101 normalmente puede variar entre 0 y 3 V. De este modo, el valor máximo de la tensión 55 puede ser, por lo tanto, de 15 V y la tensión mínima de -15 V cuando los amplificadores pueden funcionar de raíl a raíl, funcionando el amplificador 2005 en gamas extremas en el límite del régimen de saturación.

5 Como se presentará en relación con la figura 8, un diodo puede estar previsto a la salida de la línea llevada a la tensión 55 y cadena arriba del montaje seguidor de la figura 8. El diodo que bloquea el paso de las corrientes para tensiones aplicadas negativas, es posible estimar la corriente a la salida del amplificador inversor 2006. La corriente máxima a la salida de 2006 puede ser de 7 mA. Con una tensión en el terminal inversor vecina a 1 V, la potencia
10 disipada en el amplificador 2006 puede ser de 7 mW. Para una corriente en la línea que comprende la resistencia 7002 de 7 mA y una corriente en la línea que comprende la resistencia 7001 de 0,9 mA, sabiendo que la contrarreacción del amplificador 2006 puede añadir una corriente de 7 mA, la corriente máxima a la salida de 2005 puede ser de 15 mA.

15 La potencia disipada en un amplificador 2005 raíl a raíl puede ser de 15 mW.

A partir de estas informaciones, se puede estimar la potencia disipada en el amplificador 2004 a 7 mW en funcionamiento saturado. La potencia máxima disipada en el amplificador 2004 puede ser de 30 mW, la potencia máxima disipada en el amplificador 2005 puede ser de 60 mW y la potencia máxima disipada en el amplificador 2006
20 puede ser de 30 mW.

La figura 8 ilustra un montaje seguidor que permite crear una tensión de control de un componente con impedancia variable descrito a continuación. Este montaje comprende un diodo 801 que permite rectificar la señal de mando 55 y proteger el componente con impedancia variable. Puede utilizarse, por ejemplo, un diodo del tipo 1N914.

25 El amplificador 2007 puede diferir ventajosamente de los amplificadores 2001-2006 en que solamente está alimentado por una tensión + 15 V, estando el otro terminal de alimentación a masa, para no alimentar de forma inversa el componente con impedancia variable 81. Puede utilizarse, por ejemplo, un amplificador del tipo LT1006. El terminal positivo del amplificador 2007 puede comprender una conexión a masa mediante una resistencia 8001. La
30 corriente máxima en el diodo 801 puede ser de 0,2 mA, para una potencia disipada de 0,12 mW. La potencia disipada en la resistencia 8001 puede ser de 4 mW, cuando el valor de esta resistencia es de 100 kOhmios. El amplificador 2007 puede suministrar a la salida una tensión 56 rectificada. Este amplificador 2007 permite, de este modo, normalmente hacer pasar una corriente pequeña en el diodo 801. En ausencia de este amplificador 2007, el dimensionamiento del diodo 801 puede desempeñar un papel en el suministro de una corriente suficiente para
35 gobernar el transistor Darlington.

Las características de la corriente máxima a la salida del amplificador 2007 están en función de las necesidades de mando del componente con impedancia variable 81 que desvía el excedente de corriente de carga. El componente con impedancia variable 81 de la figura 8, que puede ser, por ejemplo, un transistor de potencia tal como un
40 transistor Darlington, puede estar previsto ventajosamente para garantizar la desviación de una corriente al menos igual a 3 A. Considerando una ganancia mínima de 100 para el transistor Darlington 81 de la figura 8, la corriente de mando a la salida del amplificador inversor 2007 puede estar prevista igual a 30 mA. Siendo la tensión en el estado alto considerada a 13 V, la resistencia de mando del transistor Darlington puede ser de 400 Ohmios aproximadamente. La potencia máxima disipada en el amplificador 2007 puede ser entonces de 150 mW.

45 El transistor Darlington 81 de la figura 8 puede estar conectado a la línea llevada a la tensión de mando 56 mediante una resistencia 8002. Esta tensión de mando puede alimentar la base del primer transistor del dispositivo con impedancia variable Darlington. El emisor del segundo transistor del dispositivo con impedancia variable Darlington puede estar conectado al electrodo negativo 1, llevado al potencial 101, de la celda actual considerada. El colector común al primer y segundo transistor del dispositivo con impedancia variable Darlington 81 puede estar conectado al electrodo negativo de la celda siguiente de la batería.

La resistencia 8002 puede seleccionarse, por ejemplo, igual a 1 kOhmios. La elección del valor de esta resistencia permite regular la tensión de mando del transistor Darlington. La respuesta del transistor Darlington puede ajustarse,
50 de este modo, mediante la elección de la ganancia en el amplificador-inversor de la figura 6, con ayuda del potenciómetro 6003, y también mediante la elección de la resistencia 8002.

La base del transistor Darlington permite hacer pasar un excedente de corriente de carga del electrodo negativo de la celda actual al electrodo negativo de la celda siguiente en la batería cuando la tensión aplicada a la base es suficiente para hacer conductor al transistor Darlington. En la práctica, la construcción del circuito de regulación descrito anteriormente es tal que el transistor Darlington se vuelve conductor cuando el potencial del electrodo negativo alcanza el potencial umbral 50, o como mínimo se le acerca, sin permitir, sin embargo, una superación del valor umbral 50. En este caso, la corriente aplicada a la celda considerada puede tomar dos trayectorias distintas:
60 una porción de la corriente puede circular a través del electrolito entre los dos electrodos de carga, y la parte restante puede transitar por el transistor Darlington 81.

La corriente desviada de la celda por el transistor Darlington 81 puede ser tal que solamente la porción de la corriente aplicada a la celda que permite mantener el potencial del electrodo negativo 1 en un valor inferior o igual al umbral está autorizada para transitar a través del electrolito entre los dos electrodos de carga. De este modo, el transistor Darlington 81 actúa como un componente analógico con impedancia variable, estando esta variación controlada por la tensión de mando 56 que alimenta la base del transistor Darlington 81. Al ser la respuesta del componente Darlington 81 generalmente exponencial debido a la ganancia elevada obtenida en el estado conductor, se impide el paso de una corriente susceptible de aumentar el potencial del electrodo negativo 1 más allá del valor umbral 50. La tensión de mando 56 está en función de la discrepancia entre el potencial del electrodo negativo 1 y el valor umbral 50. Esta regulación puede permitir entonces, adaptar, la impedancia del transistor Darlington de manera correlacionada con la discrepancia entre el potencial 101 del electrodo negativo 1.

El sistema de regulación de la carga de una batería descrito anteriormente puede ofrecer una reactividad de varios cientos de microsegundos, concretamente debido a los tiempos de respuesta de los amplificadores operativos utilizados, estimados en 40 microsegundos. El componente con impedancia variable Darlington 81 posee normalmente una dinámica de respuesta rápida, de una decena de nanosegundos. Puede permitir desviar hasta 5 A de corriente con una alimentación en la base del primer transistor de 5 mA solamente.

Además, la invención no está limitada a las realizaciones particulares presentadas anteriormente a modo de ejemplo.

Es previsible, por ejemplo desviar el excedente de corriente de carga a un destino diferente de hacia una celda vecina. La corriente de carga desviada puede servir, por ejemplo, para alimentar un acumulador.

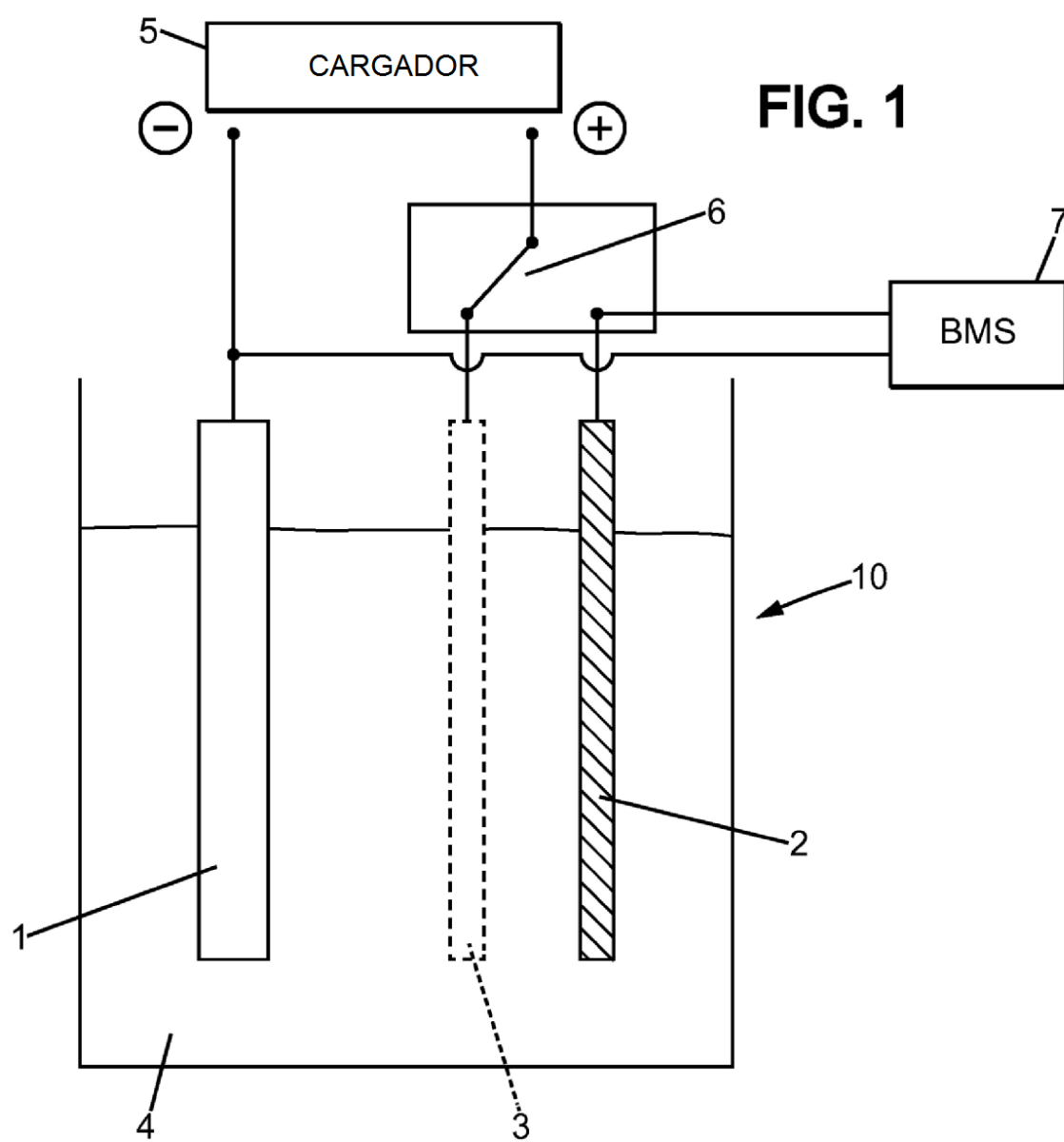
La invención puede implementarse igual de bien en una batería que comprende una sola celda de metal-aire que en una batería que comprende una pluralidad de celdas de metal-aire conectadas eléctricamente entre sí.

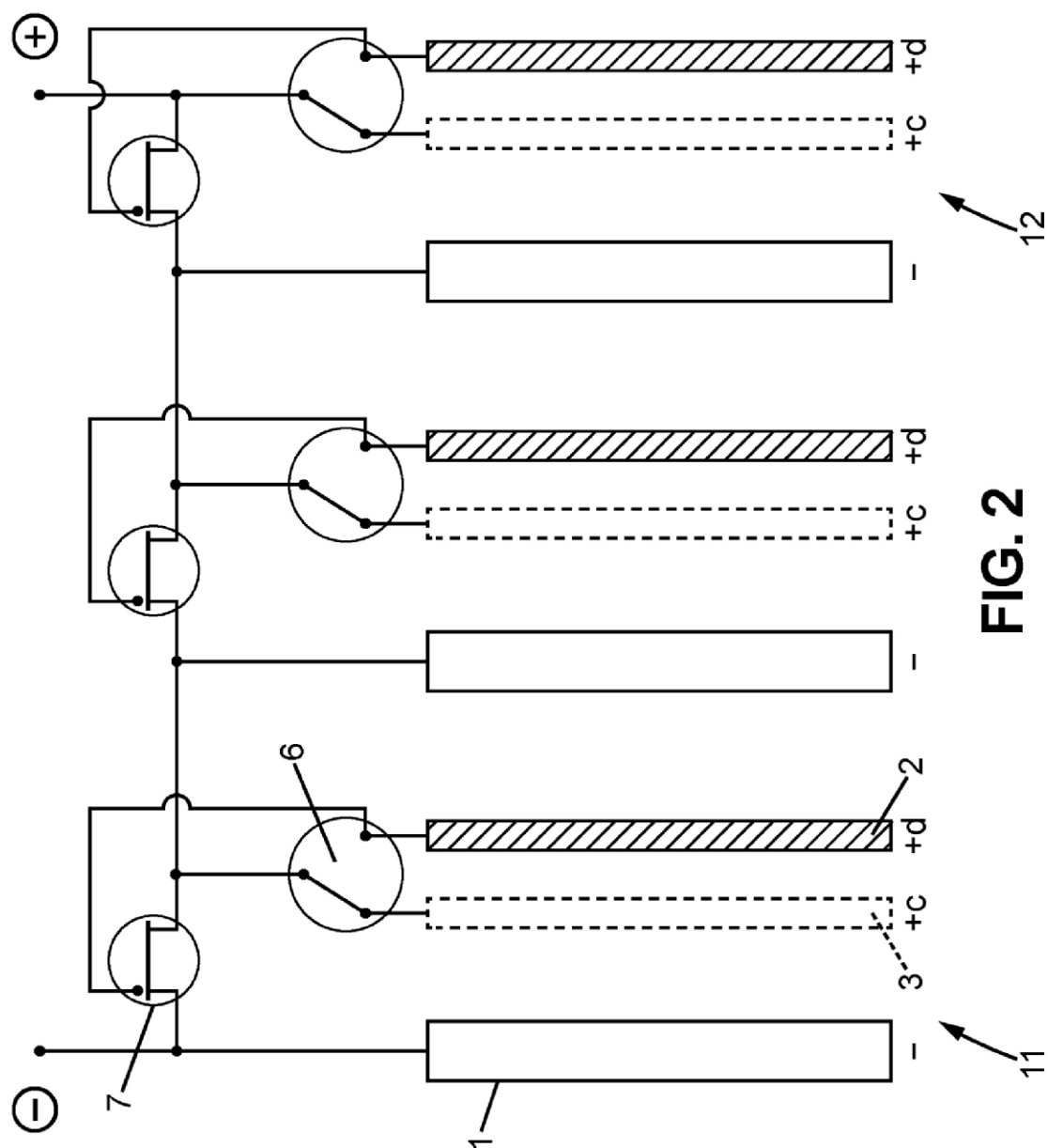
La elección de los componentes: resistencias, amplificadores, se da solamente a modo de ejemplo de realización para ilustrar concretamente que la invención puede funcionar con pequeños aportes de energía para regular con una reactividad elevada corrientes de fuerte intensidad.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de gestión de carga de una batería de metal-aire que comprende al menos una celda (10, 11, 12), comprendiendo la celda al menos un electrodo negativo (1), un primer electrodo positivo (2) de aire y un segundo electrodo positivo (3) de liberación de oxígeno, constando el procedimiento de, para cada celda, durante la aplicación de una corriente a la celda, que da como resultado, durante la carga, la circulación de una corriente de carga entre el electrodo negativo (1) y el segundo electrodo positivo (3) de liberación de oxígeno:
 - comparar el valor absoluto de un potencial (301) del electrodo negativo (1) con un valor umbral crítico (50), estando el potencial del electrodo negativo (1) determinado con respecto al primer electrodo positivo (2) de aire **caracterizado por que:**
 - cuando el valor absoluto del potencial (301) del electrodo negativo (1) alcanza el valor umbral, desviar un excedente de corriente de carga, función de la discrepancia entre la corriente aplicada a la celda y la corriente de carga.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el excedente de corriente de carga de una celda es desviado hacia una celda vecina o hacia un cargador (5).
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, para cada celda, el valor umbral crítico (50) se fija en función del potencial del electrodo negativo al comienzo de la carga.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el valor umbral crítico (50) es reevaluado a intervalos de tiempo regulares.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** está previsto un circuito analógico (80) que consta de un componente de impedancia variable (81), implementándose la desviación del excedente de corriente de carga mediante una modificación de impedancia de dicho componente (81).
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** la impedancia del componente (81) varía al menos en función de una magnitud representativa de una diferencia entre el potencial del electrodo negativo y dicho valor umbral, para suministrar a la salida del componente (81) dicho excedente de corriente de carga.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la medida del potencial del electrodo negativo (1) comprende un filtrado de estabilización de la tensión entre el electrodo negativo (1) y el primer electrodo de aire (2).
8. Gestor de carga (7) para una celda (10, 11, 12) de batería de metal-aire que comprende al menos una celda, comprendiendo la celda al menos un electrodo negativo (1), un primer electrodo positivo (2) de aire y un segundo electrodo positivo (3) de liberación de oxígeno, constando el gestor de carga (7), para cada celda, de un circuito electrónico (80) dispuesto para, durante la aplicación de una corriente a la celda, que da como resultado, durante la carga, la circulación de una corriente de carga entre el electrodo negativo (1) y el segundo electrodo positivo (3) de liberación de oxígeno:
 - comparar el valor absoluto de un potencial (301) del electrodo negativo (1) con un valor umbral crítico (50), estando el potencial del electrodo negativo (1) determinado con respecto al primer electrodo positivo (2) de aire **caracterizado por que:**
 - cuando el valor absoluto del potencial (301) del electrodo negativo (1) alcanza el valor umbral (50), desviar un excedente de corriente de carga, función de la discrepancia entre la corriente aplicada a la celda y la corriente de carga.
9. Gestor de carga (7) de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** el circuito analógico (80) desvía el excedente de corriente de carga hacia una celda vecina o un cargador (5) mediante una conexión a dicha celda vecina o al cargador (5), respectivamente.
10. Gestor de carga de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado por que** el circuito analógico (80) de desviación del excedente de corriente de carga comprende un componente (81) de impedancia variable, implementándose la desviación del excedente de corriente de carga mediante una modificación de impedancia de dicho componente (81).
11. Gestor de carga de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** el componente de impedancia variable (81) es un transistor de potencia (81).
12. Gestor de carga de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** el transistor de potencia es un transistor Darlington (81).

13. Gestor de carga de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 12, **caracterizado por que** comprende además un circuito electrónico de medida (40) de la diferencia de potencial entre el electrodo negativo (1) y el primer electrodo positivo (2) de aire.
- 5 14. Gestor de carga de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que** el circuito electrónico de medida (40) comprende un filtro estabilizador de tensión (2001).
- 10 15. Batería que comprende al menos una celda (10, 11, 12), comprendiendo la celda al menos un electrodo negativo (1), un primer electrodo positivo (2) de aire, un segundo electrodo positivo (3) de liberación de oxígeno y un gestor de carga (7) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 14.





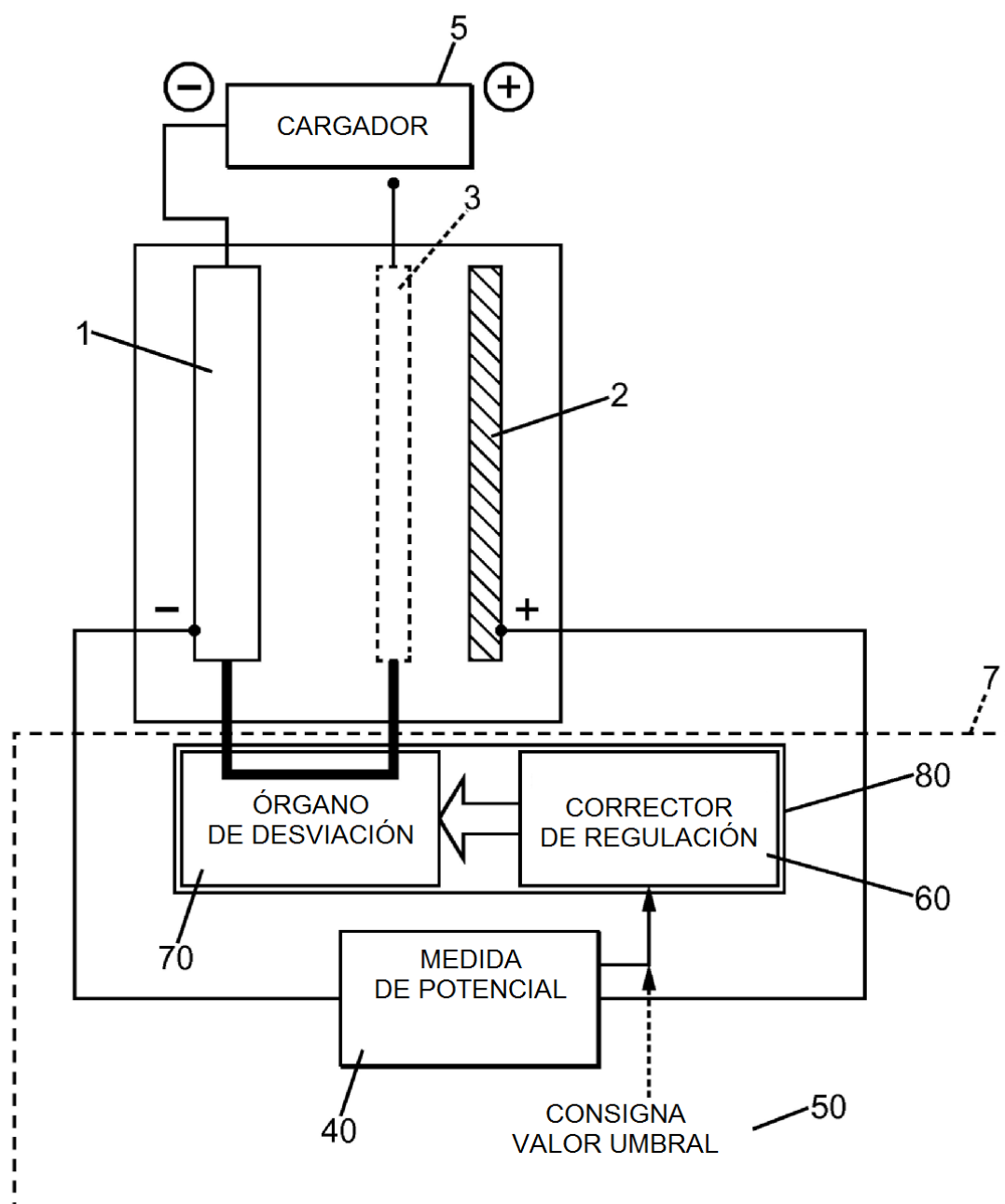
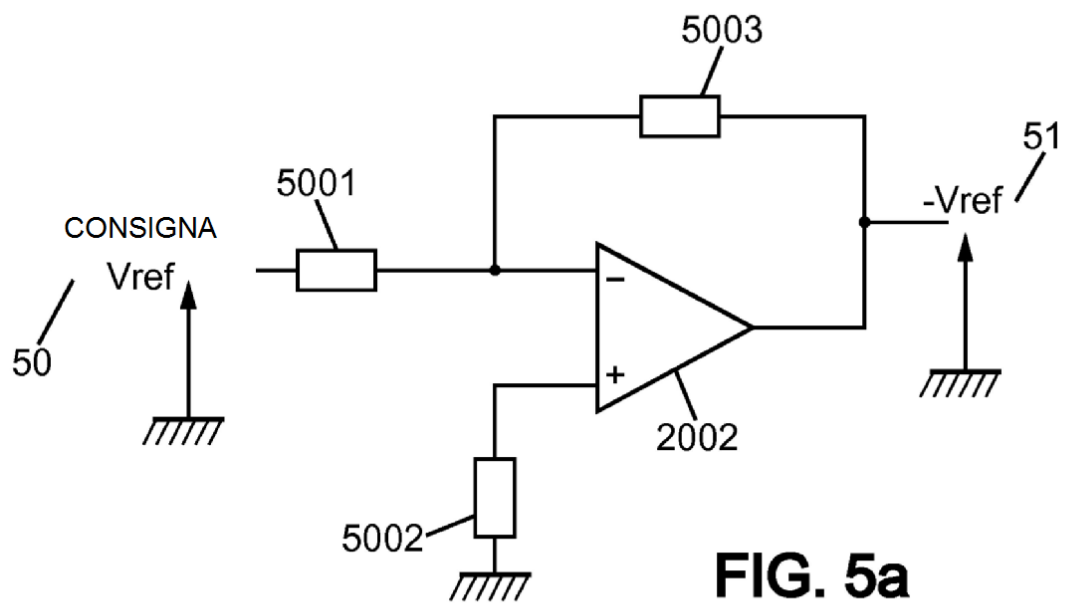
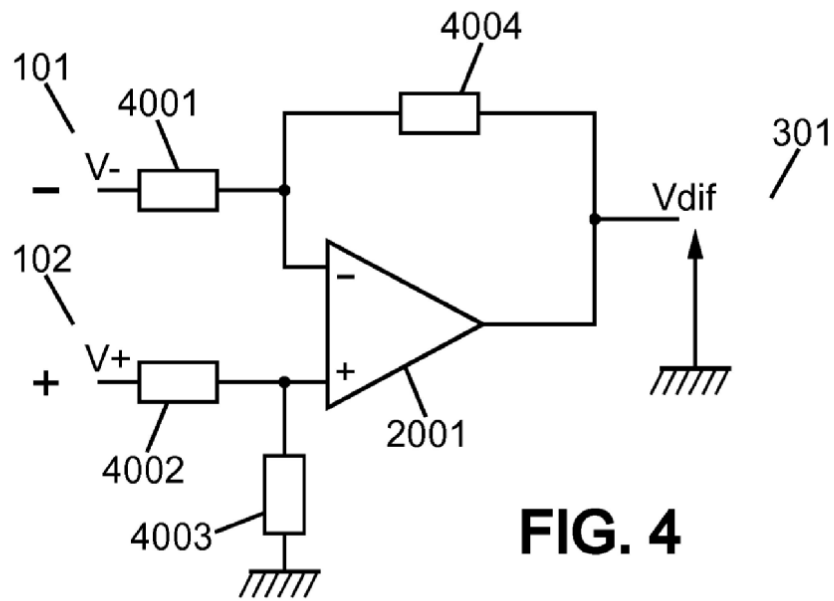


FIG. 3



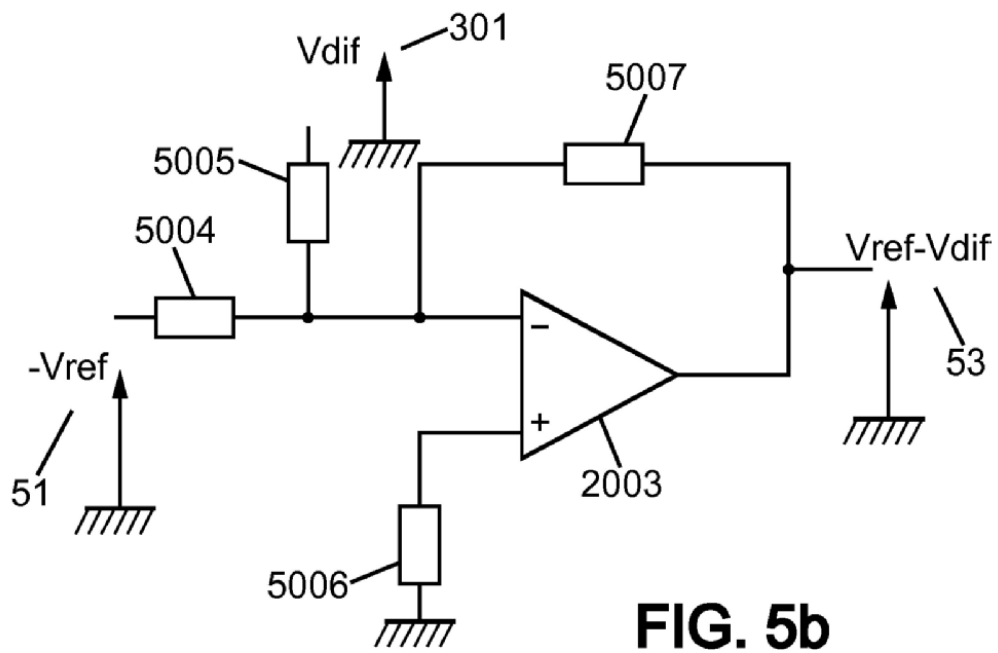


FIG. 5b

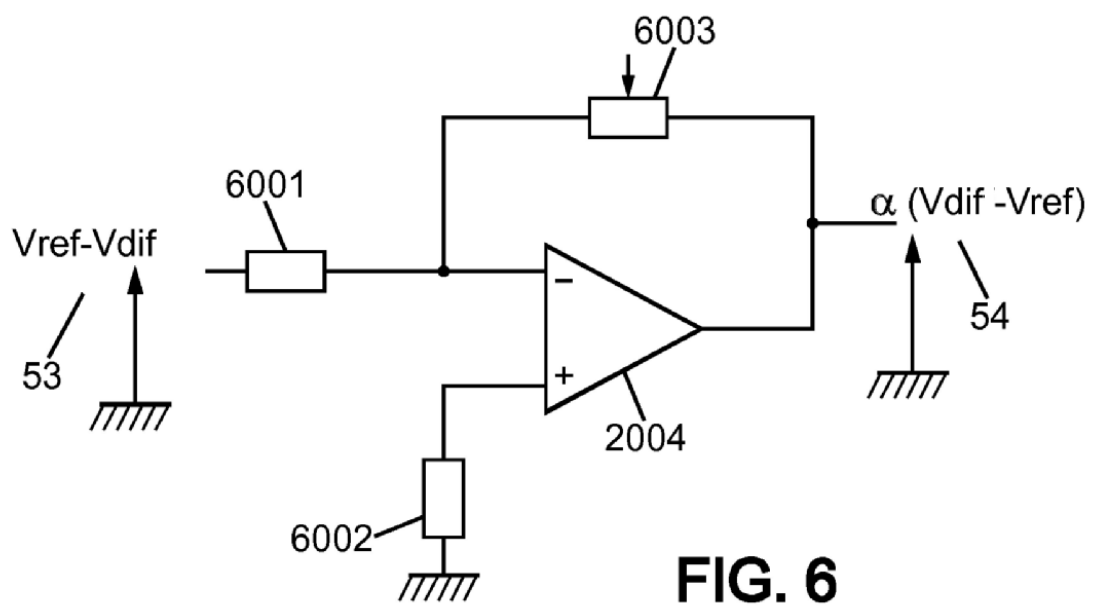
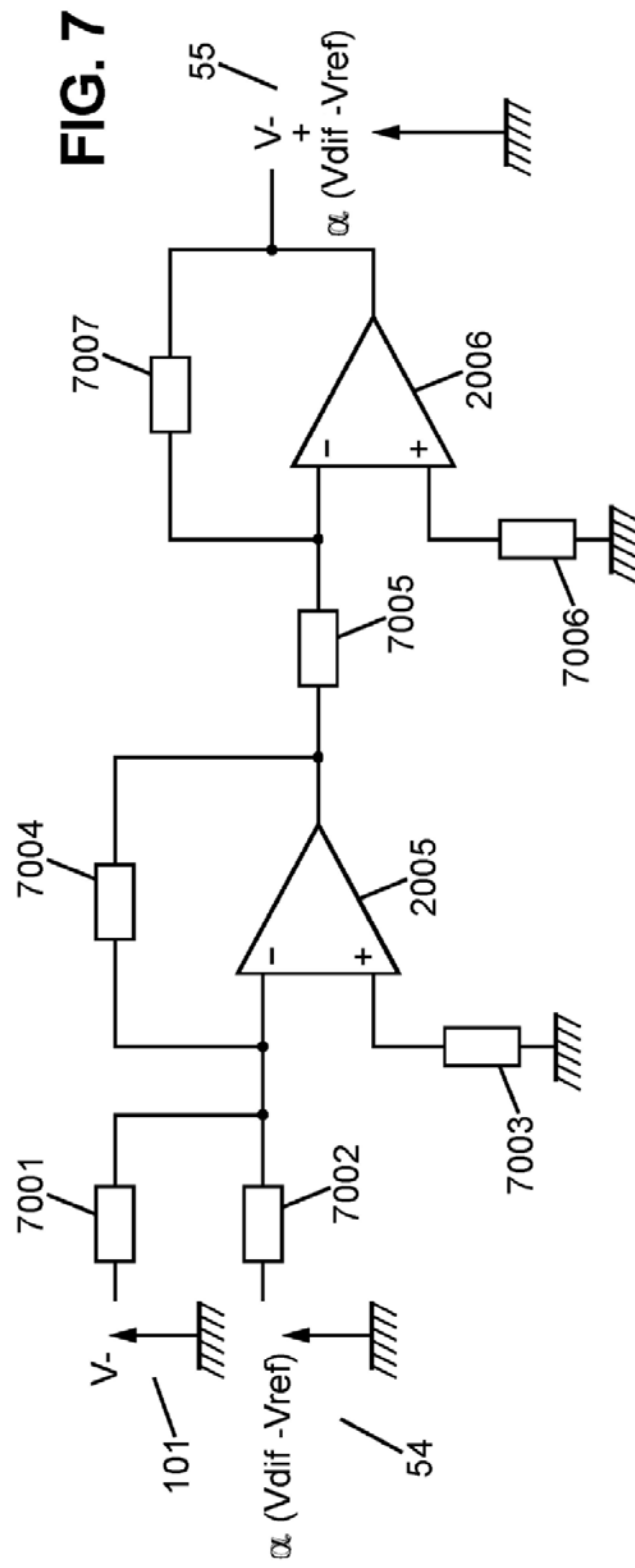


FIG. 6



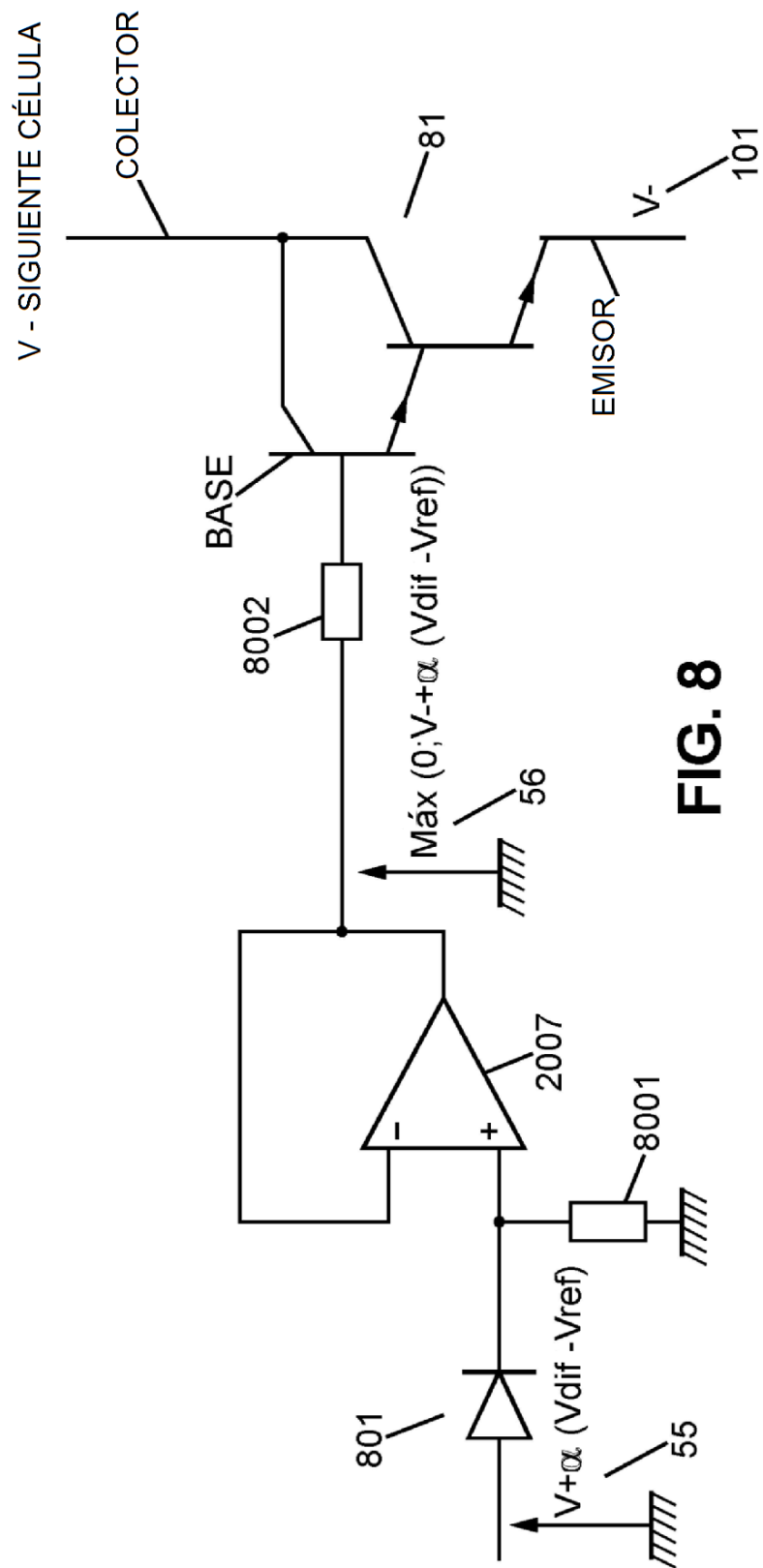


FIG. 8