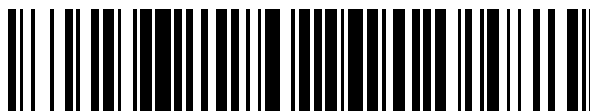


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 231**

51 Int. Cl.:  
**G01R 31/36** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2014 PCT/EP2014/077398**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.06.2015 WO15086754**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2014 E 14809878 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020 EP 3080624**

54 Título: **Procedimiento de estimación del estado de salud de una batería**

30 Prioridad:  
**12.12.2013 FR 1362458**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.11.2020**

73 Titular/es:  
**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
25, Rue Leblanc, Bâtiment, "Le Ponant D"  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:  
**DELAILLE, ARNAUD y  
GROLLEAU, SÉBASTIEN**

74 Agente/Representante:  
**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 796 231 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**

Procedimiento de estimación del estado de salud de una batería

5 La invención se refiere a un procedimiento de estimación del estado de salud de una batería. También se refiere a un sistema de gestión de batería que implementa este procedimiento de estimación del estado de salud de una batería.

10 La gestión de las baterías del estado de la técnica recurre a un indicador representativo del envejecimiento de una batería, a menudo, llamado por su denominación anglosajona de "State Of Health" para estado de salud o más simplemente SOH. Este indicador se expresa habitualmente en porcentaje de la capacidad inicial en el estado nuevo de la batería, capacidad medida en este estado inicial o suministrada por el fabricante de la batería. El SOH se utiliza comúnmente en el diagnóstico de una batería, es representativo del desgaste de una batería. Su evaluación es importante para un buen control del funcionamiento de la batería, así como para gestionar de la mejor manera su final de vida.

15 Según un primer enfoque, el valor real del SOH se mide implementando una prueba de capacidad, que consiste en una carga completa, luego, una descarga completa sucesiva de la batería, en unas condiciones elegidas de temperatura y de corriente. Durante esta descarga, se mide la cantidad de cargas reproducida, lo que permite deducir de ello la capacidad real de la batería y, por lo tanto, su SOH. La ventaja de este método es obtener el valor real del SOH, ya que se basa en una medición de la realidad. No obstante, sus inconvenientes son que necesita una duración importante, consume energía y necesita una intervención sobre la batería que es, a veces, incompatible con su utilización normal, es decir, de suministro de energía para la implementación de una cierta aplicación concreta: entonces, necesita una pausa de esta aplicación, para la implementación de la prueba de la batería. Por esta última razón, este primer enfoque se considera intrusivo, puesto que necesita, generalmente, la detención de la utilización normal de la batería.

20 Para mitigar los inconvenientes de la medición del SOH real, existen otros enfoques menos intrusivos, que se basan en su estimación. A título de ejemplo, un método habitual para estimar el SOH consiste en seguir la evolución de la resistencia de la batería o, por extensión, seguir uno o varios parámetros de impedancia de la batería. El desgaste de una batería se acompaña, en efecto, generalmente, de una evolución de estos parámetros. El inconveniente de este método es que no mide directamente la pérdida de capacidad de la batería, sino que la estima a partir de la evolución de un parámetro diferente. Ahora bien, la evolución de las pérdidas de capacidad y de los aumentos de resistencia o de impedancias, no siguen unas leyes generalizables para todas las baterías, ni para todas las condiciones de envejecimiento de las baterías. De este modo, existen unas situaciones prácticas en las que el aumento de la resistencia de una batería es, a veces, insignificante, mientras que la batería experimenta una pérdida de capacidad importante y de manera inversa. Por lo tanto, este método de estimación sigue siendo insuficientemente fiable y, a menudo, complejo, ya que necesita unos cálculos complementarios que se basan, por ejemplo, en un aprendizaje previo para intentar mitigar sus fallos.

30 El documento europeo EP2557428 (D1), describe una solución para diagnosticar el estado de una batería, en concreto, una batería de un vehículo automóvil eléctrico. Esta solución se basa en la constatación de la evolución de las características de cada electrodo de la batería con su envejecimiento.

35 De este modo, un objeto general de la invención es proponer una solución de estimación del SOH de una batería que no comprende todo o parte de los inconvenientes del estado de la técnica.

Más precisamente, un objeto de la invención es proponer una solución de estimación del SOH de una batería, fiable, rápida, no intrusiva.

40 A estos efectos, la invención se basa en un procedimiento de estimación del estado de salud SOH de una batería, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

- Mediciones de varios valores de tensión de vacío de la batería para unos estados de carga diferentes;
- Cálculo de parámetros de modelos matemáticos de los potenciales de vacío de cada uno de los electrodos de la batería, para obtener una estimación de las tensiones de vacío de la batería para los estados de carga considerados en la etapa anterior a partir de estos modelos matemáticos, implementando este cálculo de parámetros unas iteraciones para encontrar unos valores extremos  $x_{m\acute{a}x}$ ;  $x_{m\acute{i}n}$ ;  $y_{m\acute{a}x}$ ;  $y_{m\acute{i}n}$  de las tasas de inserción de los electrodos de la batería sobre su rango de funcionamiento, hasta que la diferencia entre los valores estimados de tensiones de vacío y los valores medidos de estas tensiones de vacío sea inferior o igual a un umbral impuesto;
- Cálculo del estado de salud SOH de la batería a partir de los modelos matemáticos de los potenciales de vacío de cada uno de los electrodos de la batería y de los parámetros asociados a estos modelos matemáticos calculados en la etapa anterior, comprendiendo esta etapa de cálculo del estado de salud de la batería el cálculo de la capacidad  $Q_{cell}$  de la batería por la siguiente fórmula:

## ES 2 796 231 T3

$$Q_{cell} = Q_{neg} (x_{m\acute{a}x} - x_{m\acute{i}n})$$

Donde  $Q_{neg}$  representa la capacidad del electrodo negativo,  
 $x_{m\acute{a}x}$  y  $x_{m\acute{i}n}$  representan las tasas de inserción extremas del electrodo negativo sobre el rango de funcionamiento de la batería,

O comprendiendo esta etapa de cálculo del estado de salud (E3) de la batería el cálculo de la capacidad  $Q_{cell}$  de la batería por la siguiente fórmula:

$$Q_{cell} = Q_{pos} (y_{m\acute{a}x} - y_{m\acute{i}n})$$

Donde  $Q_{pos}$  representa la capacidad del electrodo positivo,  
 $y_{m\acute{a}x}$  e  $y_{m\acute{i}n}$  representan las tasas de inserción extremas del electrodo positivo sobre el rango de funcionamiento de la batería.

La etapa de cálculo de parámetros puede comprender las siguientes subetapas:

- inicialización de valores extremos ( $x_{m\acute{a}x}$ ;  $x_{m\acute{i}n}$ ;  $y_{m\acute{a}x}$ ;  $y_{m\acute{i}n}$ ) del rango de funcionamiento de los electrodos;
- cálculos de los pares de tasas de inserción ( $x_i$ ;  $y_i$ ) de los dos electrodos de la batería, en los diferentes estados de carga de la batería que han sido objeto de la etapa de mediciones (E1);
- cálculo de la tensión estimada  $U$  en los terminales de la batería para los pares ( $x_i$ ;  $y_i$ ), por la relación  $U(x_i, y_i) = OCV+(y_i) - OCV-(x_i)$ , donde los valores  $OCV+(y_i)$  y  $OCV-(x_i)$  se calculan a partir de una modelización matemática de las tensiones de vacío de los electrodos;
- comparación de las tensiones de vacío estimadas  $U$  calculadas para los pares ( $x_i$ ;  $y_i$ ) con los valores de tensión medidos en la etapa de medición y, en caso de diferencia superior a un umbral, corrección de los valores extremos ( $x_{m\acute{a}x}$ ;  $x_{m\acute{i}n}$ ;  $y_{m\acute{a}x}$ ;  $y_{m\acute{i}n}$ ) del rango de funcionamiento de los electrodos y repetición de las etapas anteriores.

Las tasas de inserción ( $x_i$ ,  $y_i$ ) de los electrodos de la batería se pueden definir por:

$$x_i = x_{m\acute{a}x} - Q_{desc}/Q_{neg}$$

$$y_i = y_{m\acute{i}n} + Q_{desc}/Q_{pos}$$

donde  $Q_{neg}$  representa la capacidad del electrodo negativo,  
 $Q_{pos}$  representa la capacidad del electrodo positivo,  
 $Q_{desc}$  representa la capacidad descargada con respecto a un estado de referencia completamente cargado de la batería ( $x_i = x_{m\acute{a}x}$  e  $y_i = y_{m\acute{i}n}$ ),

O  
las tasas de inserción ( $x_i$ ,  $y_i$ ) de los electrodos de la batería se pueden definir por:

$$x_i = x_{m\acute{i}n} - Q_{cargada}/Q_{neg}$$

$$y_i = y_{m\acute{a}x} + Q_{cargada}/Q_{pos}$$

donde  $Q_{neg}$  representa la capacidad del electrodo negativo,  
 $Q_{pos}$  representa la capacidad del electrodo positivo,  
 $Q_{cargada}$  representa la capacidad cargada o estimada con respecto a un estado de referencia completamente descargado de la batería ( $x_i = x_{m\acute{i}n}$  e  $y_i = y_{m\acute{a}x}$ ).

La capacidad descargada  $Q_{desc}$  se puede calcular o estimar a partir del estado de carga de la batería.

La etapa de mediciones de valores de tensiones de vacío de la batería puede comprender la medición de 2 a 5 valores de tensión de vacío de la batería y/o puede comprender el reparto de estas mediciones sobre un rango favorable previamente definido.

La etapa de mediciones de valores de tensiones de vacío de la batería puede comprender la realización de varias mediciones durante unos períodos distintos de reposo de la batería.

La invención también trata sobre un soporte informático legible por una unidad de gestión, caracterizado por que comprende un programa informático grabado que comprende unos medios de códigos de programa informático de implementación del procedimiento de estimación del estado de salud de una batería tal como se ha definido anteriormente.

La invención también trata sobre un dispositivo que comprende al menos una batería y una unidad de gestión, caracterizado por que la unidad de gestión implementa un procedimiento de estimación del estado de salud de al menos una batería tal como se ha definido anteriormente.

La batería puede ser una batería a base de litio y/o el dispositivo puede ser un vehículo automóvil o un objeto portátil, como un ordenador, un teléfono, una tableta o una agenda electrónica.

5 Estos objetos, características y ventajas de la presente invención se expondrán en detalle en la siguiente descripción de un modo de realización particular hecho a título no limitativo en relación con las figuras adjuntas, de entre las que:

La figura 1 representa las curvas de tensión de vacío de los dos electrodos de una batería Li-ion C/LFP (grafito / fosfato de hierro) nueva en función de su tasa de inserción de litio.

10 La figura 2 representa las curvas de tensión de vacío de los dos electrodos de una misma batería en un estado envejecido.

15 La figura 3 ilustra varias mediciones de la tensión de vacío en los terminales de una batería para varias tasas de inserción del electrodo negativo y para tres estados de envejecimiento diferentes.

La figura 4 ilustra el error obtenido en el cálculo del SOH según el procedimiento según un modo de realización de la invención en función de la pérdida de capacidad de la batería.

20 La figura 5 ilustra la evolución de este error en el cálculo del SOH en función del número de mediciones consideradas en el procedimiento según un modo de realización de la invención.

La figura 6 representa esquemáticamente un diagrama de flujo de un procedimiento de estimación del estado de salud de una batería según un modo de realización de la invención.

25 Para facilitar la descripción de esta invención, los términos potencial y tensión se utilizarán de manera no distinta. Asimismo, el término batería englobará la designación de elementos de batería unitarios. En la continuación, el modo de realización de la invención se va a detallar para una batería de tipo Li-ion C/LFP (grafito / fosfato de hierro), de manera no limitativa. Los modos de realización descritos se pueden adaptar y reproducir cómodamente sobre otros tipos de baterías, que funcionan sobre la base de otros tipos de principio químico.

30 La figura 1 representa la curva 1 de evolución de la tensión de vacío, también denominada OCV para la denominación anglosajona de "Open Circuit Voltage" ("Voltaje de Circuito Abierto"), del electrodo positivo de la batería de tipo LFP, en función de su tasa de inserción  $y$ , que se define como la relación entre la concentración de litio al nivel del electrodo y su concentración máxima en la batería. La curva 2 representa la evolución de la tensión de vacío del electrodo negativo de tipo grafito en función de su tasa de inserción  $x$ . Estas dos curvas 1, 2 permiten mostrar un rango de funcionamiento de la batería, definido por su zona de superposición: este rango se extiende de un valor de tasa de inserción  $y_{\text{máx}}$  hacia un valor  $y_{\text{mín}}$  para el electrodo positivo y de un valor de tasa de inserción  $x_{\text{mín}}$  hacia un valor  $x_{\text{máx}}$  para el electrodo negativo. Este rango evoluciona de una tensión mínima de la batería, sustancialmente a 2 V, definida por la diferencia de potencial entre los dos electrodos, representada en la parte izquierda de la figura, correspondiente a  $y_{\text{máx}}-x_{\text{mín}}$  y un estado completamente descargado de la batería, hasta una tensión máxima de aproximadamente 3,65 V, definida por la diferencia de potencial entre los dos electrodos, representada en la parte derecha de la figura, correspondiente a  $y_{\text{mín}}-x_{\text{máx}}$  y un estado completamente cargado de la batería. La capacidad Qcell de la batería es, por lo tanto, la capacidad obtenida sobre el rango de funcionamiento que se extiende de  $y_{\text{máx}}$  a  $y_{\text{mín}}$  y de  $x_{\text{mín}}$  a  $x_{\text{máx}}$ .

35 La figura 2 representa estas mismas curvas 1, 2 de evolución de la tensión de vacío de los electrodos de una misma batería en un estado envejecido. Se constata que la curva 1 está desviada hacia la izquierda, lo que reduce el rango de funcionamiento de los dos electrodos. De ello resulta que la observación de la evolución de estas curvas ilustra bien la disminución de la capacidad Qcell máxima de la batería con su envejecimiento. En la figura 2, la capacidad máxima presenta un valor inferior a 2 Ah, por lo tanto, inferior al obtenido para la batería nueva.

40 De hecho, el desplazamiento de la curva de tensión de vacío del electrodo positivo ilustra un consumo irreversible de litio de ciclo al nivel de este electrodo con el tiempo. Por lo tanto, estas curvas 1, 2 ilustran unos fenómenos físicos de base de los electrodos que explican el envejecimiento de la batería. El modo de realización de la invención aprovecha esta constatación para desarrollar un procedimiento de estimación del estado de salud de una batería que explota las curvas de tensión de vacío de sus electrodos. Como estas curvas representan directamente el fenómeno físico que causa el envejecimiento, su análisis permite obtener un valor fiable del estado de salud de una batería. Más particularmente, la búsqueda del par ( $x_{\text{máx}}$ ;  $y_{\text{mín}}$ ) permite deducir la capacidad de la batería, por lo tanto, su estado de salud.

45 Como nota, las curvas de potencial de cada uno de los electrodos se pueden medir a partir de pilas de botón fabricadas a partir de una parte de electrodo de la batería estudiada y de un electrodo de metal de litio, configuración denominada de media pila. Otra forma de medir estas curvas de potencial de cada uno de los dos electrodos consiste en recurrir a un electrodo de referencia añadido dentro de una celda completa. A partir de estas mediciones realizadas a unas corrientes muy escasas, asociadas a una capacidad muy escasa de las medias pilas o pilas con electrodo de

referencia, del orden de cien veces inferior a la capacidad de la batería considerada, es posible determinar unos modelos empíricos de evolución de la tensión de cada uno de los electrodos en función de la tasa de inserción de litio.

5 El procedimiento de estimación del estado de salud de una batería según el modo de realización, ilustrado por la figura 6, implementa las siguientes etapas:

- E1: mediciones de varios valores de tensión de vacío de una batería para unos estados de carga diferentes;
- E2: cálculo de parámetros de modelos matemáticos de los potenciales de vacío de cada uno de los electrodos de la batería para obtener una estimación de las tensiones de vacío de la batería para los estados de carga considerados en la etapa anterior a partir de estos modelos matemáticos;
- 10 E3: cálculo del estado de salud de la batería a partir de los modelos de los potenciales de vacío de cada uno de los electrodos de la batería y de los parámetros asociados a estos modelos calculados en la etapa anterior.

15 Como nota, la tensión de vacío de una batería se mide en equilibrio, es decir, fuera de corriente, después de relajación de la tensión. Por ejemplo, se puede obtener una medición de tensión de vacío cuando un aparato que utiliza la batería está en espera. Como variante, la tensión de vacío se puede estimar en unas situaciones de utilización con corriente de la batería muy escasa.

20 Por otra parte, en la etapa E1, se realiza un número suficiente de mediciones de tensión de vacío para obtener la fiabilidad buscada. Como se ilustra esto más abajo con referencia a la figura 5, se alcanza un error del SOH inferior a un 5 % con dos mediciones y este error cae por debajo de un 1 % a partir de cuatro mediciones consideradas. Por lo demás, como el estado de salud de la batería evoluciona lentamente, las mediciones de la etapa de medición E1 pueden expandirse sobre un período largo, por ejemplo, del orden de un mes. Las mediciones se memorizan en una memoria electrónica de una unidad de gestión, con el fin de ser explotadas para la implementación de las otras etapas del procedimiento.

25 La etapa de cálculo de parámetros E2 permite determinar unos parámetros de modelos matemáticos de la tensión de vacío de los electrodos, en concreto, los valores extremos (xmáx; xmín; ymáx; ymín) con referencia a los enfoques ilustrados por las figuras 1 y 2 y más particularmente (xmáx; ymín), a partir de los que se puede deducir la capacidad de la batería Qcell, luego, su estado de salud en la etapa E3.

La tensión U de vacío en los terminales de la batería está definida por la relación:

$$35 \quad U = OCV+ - OCV-$$

Donde las tensiones de vacío OCV de cada electrodo, respectivamente OCV+ y OCV- para los electrodos positivo y negativo, se obtienen por los modelos matemáticos en función de su tasa de inserción de litio, respectivamente x, y.

40 A título de ejemplo, los modelos matemáticos elegidos para las tensiones de vacío OCV de los electrodos de la batería considerada en el modo de realización son, por ejemplo:

Electrodo de grafito (negativo):

$$45 \quad OCV - (x) = 0,6379 + 0,5416 \cdot \exp(-305,5309 \cdot x) - 0,0175 \cdot \tanh\left(\frac{x - 0,5692}{0,0875}\right) - 0,6875 \cdot \tanh\left(\frac{x + 0,0117}{0,0529}\right) - 0,1978 \cdot \tanh\left(\frac{x + 1,0571}{0,0854}\right) + 0,004 \cdot \tanh\left(\frac{x + 0,1958}{0,1088}\right)$$

Electrodo de LiFePO<sub>4</sub> (positivo):

$$50 \quad OCV + (y) = 3,4323 - 0,8428 \cdot \exp(-80,2493(1 - y)^{1,3198}) - 3,2474 \cdot 10^{-6} \exp(20,2645(1 - y)^{3,8003}) + 3,2482 \cdot 10^{-6} \cdot \exp(20,2646(1 - y)^{3,7995})$$

Como variante, podría utilizarse cualquier otro modelo que permita simular el comportamiento de los electrodos y deducir de ello su tensión de vacío OCV.

55 La etapa de cálculo de parámetros E2 puede comprender las siguientes subetapas:

- E22 - elección de valores iniciales de las magnitudes xmáx e ymín; esta elección puede consistir en tomar los valores anteriores calculados o, como variante, estos valores ligeramente disminuidos, por ejemplo, en función de la utilización de la batería desde la última medición;
- 60 E24 - cálculos de los pares de tasas de inserción (xi; yi) de los dos electrodos de la batería, correspondientes a los diferentes estados de carga que han sido objeto de las mediciones en la etapa E1. Estas tasas de inserción se definen por:

$$xi = xmáx - Qdesc / Qneg$$

$$y_i = y_{\min} + Q_{\text{desc}}/Q_{\text{pos}}$$

5 donde  $Q_{\text{neg}}$  representa la capacidad del electrodo negativo,  
 $Q_{\text{pos}}$  representa la capacidad del electrodo positivo,  
estas dos capacidades  $Q_{\text{neg}}$  y  $Q_{\text{pos}}$  no varían con el tiempo, son unas constantes bien determinadas, que se  
pueden determinar por autopsia de las celdas o bien explotando un electrodo de referencia si la batería está  
equipada con ello,  
10  $Q_{\text{desc}}$  representa la capacidad descargada con respecto a un estado de referencia completamente cargado  
de la batería. Este valor se puede calcular, por ejemplo, a partir de la medición de la corriente y su integración  
en el tiempo o como variante estimada, a partir del conocimiento de una estimación del estado de carga de la  
batería, por ejemplo;

15 E26 - cálculo de la tensión estimada en los terminales de la batería para los pares  $(x_i; y_i)$ , por la relación  $U(x_i, y_i)$   
 $= \text{OCV}^+(y_i) - \text{OCV}^-(x_i)$ , donde los valores de los  $\text{OCV}^+$  y  $\text{OCV}^-$  se calculan por la modelización elegida, por  
ejemplo, por las fórmulas detalladas anteriormente;  
E28 - comparación de las tensiones estimadas calculadas en la etapa anterior para los pares  $(x_i; y_i)$  con los valores  
de tensión medidos en la etapa de medición E1 y, en caso de diferencia, corrección de los valores de  $x_{\max}$  e  $y_{\min}$   
y repetición de las etapas E24 a E28.

20 Como variante, en la subetapa E24, las tasas de inserción  $x_i, y_i$  de los electrodos de la batería se pueden definir por:

$$x_i = x_{\min} - Q_{\text{cargada}}/Q_{\text{neg}}$$

$$25 \quad y_i = y_{\max} + Q_{\text{cargada}}/Q_{\text{pos}}$$

donde  $Q_{\text{neg}}$  representa la capacidad del electrodo negativo,  
 $Q_{\text{pos}}$  representa la capacidad del electrodo positivo,  
30  $Q_{\text{cargada}}$  representa la capacidad cargada o estimada con respecto a un estado de referencia completamente  
descargado de la batería ( $x_i = x_{\min}$  e  $y_i = y_{\max}$ ).

Por lo tanto, las subetapas anteriores permiten, por iteraciones sucesivas, converger hacia los valores de  $x_{\max}$  e  $y_{\min}$   
que corresponden a los valores de tensión medidos y que se retienen para el cálculo del estado de salud de la batería.  
Esta iteración se para cuando la diferencia entre los valores estimados y medidos es inferior o igual a un umbral  
35 elegido. Este umbral puede ser un parámetro del sistema, definido en función de un compromiso entre la precisión y  
la rapidez del cálculo. Naturalmente, como variante, estas ecuaciones se pueden resolver por cualquier otro método  
de cálculo numérico.

40 Como se desprende esto de las figuras 1 y 2, cuando se conocen las curvas OCV de los electrodos, se obtiene  
directamente la capacidad  $Q_{\text{cell}}$  de la batería. Esta capacidad también se puede calcular por la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{cell}} = Q_{\text{neg}} (x_{\max} - x_{\min}) \text{ o por } Q_{\text{cell}} = Q_{\text{pos}} (y_{\max} - y_{\min})$$

45 Como nota, en el modo de realización elegido,  $x_{\min}$  sigue siendo constante en cero. Esto podría ser diferente para  
otros tipos de baterías.

Para ilustrar un ejemplo de aplicación de este procedimiento, la figura 3 representa varias estimaciones de la tensión  
en los terminales de una batería obtenidas para varias tasas de inserción del electrodo negativo y para tres estados  
de envejecimiento diferentes, respectivamente en 0 día, 96 días y 196 días de utilización de la batería.  
50 Preferentemente, el procedimiento se implementa para unos valores alejados de los terminales  $x_{\max}$  y  $x_{\min}$ . En esta  
aplicación, el número de valores considerados aumenta con el envejecimiento.

La figura 4 ilustra el error obtenido en el cálculo del SOH por este método según el modo de realización de la invención,  
en función de la pérdida de capacidad de la batería. Aparece que el error sigue siendo inferior a un 5 % sobre todo el  
55 rango considerado.

La figura 5 ilustra la evolución de este error en el cálculo del SOH por este método en función del número de mediciones  
consideradas. Aparece que el error desciende de manera exponencial de un 5 % a menos de un 1 % tan pronto como  
se consideran al menos cuatro mediciones.

60 Finalmente, el modo de realización de la invención presenta las siguientes ventajas:

- Los cálculos implementados son simples y, por lo tanto, compatibles con una instalación dentro de cualquier  
65 dispositivo, como un objeto portátil eventualmente de tamaño pequeño; por lo demás, no necesitan la toma en  
cuenta de la corriente o de la temperatura de la batería;
- El enfoque es fácilmente generalizable a cualquier tipo de baterías, que funcionan sobre unos principios de química

diferentes, es suficiente con adaptar los modelos matemáticos de OCV a los electrodos considerados;

- El procedimiento muestra, en la práctica, que permite alcanzar una precisión muy grande, como se ha demostrado esto anteriormente;
- El procedimiento es no intrusivo, ya que puede implementarse fácilmente de manera oportunista, realizando unas mediciones de tensión tan pronto como la batería está en un período de reposo, lo suficientemente largo como para obtener una relajación de tensión aceptable, del orden de 30 minutos, por ejemplo, sin perturbar el funcionamiento normal de la batería;
- Su utilización es independiente del funcionamiento de carga o descarga de la batería.

- 10 Como variante, el procedimiento puede imponer un rango de estados de carga favorable sobre el que deben realizarse las mediciones, con el fin de evitar la toma en cuenta de mediciones demasiado cercanas entre sí y/o demasiado cercanas a los estados extremos de carga completa o descarga completa. Este rango también se puede establecer en función de la forma de la curva de OCV de un electrodo considerado, con el fin de evitar unas zonas de esta curva que serían desfavorables. Las mediciones de OCV se pueden forzar si no se alcanzan naturalmente las condiciones
- 15 buscadas, en un instante deseado. Para esto, un protocolo particular de carga, que integra unas pausas, podría, por ejemplo, implementarse para suministrar las condiciones ventajosas.

La invención también trata sobre un dispositivo equipado con una batería y que comprende una unidad de gestión que implementa el procedimiento de estimación del estado de salud (SOH) de la batería, tal como se ha descrito anteriormente, por unos componentes de hardware y/o de software. Para esto, la unidad de gestión comprende una calculadora, está asociada a al menos una memoria electrónica que almacena, en concreto, los datos numéricos de mediciones y las modelizaciones de los OCV de electrodos y un software de cálculo que implementa todo o parte del procedimiento de estimación del estado de salud (SOH). La invención también trata, hablando de esto, sobre un software de este tipo como tal. El dispositivo también comprende una interfaz hombre-máquina que permite informar

20 a un usuario del estado de salud de la batería e interactuar con él para definir ciertos parámetros del procedimiento. Por último, el dispositivo comprende al menos un sensor de medición de tensión de la batería conectado por un medio de comunicación a la unidad de gestión. Como nota, el dispositivo de gestión de la batería, que implementa el procedimiento de estimación de su estado de salud, se puede integrar en la propia batería.

- 30 A título de ejemplo no limitativo, el procedimiento de estimación del SOH se puede integrar, de este modo, dentro de un vehículo automóvil, en concreto, un vehículo eléctrico o híbrido. También se puede instalar en un cargador de baterías o más específicamente en un terminal de recarga de vehículos. También se puede instalar dentro de cualquier objeto portátil, como un ordenador portátil, una tableta, un teléfono portátil, una agenda electrónica, etc.).

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de estimación del estado de salud SOH de una batería, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

- 5 • Mediciones (E1) de varios valores de tensión de vacío de la batería para unos estados de carga diferentes;
- Cálculo de parámetros (E2) de modelos matemáticos de los potenciales de vacío de cada uno de los electrodos de la batería, para obtener una estimación de las tensiones de vacío de la batería para los estados de carga considerados en la etapa anterior a partir de estos modelos matemáticos, implementando este cálculo de parámetros (E2) unas iteraciones para encontrar unos valores extremos  $x_{m\acute{a}x}$ ;  $x_{m\acute{i}n}$ ;  $y_{m\acute{a}x}$ ;  $y_{m\acute{i}n}$  de las tasas de inserción de los electrodos de la batería sobre su rango de funcionamiento, hasta que la diferencia entre los valores estimados de tensiones de vacío y los valores medidos de estas tensiones de vacío sea inferior o igual a un umbral impuesto;
- 10 • Cálculo del estado de salud SOH (E3) de la batería a partir de los modelos matemáticos de los potenciales de vacío de cada uno de los electrodos de la batería y de los parámetros asociados a estos modelos matemáticos calculados en la etapa anterior, comprendiendo esta etapa de cálculo del estado de salud (E3) de la batería el cálculo de la capacidad  $Q_{cell}$  de la batería por la siguiente fórmula:

$$Q_{cell} = Q_{neg} (x_{m\acute{a}x} - x_{m\acute{i}n})$$

20 Donde  $Q_{neg}$  representa la capacidad del electrodo negativo,  $x_{m\acute{a}x}$  y  $x_{m\acute{i}n}$  representan las tasas de inserción extremas del electrodo negativo sobre el rango de funcionamiento de la batería,

25 comprendiendo esta etapa de cálculo del estado de salud (E3) de la batería el cálculo de la capacidad  $Q_{cell}$  de la batería por la siguiente fórmula:

$$Q_{cell} = Q_{pos} (y_{m\acute{a}x} - y_{m\acute{i}n})$$

30 Donde  $Q_{pos}$  representa la capacidad del electrodo positivo,  $y_{m\acute{a}x}$  e  $y_{m\acute{i}n}$  representan las tasas de inserción extremas del electrodo positivo sobre el rango de funcionamiento de la batería.

2. Procedimiento de estimación del estado de salud de una batería según la reivindicación anterior, caracterizado por que la etapa de cálculo de parámetros (E2) comprende las siguientes subetapas:

- (E22) - inicialización de valores extremos  $x_{m\acute{a}x}$ ;  $x_{m\acute{i}n}$ ;  $y_{m\acute{a}x}$ ;  $y_{m\acute{i}n}$  de las tasas de inserción del rango de funcionamiento de los electrodos;
- (E24) - cálculos de los pares de tasas de inserción  $x_i$ ;  $y_i$  de los dos electrodos de la batería, en los diferentes estados de carga de la batería que han sido objeto de la etapa de mediciones (E1);
- 40 (E26) - cálculo de la tensión estimada  $U$  en los terminales de la batería para los pares  $x_i$ ,  $y_i$  por la relación  $U(x_i, y_i) = OCV+(y_i) - OCV-(x_i)$ , donde los valores  $OCV+(y_i)$  y  $OCV-(x_i)$  se calculan a partir de una modelización matemática de las tensiones de vacío de los electrodos;
- (E28) - comparación de las tensiones de vacío estimadas  $U$  calculadas para los pares  $x_i$ ,  $y_i$  con los valores de tensión medidos en la etapa de medición (E1) y, en caso de diferencia superior a un umbral, corrección de los valores extremos  $x_{m\acute{a}x}$ ;  $x_{m\acute{i}n}$ ;  $y_{m\acute{a}x}$ ;  $y_{m\acute{i}n}$  del rango de funcionamiento de los electrodos y repetición de las etapas (E24), (E26) y (E28).

3. Procedimiento de estimación del estado de salud de una batería según la reivindicación anterior, caracterizado por que las tasas de inserción  $x_i$ ,  $y_i$  de los electrodos de la batería se definen por:

$$x_i = x_{m\acute{a}x} - Q_{desc}/Q_{neg}$$

$$y_i = y_{m\acute{i}n} + Q_{desc}/Q_{pos}$$

55 donde  $Q_{neg}$  representa la capacidad del electrodo negativo,  $Q_{pos}$  representa la capacidad del electrodo positivo,  $Q_{desc}$  representa la capacidad descargada con respecto a un estado de referencia completamente cargado de la batería ( $x_i = x_{m\acute{a}x}$  e  $y_i = y_{m\acute{i}n}$ ),

60 por que las tasas de inserción  $x_i$ ,  $y_i$  de los electrodos de la batería se definen por:

$$x_i = x_{m\acute{i}n} - Q_{cargada}/Q_{neg}$$

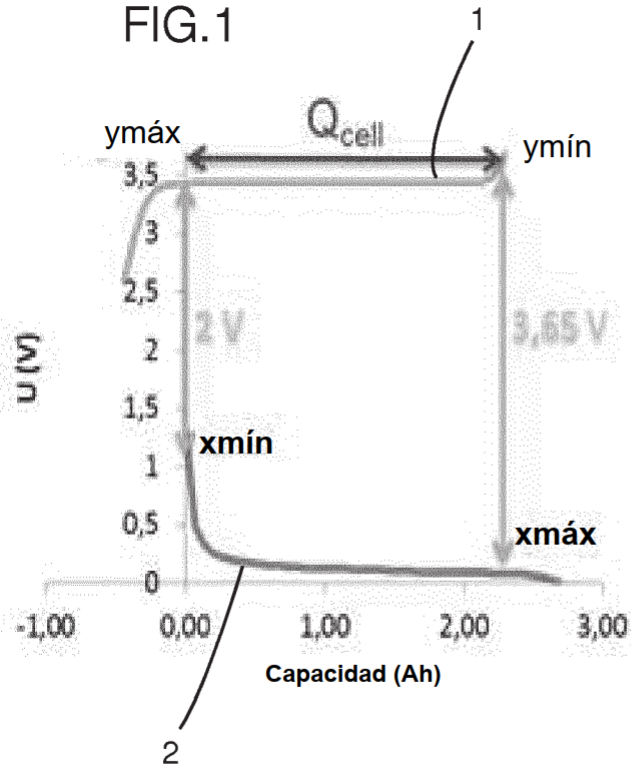
$$y_i = y_{m\acute{a}x} + Q_{cargada}/Q_{pos}$$



donde  $Q_{neg}$  representa la capacidad del electrodo negativo,  
 $Q_{pos}$  representa la capacidad del electrodo positivo,  
 $Q_{cargada}$  representa la capacidad cargada o estimada con respecto a un estado de referencia completamente  
descargado de la batería ( $x_i = x_{mín}$  e  $y_i = y_{máx}$ ).

- 5
4. Procedimiento de estimación del estado de salud de una batería según la reivindicación anterior, caracterizado por que la capacidad descargada  $Q_{desc}$  se calcula o estima a partir del estado de carga de la batería.
- 10
5. Procedimiento de estimación del estado de salud de una batería según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la etapa de mediciones (E1) de valores de tensiones de vacío de la batería comprende la medición de 2 a 5 valores de tensión de vacío de la batería y/o comprende el reparto de estas mediciones sobre un rango favorable previamente definido.
- 15
6. Procedimiento de estimación del estado de salud de una batería según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la etapa de mediciones (E1) de valores de tensiones de vacío de la batería comprende la realización de varias mediciones durante unos períodos distintos de reposo de la batería.
- 20
7. Soporte informático legible por una unidad de gestión, caracterizado por que comprende un programa informático grabado que comprende unos medios de códigos de programa informático de implementación del procedimiento de estimación del estado de salud de una batería según una de las reivindicaciones anteriores.
- 25
8. Dispositivo que comprende al menos una batería y una unidad de gestión, caracterizado por que la unidad de gestión implementa un procedimiento de estimación del estado de salud de al menos una batería según una de las reivindicaciones 1 a 6.
- 30
9. Dispositivo según la reivindicación anterior, caracterizado por que la batería es una batería a base de litio y/o por que el dispositivo es un vehículo automóvil o un objeto portátil, como un ordenador, un teléfono, una tableta o una agenda electrónica.

FIG.1



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

FIG.2

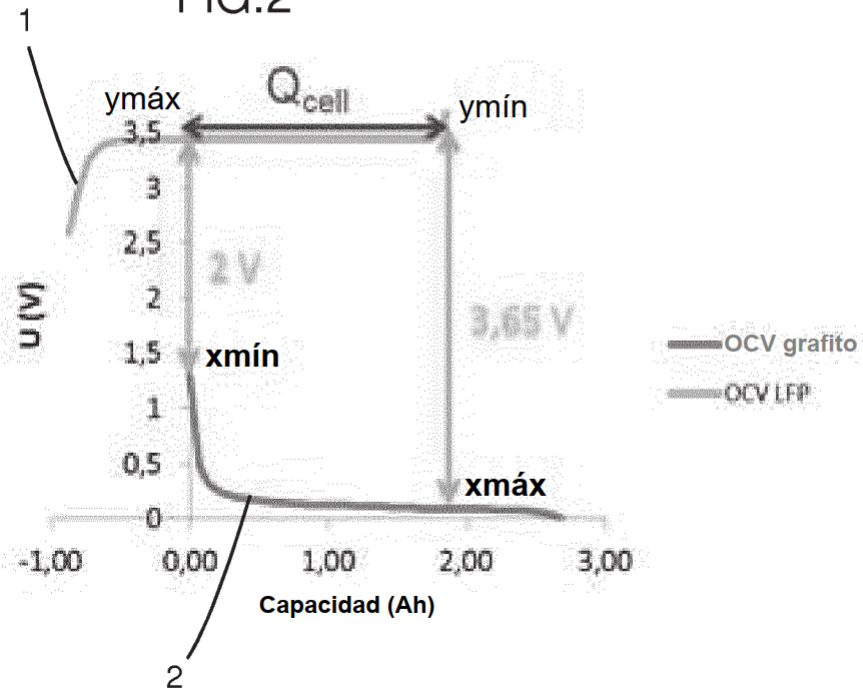


FIG.3

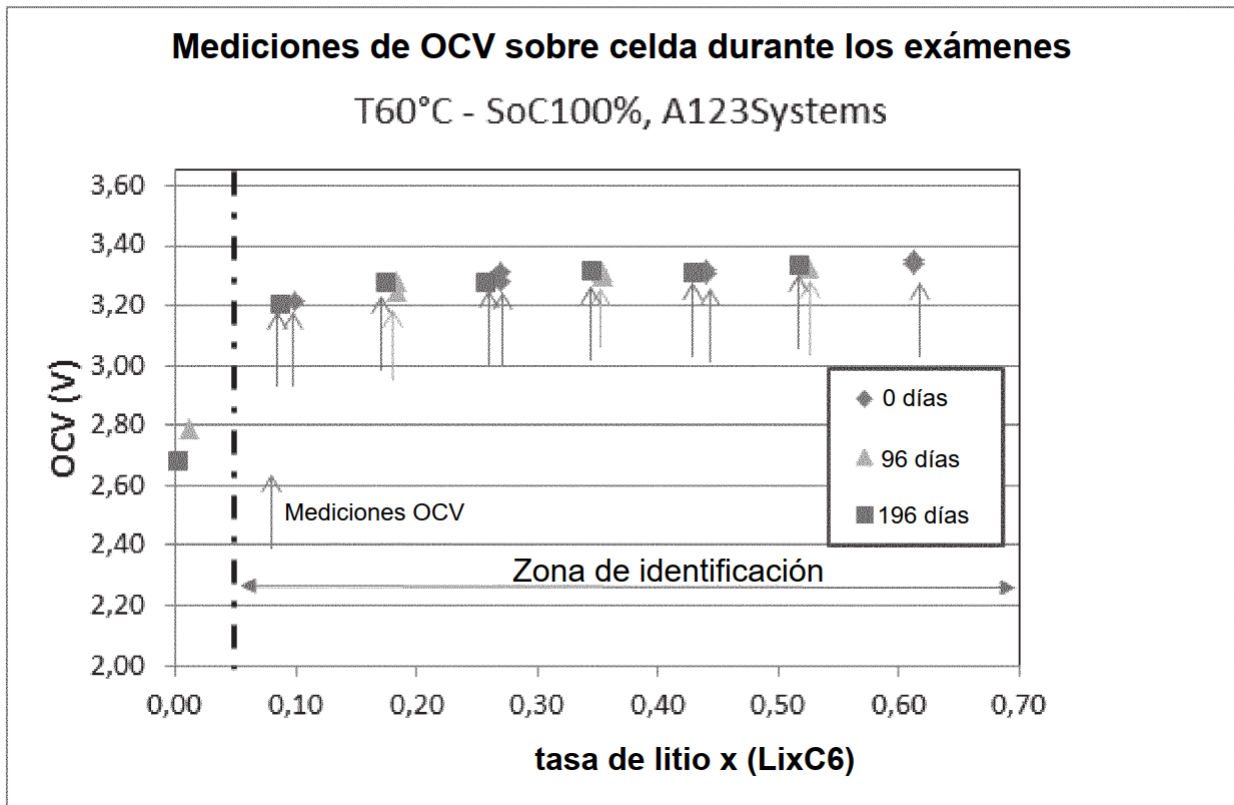


FIG.4

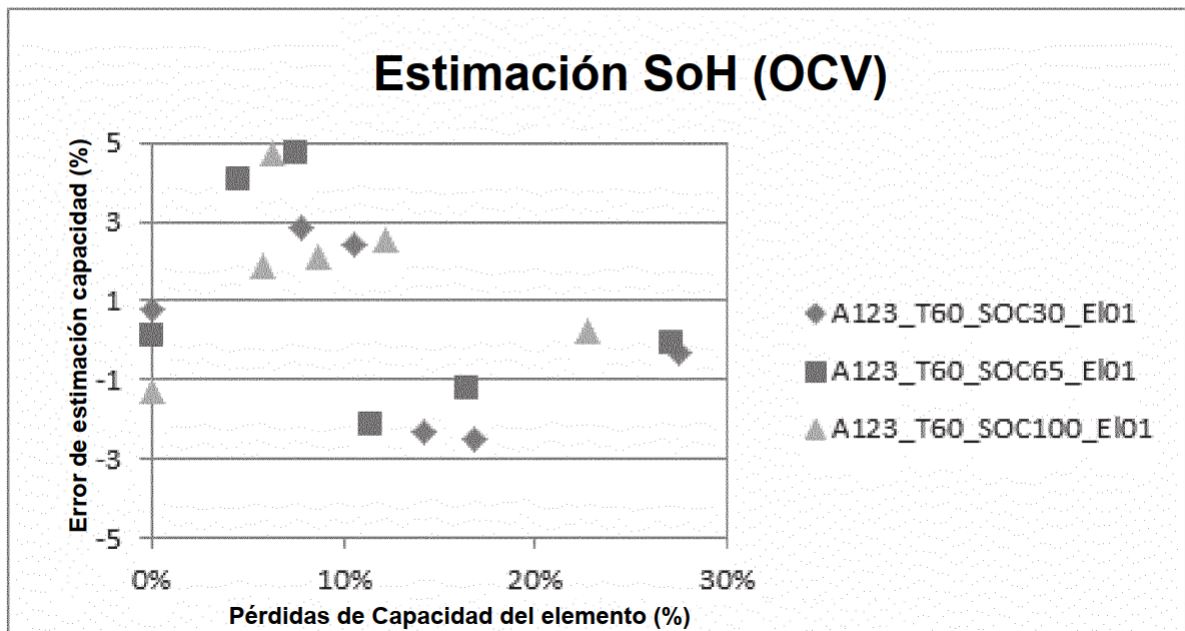


FIG.5

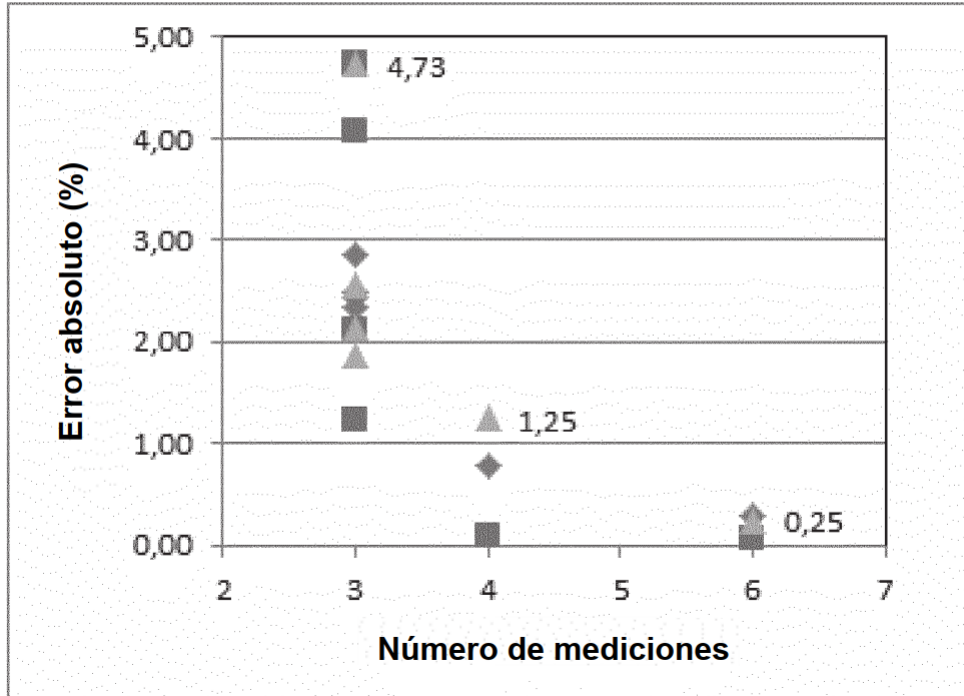


FIG.6

