

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 976 035**

51 Int. Cl.:

G01R 31/392 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2020** **E 20213867 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2023** **EP 3839535**

54 Título: **Determinación del envejecimiento de un sistema de almacenamiento eléctrico**

30 Prioridad:

18.12.2019 FR 1914800

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

22.07.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HASCOAT, AURÉLIEN

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 976 035 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

Determinación del envejecimiento de un sistema de almacenamiento eléctrico

5 Sector de la técnica

La invención se refiere al campo de los sistemas de almacenamiento eléctrico.

Más particularmente, la invención se refiere a procedimientos para determinar el envejecimiento de un sistema de almacenamiento eléctrico, programas informáticos destinados a implementar dichos procedimientos, dispositivos de almacenamiento de datos que almacenan dichos programas informáticos y circuitos de procesamiento que incluyen dichos dispositivos de almacenamiento de datos.

Estado de la técnica

En cualquier batería, el elemento más pequeño de la batería de un vehículo eléctrico (o de cualquier otro uso) se llama celda. El voltaje habitual de una celda con tecnología de iones de litio suele estar entre 2,5 V y 3,4 V, la media de descarga es de unos 3 V. Esta cantidad está ligada a la potencia (expresada en W) a la que se puede restablecer la energía. Cuanto mayor sea la potencia extraída de la celda, menor será el valor del voltaje promedio de la celda. La capacidad eléctrica también es una cantidad esencial. Esta última cantidad se expresa en A.h (Amperios.hora), y es la cantidad de corriente que se puede consumir por unidad de tiempo. La cantidad de energía (medida en Wh, Watios.hora) es el producto de la capacidad y del voltaje restituible durante una descarga total o parcial y por tanto condiciona intrínsecamente la autonomía de un sistema de baterías como por ejemplo la autonomía de un vehículo eléctrico (VE).

Si nos situamos en el ámbito de los vehículos eléctricos, varios centenares de estas celdas se ensamblan de forma compleja (paquete) para proporcionar al motor eléctrico la potencia suficiente para mover el vehículo (montaje en serie) y garantizar al vehículo eléctrico una autonomía aceptable (montaje en paralelo).

Los sistemas de almacenamiento de energía electroquímicos ven cómo su rendimiento disminuye de forma natural durante su uso (el llamado envejecimiento cíclico) o incluso fuera de su uso (el llamado envejecimiento calendario). Para vehículos eléctricos, este envejecimiento depende, por ejemplo, de las celdas utilizadas, el uso del vehículo eléctrico, el clima, la ubicación del garaje, e incluso el color del vehículo que influye en su temperatura... Se conoce, del documento EP1450173, cómo determinar una característica de envejecimiento de una batería mediante ciclos de carga y descarga. Otros documentos relevantes para el estado de la técnica son US 2017/115358 A1, FR 3 025 663 A1 y DE 10 2018 204924 A1.

Este estado de cosas ha llevado a la definición de una variable denominada "estado de salud" o SOH (State Of Health). Adimensional, se define como la relación entre la energía eléctrica real y la energía eléctrica nominal.

Entonces, para un nuevo sistema, la energía eléctrica real es equivalente a la energía nominal. El SOH es del 100 %. Para vehículos eléctricos, esta pérdida progresiva da como resultado una pérdida de autonomía progresiva y poco controlable (moderadamente predecible). Cuando la autonomía se vuelve inaceptable para el conductor (SOH del 75 % para el Renault Zoé), se instala una batería nueva a bordo del vehículo mientras que la vieja se recicla en diferentes formas (desmontaje, recuperación de piezas, quema y recuperación de metales).

Una etapa en el reciclaje que puede resultar ventajosa es considerar la reutilización de estos sistemas en áreas para las que esta caída en el rendimiento no sea prohibitiva; una segunda vida a bordo de vehículos eléctricos desmantelados en autonomía o el almacenamiento estacionario hacia aplicaciones de red eléctrica para realizar, por ejemplo, una asociación con producción fotovoltaica intermitente y no predecible).

Esta segunda vida presenta un atractivo económico tanto en términos de nuevos precios de mercado en el momento de la compra como a lo largo de la segunda vida. Esta reutilización forma parte del objetivo de la Unión Europea de construir una economía circular.

El uso de tales sistemas solo es posible si la seguridad, el rendimiento y la vida útil son satisfactorios y suficientemente predecibles. Por lo tanto, medir el SOH de una batería es un elemento clave para lograr un uso secundario. La dificultad técnica es evaluar estos criterios con baterías usadas que han sufrido restricciones de uso desconocidas durante varios años. A esto se suma una heterogeneidad de estas actuaciones a nivel de la propia celda e inevitablemente, la heterogeneidad de un paquete a otro, especialmente con diferentes condiciones de uso.

Estamos específicamente interesados en la reutilización de baterías usadas de vehículos eléctricos. En la práctica, las empresas propietarias de las baterías, o las reciclan ellas mismas, o las venden a Terceros. Sin embargo, siguen siendo legalmente responsables de estas baterías, incluso después de su venta a Terceros y hasta su destrucción o reciclaje. Una forma de recuperar estas baterías usadas es utilizarlas conservando su integridad (sin desmontar los elementos de la batería una vez retirada del vehículo) para producir nuevos sistemas de almacenamiento.

Por lo tanto, determinar el estado de salud de una batería o de una celda es un punto de bloqueo. Hoy en día, solo existe una medida capaz de determinar esta propiedad crucial. Esta medida consiste en la descarga total de la batería o celda para medir su energía o capacidad. En su defecto, se utilizan modelos de predicción del envejecimiento.

5 En el caso de reutilización de baterías en una segunda vida hacia sistemas estacionarios, hay dos prácticas muy extendidas.

10 La primera práctica consiste en desmontar los paquetes para poder evaluar la calidad de cada celda. Este caso es posible cuando la empresa inicialmente propietaria de las baterías las recicla ella misma. Estas se caracterizan y posteriormente se clasifican según un gran número de parámetros. Esta solución requiere mucho tiempo, medios de caracterización y requiere realizar una nueva integración (electrónica, soldaduras, alojamiento,...). Entonces es posible producir reensamblajes homogéneos de celdas con niveles de calidad aceptables.

15 La otra práctica consiste en producir baterías de segunda vida a partir de paquetes usados, ya sea sin tener idea del estado de salud de los paquetes o tomando una estimación a partir de modelos diseñados solo para aproximarse al estado de salud cuando se utilizan a bordo de vehículos eléctricos. Como parte de una transferencia de estas baterías a una tercera empresa, la transferencia de datos y modelos es difícil de prever por razones obvias de secreto industrial. Además, los modelos de predicción del fabricante de vehículos eléctricos no se corresponderían con las nuevas condiciones de vida de las baterías en uso estacionario. Para estos sistemas con integridad preservada, tampoco es posible descargar completamente el sistema, ni siquiera excepcionalmente. Esta posibilidad está prohibida por el sistema de gestión de la batería con el fin de optimizar la vida útil durante el uso en un vehículo eléctrico. De hecho, los fabricantes de vehículos eléctricos han limitado la ventana de carga generalmente entre un estado de carga bajo y un estado de carga alto (por ejemplo, entre el 20 % y el 80 %), para garantizar una mayor duración de la batería. Por tanto, es imposible descargar completamente las baterías.

20 Dado que las nuevas condiciones de uso pueden ser muy diferentes de las que se encuentran durante el uso típico de vehículos eléctricos en términos de temperatura, corriente eléctrica y ventana de ciclos, la predicción del envejecimiento de este sistema es aún más compleja y representa un problema porque hace que cualquier intento de utilizarla a gran escala en una segunda vida sea arriesgado.

Por lo tanto, es necesario evaluar, rápidamente, de forma sencilla y fiable, el envejecimiento de un sistema de almacenamiento eléctrico compuesto por una o más baterías, independiente de la vida útil anterior de la(s) batería(s).

35 **Objeto de la invención**

Esta divulgación mejora la situación.

Un aspecto de la invención se refiere a un procedimiento según la reivindicación 1.

40 Otro aspecto de la invención se refiere a un programa informático que comprende instrucciones para implementar el procedimiento descrito anteriormente cuando este programa es ejecutado por un procesador.

45 Otro aspecto de la invención se refiere a un medio de grabación no volátil legible por un ordenador en el que se carga un programa para implementar el procedimiento descrito anteriormente cuando este programa es ejecutado por un procesador.

50 Otro aspecto de la invención, como se muestra en la [Figura 2], se refiere a un circuito de procesamiento que comprende un procesador PROC (100) conectado a un medio de grabación no volátil MEM (200) descrito anteriormente. Un circuito de procesamiento de este tipo puede incluir, por ejemplo, una interfaz de comunicación COM (300) con un dispositivo para controlar el sistema de almacenamiento eléctrico.

55 Gracias al seguimiento del estado de carga de la batería que se registra desde el momento de su uso, por ejemplo durante el funcionamiento habitual de una batería en segunda vida, es posible evaluar la evolución del estado de salud a lo largo del tiempo.

Basándose en esta evaluación, es posible determinar el envejecimiento de una batería utilizada en un sistema de almacenamiento eléctrico de manera independiente de cualquier uso previo de la batería antes del momento de su uso y la implementación del seguimiento del estado de carga.

60 Gracias a la posibilidad de implementar el procedimiento de la invención durante el nuevo uso de baterías, no es necesario caracterizar estas baterías, ni las celdas que las constituyen, después de su primera vida y antes de dedicarlas a este nuevo uso.

65 El ahorro de tiempo que resulta de determinar el envejecimiento de una batería durante su uso facilita la reutilización a gran escala de baterías usadas diseñadas, por ejemplo, para vehículos eléctricos. En particular, se facilita la

reutilización en sistemas de almacenamiento eléctrico estacionarios.

En un modo de realización, la batería se utilizaba anteriormente montada en un vehículo eléctrico.

- 5 Estas baterías no se pueden cargar ni descargar completamente debido a las limitaciones impuestas durante su diseño. Ahora bien, como se ha indicado anteriormente, el estado de salud de una batería se determina por referencia basándose en el seguimiento de una carga o descarga completa. Gracias al seguimiento del estado de carga de la batería, incluidas las alternancias de demandas de carga y descarga, es posible determinar el envejecimiento de una batería incluso si se ha utilizado previamente montada en un vehículo eléctrico, es decir, aunque no se pueda cargar o descargar completamente.

En un modo de realización, estimar los estados de salud incluye:

- 15 - identificar, en el seguimiento obtenido, una pluralidad de demandas correspondientes a un único perfil de tipo de demanda, y
- estimar el estado de salud de la batería para cada demanda identificada.

De este modo, las estimaciones del estado de la batería son reproducibles y directamente comparables entre sí.

- 20 Un sistema de almacenamiento eléctrico que se carga automáticamente en las horas valle permite obtener de forma natural, durante el uso normal del sistema, las demandas de carga correspondientes al mismo perfil típico.

- 25 Las demandas de carga de un sistema de almacenamiento eléctrico que se carga preferentemente mediante energía recogida por un panel solar pueden variar en función de la cantidad de luz solar. Las demandas correspondientes a un perfil típico pueden activarse según sea necesario de forma repetida o periódica para garantizar una estimación repetida o periódica del estado de salud de la batería.

En un modo de realización, el intervalo de tiempo es de entre un mes y un año.

- 30 Un intervalo de un mes proporciona una cantidad suficientemente grande de estados estimados de salud de la batería para determinar, con una precisión estadística aceptable, el envejecimiento de la batería.

No obstante, dicha determinación requiere:

- 35 - ignorar la variabilidad de los parámetros externos que influyen en el envejecimiento de la batería, como la variación de temperatura según las estaciones, o
- introducir una corrección de la estimación del envejecimiento en función de estos parámetros externos que pueden, por ejemplo, registrarse por separado o predecirse.

- 40 Un intervalo de un año es ideal para estimar el envejecimiento de una batería dada la variabilidad de estas condiciones externas.

En la realización propuesta, la alternancia de una demanda de carga y una demanda de descarga formando un ciclo:

- 45 - cada estado de salud estimado durante una demanda está asociado a un número de ciclos realizados, durante el intervalo de tiempo, antes de dicha demanda, y
- determinar, basándose en estados de salud estimados, un envejecimiento de la batería comprende determinar una indicación de un número de ciclos realizados antes del intervalo de tiempo por la batería.

- 50 De este modo, es posible determinar el número de ciclos realizados por la batería desde su primer uso. En base a este número de cargas, es posible predecir, por ejemplo, la duración restante de la batería en términos de tiempo restante y/o número de ciclos restantes. Esta predicción puede, por ejemplo, permitir al usuario solicitar con antelación una nueva batería de repuesto.

- 55 En una realización:

- cada estado de salud estimado durante una demanda está asociado a una fecha de dicha demanda, y
- determinar, basándose en estados de salud estimados, un envejecimiento de la batería incluye determinar una indicación del envejecimiento calendario de la batería.

60

La determinación del envejecimiento de una batería se puede utilizar de diferentes formas.

En un modo de realización, el procedimiento además comprende:

- 65 - predecir la evolución del estado de salud de la batería en función del envejecimiento determinado.

La estimación del envejecimiento de la batería permite predecir la tasa de degradación posterior del estado de salud de la batería.

5 El grado de certeza de la predicción es particularmente alto cuando se determinan tanto el envejecimiento calendario como el envejecimiento relacionado con los ciclos.

De hecho, el envejecimiento calendario y el envejecimiento relacionado con los ciclos influyen en la posterior degradación del estado de salud de la batería a diferentes ritmos.

10 Esta predicción se puede llevar a cabo por ejemplo utilizando un modelo predictivo, por ejemplo, por extrapolación del estado de salud normalmente estimado de la batería y teniendo en cuenta el envejecimiento determinado.

En un modo de realización, el procedimiento además comprende:

15 - modificar un parámetro de funcionamiento de la batería en función del envejecimiento determinado.

Por ejemplo, puede planificarse elegir un modo de funcionamiento del sistema de almacenamiento de energía entre varios modos de funcionamiento posibles, basándose en el envejecimiento de la batería o una predicción del estado posterior de la batería.

20 De hecho, si la vida restante prevista de la batería es suficientemente larga o si el envejecimiento de la batería está por debajo de un cierto umbral, se puede planificar aumentar la diferencia entre el límite superior del estado de carga y el límite inferior del estado de carga que forma la ventana de ciclos.

25 Aumentar el tamaño de la ventana de ciclos tiene el efecto de maximizar la duración de la batería. De este modo, la batería funciona de tal manera que proporcione un rendimiento óptimo.

30 Si, por otro lado, la vida útil restante prevista de la batería es inferior a un umbral predeterminado o si el envejecimiento de la batería supera un umbral predeterminado, se puede planificar reducir la diferencia entre el límite superior del estado de carga y el límite inferior del estado de carga que forma la ventana de ciclos.

Reducir el tamaño de la ventana de ciclos da como resultado una duración restante de la batería más larga de lo previsto. De este modo, cuando la batería está al final de su vida, su funcionamiento puede corresponder a un modo de funcionamiento que permita retrasar la sustitución.

35 En un modo de realización, el procedimiento además comprende:

- determinar la necesidad de reemplazar la batería en función del envejecimiento determinado.

40 De hecho, se puede utilizar la predicción del envejecimiento o del estado de la batería para estimar el tiempo restante antes de la sustitución de la batería o la cantidad de ciclos restantes antes de la sustitución de la batería. Dichas estimaciones pueden dar lugar a una alerta para el usuario o el proveedor del sistema de almacenamiento y pueden, por ejemplo, hacer que se pida, posiblemente de forma automática, una batería de repuesto.

45 Descripción de las figuras

Otras características, detalles y ventajas aparecerán al leer la descripción detallada a continuación y al analizar los dibujos adjuntos, en donde:

50 Fig. 1

La [Fig. 1] ilustra esquemáticamente la estructura de un circuito de procesamiento, en una realización ilustrativa, para la implementación del procedimiento propuesto.

Fig. 2

55 La [Fig. 2] es un diagrama de flujo de un algoritmo general de un programa de ordenador, en una realización ilustrativa, para la implementación del procedimiento propuesto.

Fig. 3

La [Fig. 3] es un ejemplo de seguimiento del estado de carga de una batería durante un intervalo de 1000 horas, entre las 3500 y las 4500 horas de funcionamiento.

Fig. 4

60 La [Fig. 4] representa, para varias descargas de una batería, una integración de la potencia descargada durante cada descarga.

Fig. 5

La [Fig. 5] ilustra una estimación de la evolución del estado de salud de una batería durante su funcionamiento, en una realización de la invención.

65 Fig. 6

La [Fig. 6] ilustra una linealización, de acuerdo con un modelo de envejecimiento predictivo en una realización de

la invención, de la evolución del estado de salud de una batería durante su funcionamiento representado en la [Fig. 5].

Fig. 7

La [Fig. 7] ilustra el modelado predictivo de la degradación de un sistema de almacenamiento eléctrico en una realización de la invención, y la comparación de este modelado predictivo con estados de salud estimados.

Descripción detallada de la invención

Consideramos un sistema de almacenamiento eléctrico compuesto por una o más baterías. Cada batería es un elemento de almacenamiento eléctrico. Una batería en este caso puede referirse a cualquier tipo de acumulador electroquímico. Los acumuladores electroquímicos más habituales son los de iones de litio. Se pueden considerar diferentes químicas de iones de litio como NMC, LMO LFP, así como acumuladores electroquímicos sin iones de litio como baterías de electrolito sólido.

Nos referimos ahora a la [Fig. 2], que ilustra un ejemplo de un algoritmo general de un programa informático para la implementación de una realización ilustrativa del procedimiento propuesto.

La realización propuesta permite determinar y predecir el estado de salud de un sistema de almacenamiento estacionario de segunda vida compuesto por una o varias baterías de vehículos eléctricos (batería no desmontada para su reutilización) sin utilizar los datos y modelos adquiridos y utilizados durante la primera vida.

El seguimiento de los datos operativos del sistema de almacenamiento de energía se obtiene mediante el OBT SEGUIMIENTO (S10) durante ciclos parciales.

Un ejemplo de ciclo parcial es una descarga o una carga dentro de una ventana de ciclos delimitada por un límite máximo de estado de carga (por ejemplo, 80 %) y un límite mínimo de estado de carga (por ejemplo, 20 %).

El perfil de carga o descarga puede definirse de antemano o puede responder a una necesidad operativa. Durante un período representativo del nuevo uso y envejecimiento (de unos meses a un año), el sistema de almacenamiento de energía funciona normalmente, ya sea introduciendo periódicamente un perfil de tensión típico (cargando o descargando entre los terminales mínimo y máximo de manera monótona, si es posible a corriente constante y a las mismas condiciones de temperatura).

Los datos de funcionamiento incluyen un estado de carga de la batería en función del tiempo y pueden incluir una variación en función del tiempo de otras cantidades eléctricas que caracterizan una transferencia de energía eléctrica desde o hacia el sistema de almacenamiento de energía, o más particularmente desde o hacia una batería del sistema de almacenamiento de energía.

Dicha magnitud eléctrica puede ser un voltaje eléctrico, una corriente eléctrica, una potencia eléctrica, una impedancia, etc.

Para tener buena precisión, el período de adquisición puede variar. Por ejemplo, para el almacenamiento de energía solar en Francia continental, es preferible realizar la adquisición a lo largo de un año completo para integrar los efectos ligados al ciclo de las estaciones. En su defecto, hay que seleccionar un período de adquisición durante la primavera u otoño. Se pueden tomar otras disposiciones en función de la situación geográfica y el clima.

En la [Fig. 3] se muestra un ejemplo de seguimiento de los datos de funcionamiento de una batería de este tipo en forma de estado de carga en función del tiempo. El perfil es muy reproducible y resulta del llamado uso estacionario "residencial". El sistema de almacenamiento eléctrico se carga durante el día mediante paneles solares y posteriormente se descarga según la demanda. Cada carga 10 está representada por un aumento del estado de carga. Cada descarga 20 está representada por una disminución del estado de carga.

Nos referimos ahora a la [Fig. 4] que representa, para varias descargas de una batería, una integración de la potencia descargada durante cada descarga. Esta integración se realiza a partir del seguimiento del estado de carga obtenido en función del tiempo representado en la [Fig. 3].

La integración de energía durante las descargas (o cargas) permite, para cada demanda, determinar la energía intercambiada durante dicha demanda. Alternativamente, es posible integrar la corriente durante cada carga o descarga, lo que permite determinar la capacidad intercambiada para cada ciclo.

De manera general, integrar la potencia o la corriente durante una carga o una descarga permite obtener OBT ENER / CAPA (S20) la energía o la capacidad intercambiada para cada ciclo y seguir esta evolución a lo largo de la duración de funcionamiento.

No toda la energía eléctrica contenida en cada batería se utiliza durante cada carga o descarga parcial. Sin embargo, incluso si la demanda es solo parcial, toda la batería envejece. Las energías y capacidades obtenidas se pueden

corregir, por ejemplo mediante la aplicación de una ley de proporcionalidad, de manera que cada ciclo parcial realizado sea equivalente a una fracción de un ciclo completo.

Se puede así considerar, por ejemplo, que la energía $E(i-j)$ intercambiada durante un ciclo entre un primer estado de carga i y un segundo estado de carga j , donde i y j se expresan como porcentaje, es proporcional a $|i-j|$ (el módulo de la diferencia entre i y j).

Utilizando la misma ley de proporcionalidad anterior, es posible calcular, a partir de una capacidad intercambiada durante un ciclo parcial entre el primer estado de carga i y el segundo estado de carga j , cuál hubiera sido la capacidad que se habría intercambiado si el ciclo se hubiera realizado entre el 100 % y el 0 % del estado de carga.

La energía o capacidad intercambiada durante un ciclo parcial dado entre el primer estado de carga i y el segundo estado de carga j es máxima cuando el estado de salud (SOH) de la batería es del 100 %.

Con el transcurso del tiempo, la salud de la batería disminuye. Al repetir un ciclo parcial idéntico a lo largo del tiempo, se observa una pérdida de energía (ΔE) y una pérdida de capacidad (ΔC) intercambiada.

Para una pluralidad de ciclos parciales, sobre la base de la energía o capacidad intercambiada durante el ciclo, se estima el estado de salud SOH 40 de la batería EST SOH (S30).

Nos referimos ahora a la [Fig. 5] que representa, para varias descargas de una batería, el estado de salud SOH 40 de la batería. El estado de salud se determina en este caso en función de la energía intercambiada durante cada descarga.

El estado de salud SOH 40 se puede obtener dividiendo la energía (o capacidad) intercambiada durante un ciclo parcial por la energía (o capacidad) que se habría intercambiado durante el mismo ciclo parcial por una batería con un estado de salud del 100 %.

Alternativamente, el estado de salud SOH se obtiene de la energía (o capacidad) intercambiada durante un ciclo parcial:

- determinando la energía (o capacidad) que se habría intercambiado si el ciclo hubiera sido completo, es decir, realizado entre el 100 % y el 0 % del estado de carga, y
- dividiendo la energía (o capacidad) así determinada por la energía (o capacidad) nominal intercambiada por una batería que tiene un estado de salud del 100 % durante un ciclo realizado entre el 100 % y el 0 % de estado de carga.

La energía y la capacidad nominales suelen ser conocidas y proporcionadas por el fabricante de la batería.

Los estados de salud estimados a lo largo del tiempo para una pluralidad de demandas de la batería se almacenan y, en función de los estados de salud almacenados, se determina el envejecimiento de la batería DET ENV (S40).

Existen numerosos modelos para describir y predecir el envejecimiento.

En la realización presentada, el modelo utilizado es un modelo de tipo de fatiga conocido. Esto relaciona las demandas soportadas por las baterías (temperatura, corriente, estado de carga) con los daños causados por estas demandas que se añaden con el tiempo de uso.

Este modelo predictivo de envejecimiento permite tener en cuenta todas las nuevas condiciones de uso de la batería de segunda vida.

Este modelo considera que las pérdidas de energía (ΔE) relacionadas con el envejecimiento calendario y con el envejecimiento debido al ciclo son acumulativas según la expresión $\Delta E = k_{\text{ciclo}} * t + k_{\text{calendario}} * \sqrt{t}$. La ecuación del modelo se puede resolver mediante la linealización de los datos considerando una recta que tiene como ecuación $\Delta E/\sqrt{t} = k_{\text{ciclo}} * \sqrt{t} + k_{\text{calendario}}$.

Como muestra la Figura 6, los parámetros se deducen entonces gráficamente mediante una representación gráfica de $\Delta E/\sqrt{t}$ en función de $\sqrt{t}$, superpuesto a los valores calculados de $\Delta E/\sqrt{t}$ donde:

- a es el valor de la pendiente, igual a k_{ciclo} , y
- b es el valor de la ordenada en el origen, igual a $k_{\text{calendario}}$.

De este modo, el modelo permite desacoplar la influencia del envejecimiento debido al ciclo y al envejecimiento calendario sobre el estado de salud de la batería.

Es posible, a partir del envejecimiento determinado, predecir PREV SOH (S50) la evolución del estado de salud de la

batería.

5 En la [Fig. 7], las previsiones 61 de la evolución en el estado de salud de una batería en función del tiempo en un intervalo de 30.000 horas están representadas con líneas de puntos, superpuestos con 60 mediciones del estado de la batería durante un intervalo de 5000 horas.

10 De este modo, basándose en los servicios prestados por un sistema de almacenamiento eléctrico compuesto por una o varias baterías, es posible seguir y predecir la evolución del estado de salud del sistema de almacenamiento sin conocer el historial de la primera vida de las baterías.

15 Disponer tanto de una indicación del envejecimiento debido al ciclo como de una indicación del envejecimiento calendario permite predecir con mayor precisión la evolución del estado de salud de la batería según las partes respectivas del envejecimiento calendario y del envejecimiento debido al ciclo, tanto durante el uso o usos anteriores de la batería como durante su uso futuro previsto.

A partir de la evolución esperada del estado de salud de la batería, es posible entonces redefinir MOD PARAM (S60) los parámetros de funcionamiento para optimizar los servicios prestados por la batería así como su vida útil, por ejemplo en función de la garantía adjunta al sistema.

20 También es posible planificar el mantenimiento necesario del sistema y, en particular, indicar a INDIC REMPL (S70) la necesidad de reemplazar la batería. Ser capaz de proporcionar dicha indicación es una fuerza impulsora para el desarrollo comercial de la reutilización de baterías de vehículos eléctricos en una segunda vida.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar el envejecimiento de al menos una batería utilizada en un sistema de almacenamiento eléctrico y que tiene un estado de carga variable dentro de una ventana de ciclos que forma parte de un rango operativo nominal, el procedimiento que comprende, para la o cada batería:
 - obtener (S10), desde un momento de uso de la batería, un seguimiento de una cantidad relativa a la batería en función del tiempo durante un intervalo de tiempo que comienza en dicho instante, el seguimiento que comprende una alternancia de demandas de carga (10) y de descarga (20) dentro de la ventana de ciclos,
 - para una pluralidad de demandas durante el intervalo de tiempo, obtener (S20) un valor de una cantidad eléctrica indicativa de una energía (30) intercambiada por la batería durante dicha demanda y estimar (S30) un estado de salud (40) de la batería durante dicha demanda basándose en dicho valor, y
 - determinar (S40), basándose en estados de salud estimados, un envejecimiento de la batería,
- 15 **caracterizado porque:**
 - la cantidad relativa a la batería es un estado de carga de la batería, y
- la alternancia de una demanda de carga y una demanda de descarga formando un ciclo:
 - cada estado de salud estimado durante una demanda está asociado a un número de ciclos realizados, durante el intervalo de tiempo, antes de dicha demanda, y
 - la determinación, basándose en estados de salud estimados, de un envejecimiento de la batería comprende determinar una indicación de un número de ciclos realizados antes del intervalo de tiempo por la batería.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde:
 - cada estado de salud estimado durante una demanda está asociado a una fecha de dicha demanda, y
 - la determinación, basándose en estados de salud estimados, del envejecimiento de la batería incluye determinar una indicación del envejecimiento calendario de la batería.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la batería ha sido utilizada previamente montada en un vehículo eléctrico.
- 35 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende:
 - predecir (S50) la evolución del estado de salud de la batería en función del envejecimiento determinado.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende:
 - modificar (S60) un parámetro de funcionamiento de la batería en función del envejecimiento determinado.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende:
 - determinar (S70) la necesidad de reemplazar la batería en función del envejecimiento determinado.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el intervalo de tiempo es de entre un mes y un año.
- 50 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde estimar (S30) los estados de salud incluye:
 - identificar, en el seguimiento obtenido, una pluralidad de demandas correspondientes a un único perfil de tipo de demanda, y
 - estimar el estado de salud de la batería para cada demanda identificada.
- 55 9. Programa informático que incluye unas instrucciones para la implementación del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8 cuando este programa se ejecuta por un procesador.
- 60 10. Medio de grabación no volátil legible por un ordenador en el que está cargado un programa para implementar el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8 cuando este programa es ejecutado por un procesador.
11. Un circuito de procesamiento que comprende un procesador (100) conectado a un medio de grabación no volátil (200) según la reivindicación 10.

[Fig. 1]

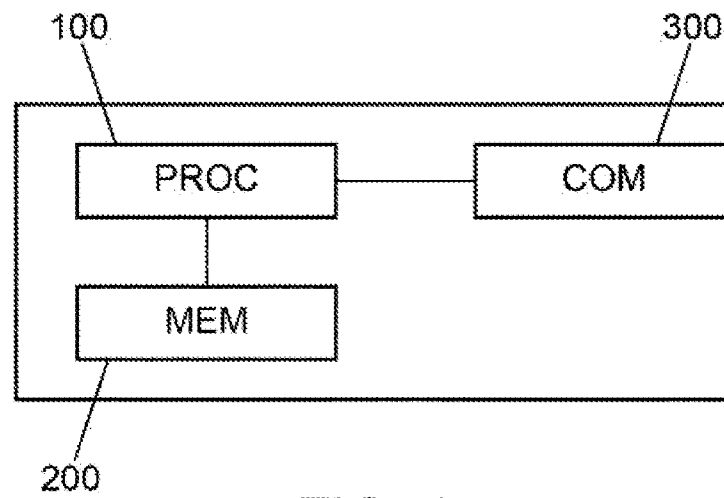


FIG. 1

[Fig. 2]

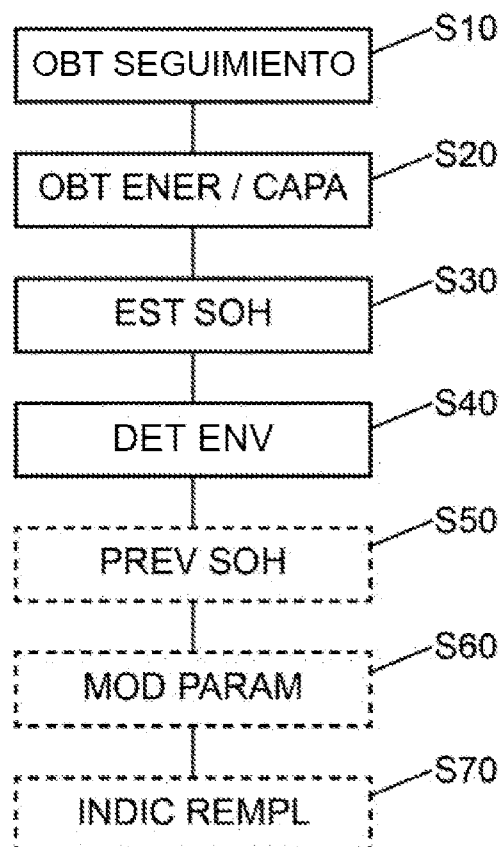


FIG. 2

[Fig. 3]

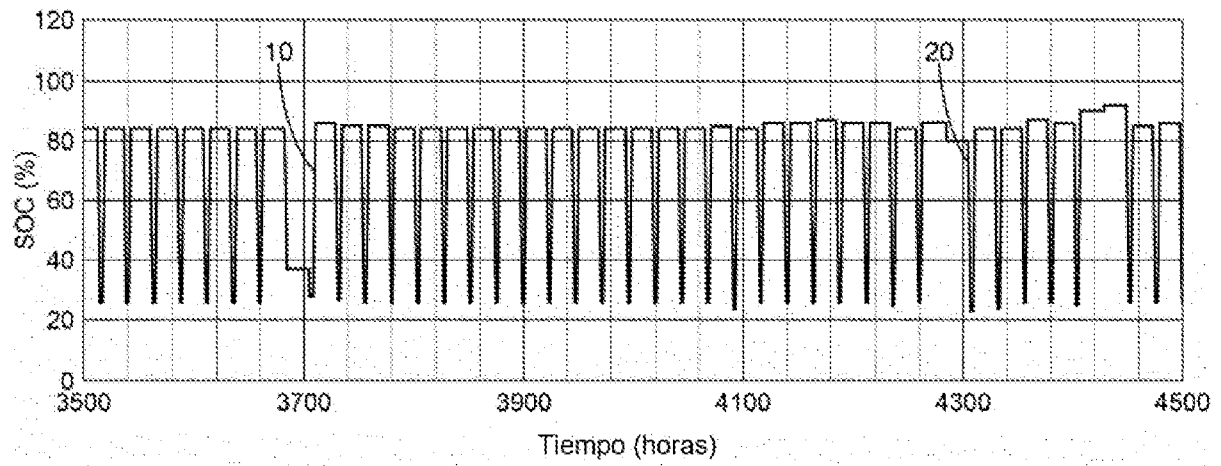


FIG. 3

[Fig. 4]

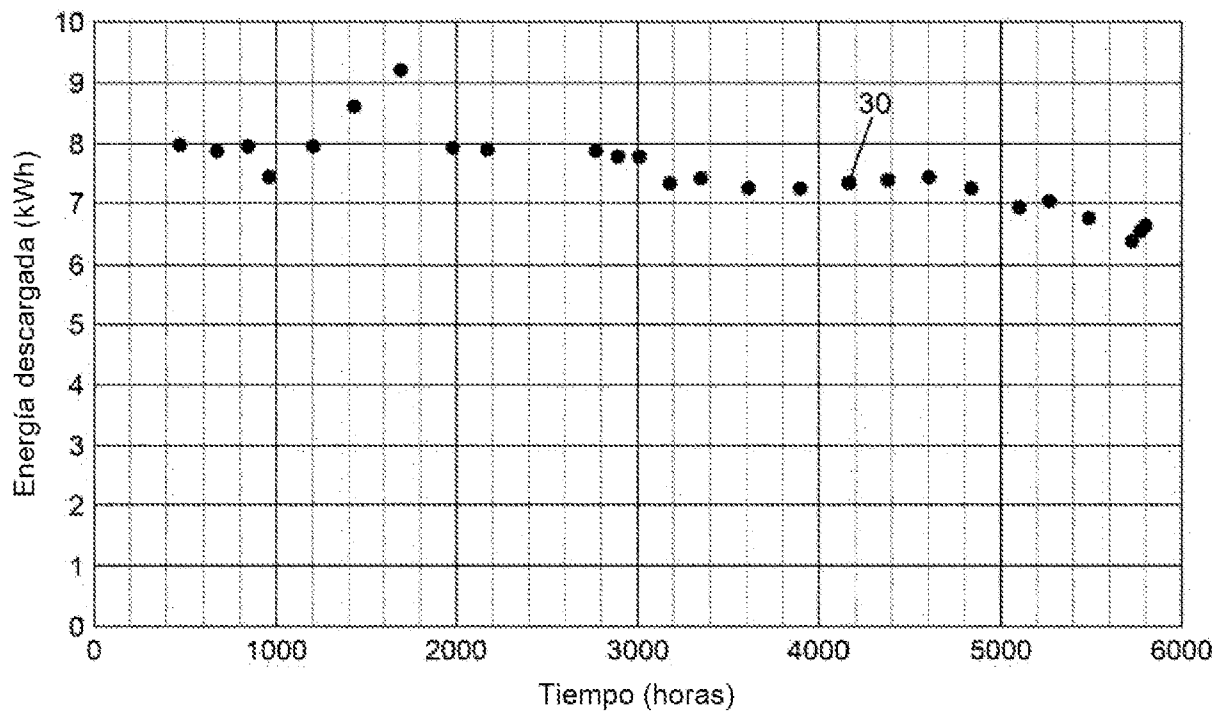


FIG. 4

[Fig. 5]

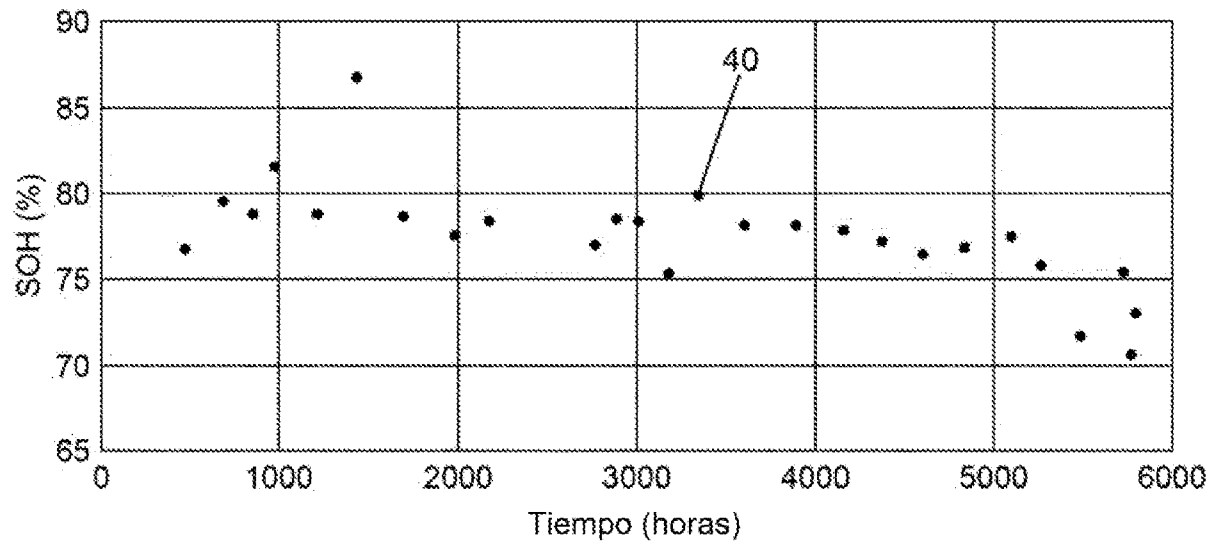


FIG. 5

[Fig. 6]

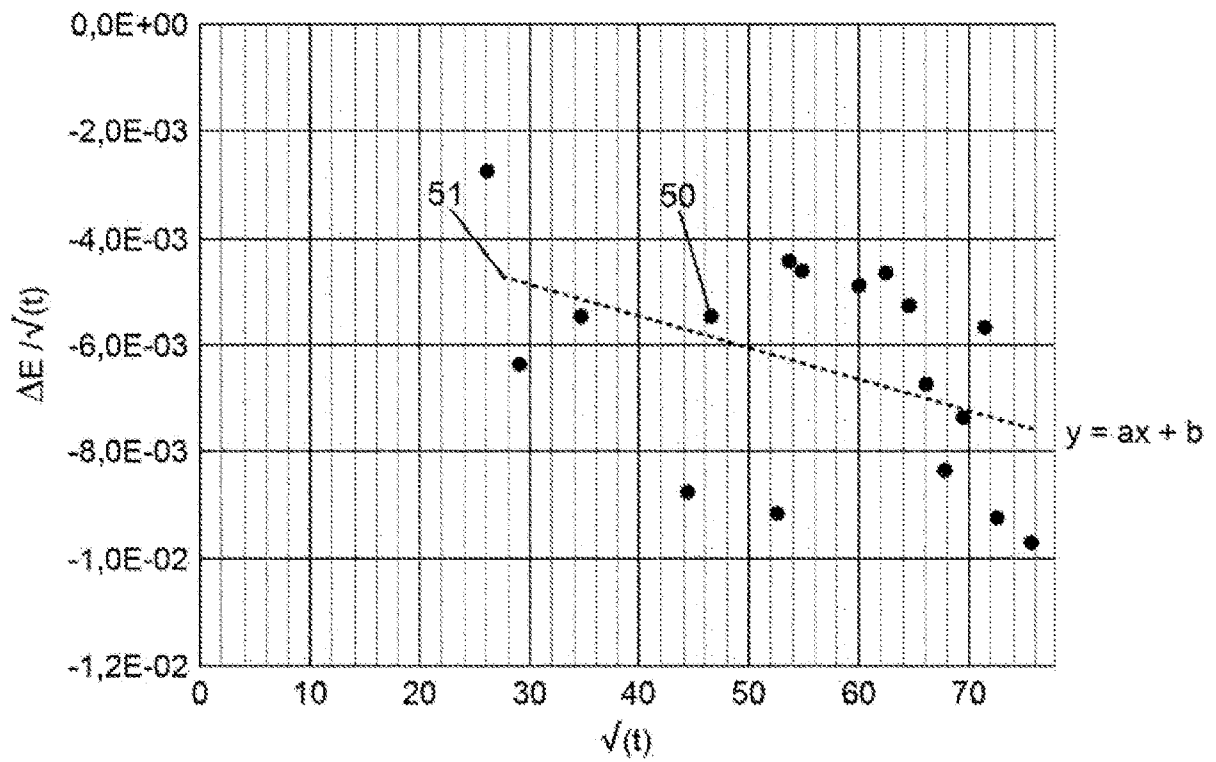


FIG. 6

[Fig. 7]

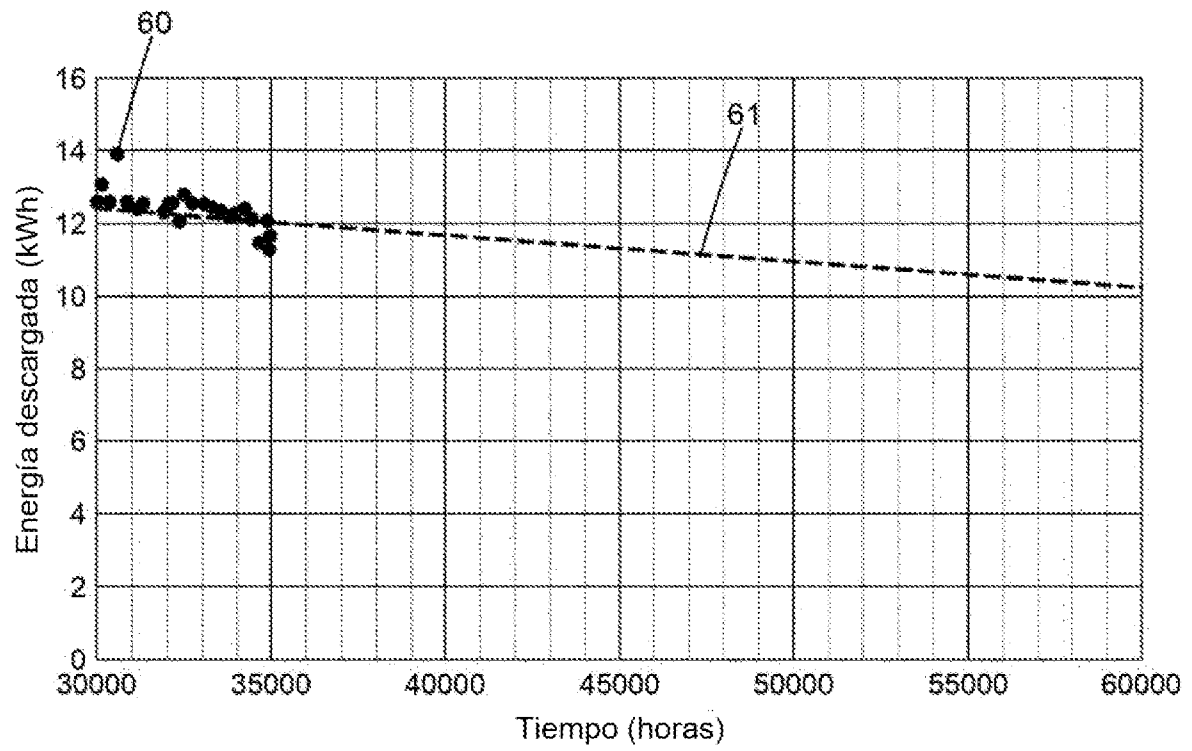


FIG. 7