

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 023 170**

51 Int. Cl.:

G01R 31/396 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2020** E 20215754 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.04.2025** EP 4016098

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la determinación de estado en línea robusta de grandes sistemas de almacenamiento de batería**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.05.2025

73 Titular/es:

**HOPPECKE SYSTEMTECHNIK GMBH (100.00%)
Dr.-Sinsteden-Straße 8
08056 Zwickau, DE**

72 Inventor/es:

**PETERSOHN, RONNY;
SCHELTER, MATTHIAS y
HERRMANN, MATTHIAS**

74 Agente/Representante:

ABRIL ABOGADOS, S.L.P.

ES 3 023 170 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 y dispositivo para la determinación de estado en línea robusta de grandes sistemas de almacenamiento de batería

5

La invención se refiere a un procedimiento para la determinación de estado en línea robusta mediante la determinación de varias magnitudes de estado de grandes sistemas de almacenamiento de batería de acuerdo con la reivindicación 1, así como a un dispositivo para llevar a cabo dicho procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5.

10

Las baterías de iones litio (baterías de iones Li) son almacenes altamente eficientes de energía electroquímica que desempeñan un papel fundamental en los ámbitos de la electrónica de consumo, la movilidad, la logística y el almacenamiento estacionario debido a sus propiedades positivas. La utilización de una batería de iones litio tiene lugar por regla general en una denominada ventana operativa. Esta ventana operativa de corriente, tensión y temperatura está restringida hasta el punto de que salir de la ventana operativa segura puede asociarse a riesgos de seguridad como incendios, explosiones y/o liberación de gases tóxicos. A diferencia de las celdas de batería a base de plomo-ácido o de níquel, no es posible evitar o recombinar los productos de reacción resultantes según el estado de la técnica actual. Por lo tanto, es absolutamente esencial una supervisión estable, fiable y de alta resolución del estado de cada una de las celdas del sistema de batería de iones litio. La tasa de envejecimiento también viene determinada por el cumplimiento de la ventana de funcionamiento restringida.

20

Para almacenar grandes cantidades de energía en las baterías de iones litio, muchas celdas individuales se conectan en varios circuitos en paralelo y/o en serie para formar grandes sistemas de baterías parcialmente distribuidos. Esto está relacionado con una amplia distribución de los estados de las celdas individuales contenidas en la interconexión. El reto consiste en registrar de forma fiable el estado de la batería de cada celda para garantizar la seguridad global. Las magnitudes de estado más importantes son el estado de carga y el estado de envejecimiento.

25

Las baterías utilizadas en el sector de la automoción y la tracción industrial, así como en aplicaciones estacionarias, plantean retos particulares. Se caracteriza por perfiles de carga con carga indefinida, como la recuperación de la energía de frenado (recuperación), la carga de oportunidad, el funcionamiento con almacenamiento híbrido o el funcionamiento en estados de carga medios en el rango estacionario. En consecuencia, tanto las condiciones de carga como las de descarga para tales perfiles de carga no pueden definirse específicamente y, por lo general, también son impredecibles. Las cargas definidas en los cargadores pueden realizarse en ciclos más largos o nunca. Por consiguiente, los algoritmos de detección de estado tienen que ser lo suficientemente variables como para funcionar de forma robusta en una amplia gama de perfiles de carga.

30

Se han establecido varios procedimientos de estimación para determinar los estados de carga. Pueden dividirse en las categorías de métodos de medición directa, métodos de medición basados en modelos y métodos de medición basados en datos, y cada categoría contiene una variedad de métodos de medición. Cada uno de estos métodos de medición presenta a su vez una serie de ventajas e inconvenientes.

35

Para grandes sistemas de batería distribuidos, los métodos basados en datos se asocian a un inmenso esfuerzo de cálculo que solo puede realizarse en unidades de cálculo subcontratadas basadas en servidores. En la práctica, los métodos de medición directa o los basados en modelos se utilizan principalmente en el sistema de gestión de baterías. Cada método individual alberga errores que no son constantes en el tiempo, por lo que el estado de detección de la carga está sujeto a una imprecisión variable.

40

El documento EP 3 056 917 B1 divulga un procedimiento y un dispositivo para estimar el estado de una batería, el documento EP 2 107 385 B1 muestra un dispositivo para estimar el estado de una batería y por el documento EP 3 136 118 B1 se conoce un dispositivo y un procedimiento para determinar una tensión de una batería. El documento EP 1 562 048 B1 divulga un procedimiento de cálculo de la capacitancia de una batería, un dispositivo de cálculo de la capacitancia de una batería y un programa de cálculo de la capacitancia de una batería, mientras que el documento EP 2 502 086 B1 divulga un procedimiento y un dispositivo para la medición de la corriente de una batería con compensación de errores.

45

50

El inconveniente de todos los documentos mencionados es que únicamente se utiliza un procedimiento de estimación para cada magnitud de estado que va a determinarse. Los procedimientos de estimación individuales solo proporcionan estimaciones suficientemente precisas en determinadas ventanas operativas. Se ha observado que cuando se utiliza un solo procedimiento de estimación, a menudo no es posible determinar con fiabilidad y precisión la condición de perfiles de carga y/o temperatura indefinidos.

55

En la publicación US 9 960 625 B2, se propone un procedimiento secuencial para reducir la imprecisión resultante, mediante el cual se determinan sucesivamente varios parámetros de batería por medio de varios métodos. El procedimiento es el siguiente: Un parámetro A se estima mediante un primer modelo 1. El parámetro determinado de este modo sirve como magnitud de entrada para otros modelos posteriores 2...n con el fin de estimar otros

60

parámetros B...Z.

La desventaja de este último procedimiento es que el error permanece desconocido durante el uso, por lo que no puede garantizarse una verosimilitud y fiabilidad suficientes. Los documentos US 2017/225584 A1, EP 3 663 780 A1, DE 10 2012 207817 A1 y EP 3 564 693 A1 divulgan otros ejemplos del estado de la técnica de enfoques para determinar el estado de carga y el estado de envejecimiento de las baterías.

Por otro lado, la invención se basa en el objetivo de crear un procedimiento y un dispositivo que garanticen que estimaciones de carga de sistemas de batería con una fiabilidad suficiente.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación de patente 1 y con un dispositivo con las características de la reivindicación de patente 5.

Otras configuraciones ventajosas de la invención se describen en las reivindicaciones de patente dependientes.

Las desventajas derivadas del estado de la técnica se superan utilizando varios procedimientos de estimación en paralelo en un sistema de gestión de baterías de nivel superior.

Se utilizan varios procedimientos de estimación para cada magnitud de estado que va a determinarse. Estos procedimientos de estimación múltiple se aplican en paralelo, por lo que tanto los procedimientos de estimación múltiple por magnitud de estado se ejecutan en paralelo como los procedimientos de estimación adicional para las demás magnitudes de estado se ejecutan en paralelo.

Todos los procedimientos de estimación se utilizan en paralelo para cada una de las celdas del sistema de batería.

Tras una primera determinación de magnitudes de estado inicial mediante uno o varios de los procedimientos de estimación para una y/o varias de las magnitudes de estado, la o las magnitud(es) de estado averiguada(s) a partir de la(s) misma(s) se utiliza(n) como base para los procedimientos de estimación posteriores sobre la base de una selección basada en errores. El procedimiento se emplea cíclicamente, es decir, los procedimientos de estimación se llevan a cabo repetidamente en paralelo, en donde en cada caso una magnitud de estado averiguada en la ejecución de procedimiento anterior se utiliza como base para la siguiente ejecución de procedimiento posterior.

Se prefiere especialmente cuando las magnitudes de estado están compuestas por al menos una, preferentemente varias y/o la totalidad de la siguiente enumeración: Un estado de carga del sistema de batería que, al igual que los estados mencionados a continuación, también puede determinarse para subgrupos a nivel de celda de batería o de grupo de celdas formado por varias celdas de batería. El estado de carga también se denomina "State of Charge" (SoC). Un estado de envejecimiento, también conocido como "State of Health" (SoH), un estado de seguridad, conocido como "State of Safety" (SoS), un estado de usabilidad, "State of Function" (SoF), un estado de distribución de carga, también conocido como "State of Balance" (SoB), y una temperatura interna de la celda, donde la temperatura interna de la celda está relacionada con la temperatura dentro de una celda de batería.

Para la magnitud de estado de carga se utilizan procedimientos de estimación continuos y discontinuos. El primero puede calcular una nueva magnitud de estado, incluidos los errores, casi en tiempo real en cada ciclo de cálculo de alta resolución sin ninguna condición previa; Ejemplos de la magnitud de estado de carga son el recuento de Coulomb, todas las formas del filtro de Kalman y los procedimientos de estimación basados en datos. En cambio, los procedimientos discontinuos están vinculados a condiciones previas y, por tanto, no siempre están disponibles; Ejemplos de la magnitud de estado de carga son medición de tensión en circuito abierto, análisis de capacidad incremental (ICA) así como salto de carga.

En cada ciclo de cálculo, los errores averiguados deciden individualmente cuál de los valores de una magnitud de estado determinados en paralelo por medio de varios procedimientos de estimación resulta más favorecido para la determinación de estado de la celda de batería respectiva o de la interconexión de celdas respectiva.

La potencia de cálculo necesaria se adapta a los procedimientos de estimación utilizados, los requisitos de frecuencia de ciclo y la precisión requerida.

Un dispositivo de acuerdo con la invención para llevar a cabo un procedimiento como el descrito anteriormente presenta una pluralidad de sensores de temperatura y una pluralidad de sensores de tensión. Cada uno de ellos está en conexión operativa con las celdas de batería en el sistema de batería, con un sensor de temperatura y un sensor de voltaje conectados a cada celda de batería. En otras palabras, el dispositivo de acuerdo con la invención presenta tantos sensores de temperatura como sensores de tensión y celdas de batería. Esto significa que tanto la temperatura como la tensión de cada celda de batería en el sistema de batería se pueden registrar a través de los sensores, lo que permite una densidad máxima de datos, lo que a su vez permite un alto nivel de precisión para al menos una parte de las magnitudes de estado que se van a averiguar.

Adicionalmente está previsto un dispositivo de medición de corriente en una interconexión de celdas que está

formada por una pluralidad de celdas de batería.

Cuando se averiguan datos mediante una pluralidad de sensores, resulta ventajoso prever varias unidades de cálculo que estén dispuestas de forma centralizada o descentralizada. Estas están diseñadas para controlar el procedimiento de acuerdo con la invención y para procesar los datos registrados por los sensores. Ventajosamente, las unidades de cálculo están diseñadas para procesar los datos resultantes casi en tiempo real.

Además de los datos de sensor, las unidades de cálculo también registran los errores en los que se basan los datos. Asimismo, las unidades de cálculo están diseñadas para comparar los datos resultantes entre sí y/o con datos depositados en una base de datos y para efectuar una evaluación de los datos averiguados. La unidad de cálculo también presenta una interfaz que permite transmitir los datos procesados y evaluados.

A las unidades de cálculo está asociada una unidad de cálculo maestra de nivel superior. Esta está diseñada para recibir los datos transmitidos por las unidades de cálculo, agruparlos de una manera predeterminada y transmitirlos a un sistema de gestión de baterías de nivel superior. Al dividir el sistema en una unidad de cálculo maestra y varias unidades de cálculo secundarias, también conocidas como unidades de cálculo esclavas, se puede optimizar la potencia de cálculo necesaria para los procesos en cuestión. De este modo puede conseguirse un procesamiento especialmente rápido y eficiente de los datos averiguados.

Por motivos de precisión de medición, es aconsejable que los sensores de tensión estén diseñados con una precisión de medición de 0,5 a 2 mV, preferentemente de 1 a 1,5 mV, en particular de 1,2 mV. La resolución de los sensores de tensión es de 0,05 a 0,2 mV, de manera especialmente preferente de 0,1 mV.

Por motivos de precisión de medición, es aconsejable que los sensores de temperatura estén diseñados con una precisión de medición de 0,5 a 2 K, preferentemente de 0,8 a 1,5 K, en particular 1,2 K. La resolución de los sensores de temperatura es de 0,05 a 0,2 K, de manera especialmente preferente de 0,1 K.

Por razones de precisión de medición, es aconsejable que el dispositivo de medición de corriente esté diseñado con una precisión de medición de <1,5 A, preferentemente <1 A. La resolución del dispositivo de medición de corriente es de 0,5 a 2 mA, de manera especialmente preferente de 0,8 a 1,5 mA, en particular de 1 mA.

En un ejemplo de realización especialmente preferido, el dispositivo está separados del sistema de batería a través de sistemas de bus redundantes, desacoplados galvánicamente. La alimentación de corriente del dispositivo es independiente del sistema de batería y, preferentemente tiene lugar a través de un sistema de nivel superior al sistema de batería en el que puede integrarse el sistema de batería.

En las figuras se representa un ejemplo de realización de la invención.

Muestran

la figura 1 un diagrama de flujo de la secuencia principal de un ciclo de procedimiento en el ejemplo de la magnitud de estado estado de carga (SoC),

la figura 2 un diagrama de flujo esquemático para evaluar un procedimiento de estimación en el ejemplo de la magnitud de estado estado de carga (SoC),

la figura 3 tres diagramas relacionados de la secuencia temporal para determinar el estado de carga (SoC) y

la figura 4 ofrece una visión general de las magnitudes de estado y los procedimientos de estimación aplicables en cada caso.

La figura 1 muestra un diagrama de flujo de la secuencia principal de un ciclo de procedimiento en el ejemplo de la magnitud de estado estado de carga (SoC). Este ciclo de procedimiento puede aplicarse igualmente a las magnitudes de estado estado de envejecimiento (SoH), estado de seguridad (SoS), estado de usabilidad (SoF), distribución de estado de carga (SoB) y temperatura interna de celda. Los datos de medición ya están disponibles en un ciclo de medición actual, que se utiliza como base para la posterior determinación de las magnitudes de estado en la primera etapa S1. En una etapa posterior S2, se emplean varios algoritmos 1 a n para determinar el SoC, que en cada caso emiten como resultado una magnitud de estado y un error que está asociado a esta magnitud de estado, S3. En una cuarta etapa S4, se selecciona el SoC con el error más bajo a partir de esta pluralidad de magnitudes de estado y errores. En la siguiente etapa S5, se determinan a partir de esta selección un SoC actual y un error actual mediante una evaluación, que se utilizan como base para el siguiente ciclo. La selección tiene lugar a partir de una función basada en el SoC y el error de las etapas S1 y S4.

Esta evaluación se ilustra en el diagrama de flujo de la Figura 2. El SoC seleccionado en S4 y el error correspondiente se establecen en relación con el SoC y el error correspondiente del ciclo precedente en la etapa S6. Cuando el SoC seleccionado y el SoC del ciclo anterior son diferentes, esta diferencia se cuenta como un salto.

Los saltos en el SoC se evalúan en función de su tamaño. En caso de un salto inverosímilmente grande, las magnitudes de estado, en este caso el SoC, se ponderan de acuerdo con la siguiente fórmula 1 antes y después del salto en función de sus respectivos errores determinados conjuntamente.

$$SoC_{medio} = SoC_{favorito} \cdot \frac{Error_{\text{último ciclo}}}{Error_{favorito} + Error_{\text{último ciclo}}} + SoC_{\text{último ciclo}} \cdot \frac{Error_{favorito}}{Error_{favorito} + Error_{\text{último ciclo}}}$$

$$Error_{medio} = Error_{favorito} + \frac{Error_{favorito}}{Error_{favorito} + Error_{\text{último ciclo}}} \cdot (Error_{\text{último ciclo}} - Error_{favorito})$$

Fórmula 1

En consecuencia, en la etapa siguiente S7 se pueden concebir dos opciones. O bien se aplica la fórmula anterior, o bien las diferencias entre los dos SoC y los errores correspondientes están por debajo de un umbral de tolerancia correspondiente. El resultado de S7 es entonces un nuevo SoC y un error correspondiente, que se muestra como la etapa 8 final. Estos valores se utilizan como base para el siguiente ciclo. El procedimiento se describe con más detalle a continuación mediante un ejemplo de realización concreto.

Como ejemplo de realización de la magnitud de estado estado de carga (SoC), se describen a continuación un procedimiento y un dispositivo que se emplean para la determinación de estado en un sistema de batería formado por 6 interconexiones de celdas, compuestas en cada caso por 216 celdas de batería, agrupadas en cada caso en 6 módulos por interconexión de celdas. Los procedimientos de estimación utilizados a modo de ejemplo son análisis de capacidad incremental (ICA), ajuste de tensión en circuito abierto, salto de carga y recuento de Coulomb.

El dispositivo está construido de tal manera que los valores medidos actuales para los flujos de corriente en el sistema de batería se registran en cada ciclo de procedimiento y están disponibles al inicio de un ciclo a través de la comunicación interna de la unidad de cálculo maestra. Un intervalo de ciclo suele durar entre 10 y 100 ms.

El procedimiento de recuento de Coulomb es un procedimiento de estimación continua, mientras que los otros tres se denominan procedimientos de estimación discontinua.

El procedimiento de estimación que utiliza ICA aprovecha el hecho de que se pueden cargar o retirar cantidades muy diferentes de carga de las celdas de batería dentro de una ventana operativa de tensión en diferentes rangos. Esto se debe a las diferentes reacciones de los electrodos, que tienen diferentes potenciales de electrodo estándar. La derivación matemática de las cantidades de carga cargadas/retiradas en función de la tensión de la celda de batería muestra picos para los rangos de tensión en los que se puede cargar/retirar una cantidad de carga especialmente grande. Dependiendo de la química de la celda, pueden detectarse varios de estos picos, cuya posición y amplitud dependen en parte del envejecimiento y en parte son independientes de un estado de envejecimiento en determinados estados de carga. Si se detecta un pico máximo de este tipo durante los procesos de carga y/o descarga, el estado de carga y/o el estado de envejecimiento pueden leerse directamente a partir de él. Por lo tanto, las condiciones previas para el ICA son, por un lado, un flujo de corriente correspondiente y, por otro lado, que el estado de carga cubra a este respecto exactamente el intervalo en el que se produce un pico según la química de la celda.

En el procedimiento de estimación de estado de carga por medio de ajuste de tensión en circuito abierto, la tensión de celda de batería respectiva se mide cuando un flujo de corriente cae por debajo de un determinado nivel durante un cierto periodo de tiempo. Se supone que la tensión de la celda de batería corresponde a una tensión de circuito abierto, lo cual es una suposición errónea. El factor tiempo es decisivo para la magnitud del error. Debido al comportamiento asintótico de relajación de la celda de batería a su tensión de circuito abierto, el error se hace cada vez más pequeño a medida que avanza el tiempo. La curva característica de tensión de reposo (SoC mediante tensión de reposo) se almacena en el sistema de gestión de la batería mediante una tabla de asignación, por ejemplo. Debido a la dependencia de la temperatura, se almacena para varias temperaturas y también se tiene en cuenta que esta curva característica cambia en el transcurso del envejecimiento de la celda de batería. Por ejemplo, para cada temperatura se almacena una curva característica de tensión de reposo promediada a lo largo de la vida útil habitual. De esta manera, se minimiza el error relacionado con el envejecimiento sin mantener una relación circular crítica entre la determinación de estado de carga y la determinación de estado de envejecimiento y la determinación de estado de carga.

En el procedimiento de estimación del estado de carga mediante el recuento de Coulomb, la cantidad de carga cargada/retirada se cuenta continuamente en cada ciclo del procedimiento para determinar el estado actual de capacitancia de cada celda de batería. Para este procedimiento de estimación, también deben conocerse las capacitancias totales disponibles actualmente de todas las celdas de batería en función de su estado de envejecimiento. El cociente entre el estado actual de la capacitancia y la capacitancia total disponible en ese momento corresponde al estado de carga de la celda de batería.

En el procedimiento de estimación del estado de carga por medio de salto de carga, la impedancia de cada celda de batería se determina a partir de las corrientes y tensiones de celda de batería antes y después del salto de carga tras detectar un cambio rápido en la potencia de batería suministrada/absorbida (habitualmente en torno al 50 % de la potencia total por segundo). La tensión en circuito abierto se calcula a partir de la tensión, la corriente y la impedancia.

La figura 3 muestra un ejemplo del estado de carga y su error, así como los estados de carga determinados a partir de los procedimientos de estimación descritos anteriormente y sus errores. El recuento de Coulomb (CC) se lleva a cabo de forma continua y el valor estimado del SoC se ajusta como resultado. En dos momentos, el error de otros procedimientos de estimación es menor que el del procedimiento de estimación CC ("error SoC-CC"): al principio (primer punto de medición) y después de 120 ms. En estos momentos, el SoC se actualiza de acuerdo con el procedimiento de estimación más preciso, en el que se utiliza el llamado procedimiento OCV o el procedimiento ICA anteriormente comentado. Aunque se realizaron estimaciones alternativas a la CC en otros dos momentos (salto de carga después de 60 ms y OCV después de 270 ms), el error calculado del valor estimado fue mayor en cada caso que el error determinado en paralelo utilizando la CC.

A continuación, se describen con más detalle otros procedimientos de estimación y se ilustran utilizando un ejemplo de realización de la magnitud de estado de envejecimiento (SoH). En el ejemplo de realización descrito a modo de ejemplo, se utiliza un sistema de batería compuesto por 6*216 celdas de batería.

En un procedimiento de estimación mediante determinación de capacitancia, la capacitancia total actual se determina a partir de dos determinaciones de estado de carga sucesivas, estando separadas las dos determinaciones de estado de carga por una fase intermedia consistente en carga, descarga o una combinación de ambas (normalmente): perfil de carga con recuperación) y diferenciándose en al menos un 50 % del estado de carga. El recuento de Coulomb (CC) debe llevarse a cabo durante la fase intermedia. La relación entre esta capacitancia total determinada y la capacitancia total determinada al inicio de la vida útil representa el estado de envejecimiento (SoH). El error de esta determinación del SoH resulta de la propagación gaussiana del error a partir de los errores determinados conjuntamente del SoC y del error del CC, así como de un error de capacitancia determinado al principio de la vida útil.

En el procedimiento de estimación ICA, el procedimiento de estimación ICA descrito anteriormente se utiliza para determinar el estado de salud (SoH), que utiliza el hecho de que la derivación de la capacitancia sobre el voltaje de la celda de batería tiene uno o más picos dependientes del envejecimiento dependiendo de la química de la celda de batería. Este procedimiento de estimación ya se ha descrito detalladamente más arriba, de modo que se remite a los pasajes pertinentes del texto.

Un procedimiento de estimación que utiliza la determinación de la impedancia aprovecha el hecho de que la impedancia de celda de baterías de iones litio muestra un aumento específico relacionado con el envejecimiento. En el caso más sencillo, que se da con un gran número de celdas de batería de diferentes químicas, este aumento es lineal con respecto al estado de envejecimiento (SoH). La condición de envejecimiento se determina mediante la determinación en línea de las impedancias de las celdas utilizando el salto de carga descrito en detalle anteriormente sobre la base de la curva de envejecimiento de impedancia específica, que se almacena en una tabla de asignación en el dispositivo.

El procedimiento de estimación del procedimiento de envejecimiento mediante la determinación de un aumento de espesor irreversible consiste en medir el espesor de la celda de batería y correlacionarlo con el estado de envejecimiento. Para determinar el espesor, se pueden utilizar tanto los procedimientos de medición en los que el dispositivo de medición se puede alojar dentro de los módulos de celdas de batería debido a la poca necesidad de espacio, como aquellos cuyo dispositivo se coloca fuera de los módulos de celdas y en los que la detección se lleva a cabo mediante procedimientos de medición sin contacto (ópticos, acústicos, magnéticos o electromagnéticos). La curva de crecimiento del espesor específico a lo largo del intervalo de envejecimiento admisible se proporciona en una tabla de asignación. La determinación del espesor tiene lugar en un intervalo de estado de carga definido para minimizar errores debidos al crecimiento reversible del espesor en función del estado de carga. Una vez determinado con éxito el espesor de las celdas seleccionadas o de todas las celdas de batería, se estima el estado de envejecimiento utilizando la tabla de asignación.

En el caso de las celdas de batería con una carcasa de celda flexible ("celdas de bolsa"), no tiene lugar un aumento del espesor cuando se sujetan firmemente en la carcasa de un módulo, pero la presión interna de la celda aumenta debido al envejecimiento. En este tipo de celdas de batería, la presión interna puede medirse desde el exterior. Por ejemplo, el aumento irreversible de la presión se determina utilizando sensores delgados de presión absoluta entre dos celdas de batería o entre una celda de batería y una superficie sólida adyacente a la celda de batería. De manera análoga a la determinación del espesor descrita anteriormente, el aumento de presión tiene lugar en un intervalo de estado de carga definido con el fin de minimizar los errores causados por procesos reversibles. La correlación entre la presión interna irreversible de la celda y el estado de envejecimiento también se almacena en una tabla de correlación.

Los perfiles de carga complejos se descomponen en microciclos en un procedimiento de estimación mediante un algoritmo de recuento de Rainflow. Para ello, el perfil se convierte en una secuencia de puntos de inversión clasificados según el SoC y el recuento posterior de las histéresis cerradas. Esto permite determinar el estado de carga medio así como la profundidad de descarga (DoD). Basándose en pruebas de laboratorio previas o en datos de campo, se pueden asignar daños a cada (micro)ciclo completado y totalizarlos. El daño describe la pérdida de capacitancia y/o el aumento de la impedancia. La precisión del algoritmo de recuento Rainflow depende en gran medida de la estimación del estado de carga.

De forma análoga a las magnitudes de estado descritas estado de carga y estado de envejecimiento, el estado de seguridad ("SoS"), el estado de aptitud para el uso ("SoF"), el distribución de estado de carga ("SoB"), las temperaturas internas de las celdas y sus respectivos errores se estiman utilizando diferentes procedimientos de estimación en paralelo. La figura 4 ofrece una visión general de los procedimientos de estimación aplicables. El SoF y el SoB son magnitudes de estado de nivel superior que pueden determinarse a partir de las magnitudes de estado SoC y SoH o a partir del SoC y la temperatura interna. Los métodos aplicables ya se han tratado anteriormente, por lo que una repetición en este punto parece obsoleta.

Un dispositivo de acuerdo con la invención se describe a continuación con referencia al ejemplo de realización mencionado anteriormente:

El dispositivo de acuerdo con la invención comprende una pluralidad de sensores de temperatura y de tensión en cada una de las 1296 celdas de batería instaladas en el sistema de batería, un dispositivo de medición de corriente en cada una de las seis interconexiones de celdas, así como una o varias unidades de cálculo que controlan la secuencia temporal del procedimiento de acuerdo con la invención de forma centralizada o distribuida, se encargan del registro de los datos de sensor y calculan y comparan las magnitudes de estado y sus errores y, a continuación, evalúan la variación. Para hacer frente a un esfuerzo informático comparativamente inmenso, el cálculo de las magnitudes de estado se distribuye entre subunidades (sistema maestro-esclavo). La averiguación de alta resolución temporal y la evaluación de las magnitudes de estado se llevan a cabo para cada celda de batería por una unidad de cálculo asociada a la misma. La comunicación de las magnitudes de estado averiguadas tiene lugar desde estas unidades de cálculo a una unidad de cálculo maestra central de nivel superior. Esta agrupa la información y la comunica al sistema de gestión de energía de nivel superior o a un sistema de gestión de baterías (BMS) (por ejemplo, el ordenador del vehículo para las baterías de tracción).

El BMS permite un registro sincrónico de corrientes de batería internas y tensiones de celda individual, así como su procesamiento de al menos diez puntos de datos por segundo, lo que es especialmente necesario para el algoritmo de salto de carga descrito anteriormente.

El BMS supervisa el correcto funcionamiento de las unidades de sensores y actuadores instaladas en la batería, así como el procesamiento de los datos, mediante funciones de autocontrol de las unidades de cálculo y sus periféricos, ejecución redundante de las unidades de procesamiento y comprobaciones de plausibilidad de los datos registrados en las unidades de sensores.

El BMS no está instalado en la batería de alta tensión, sino que está conectado a las subunidades a través de sistemas de bus redundantes, desacoplados galvánicamente. Al menos la unidad de cálculo principal del BMS se alimenta, por ejemplo, de un sistema eléctrico del vehículo en el que están integrados el BMS y el sistema de batería. Esto garantiza que si el sistema de batería y/o pequeños subgrupos del sistema de batería están defectuosos, el BMS sigue funcionando y puede activar los actuadores.

Debido a los algoritmos relativamente complejos, en el BMS se utilizan microcontroladores con un tamaño de memoria flash de al menos 2,5 MB y una potente arquitectura de procesador multinúcleo. A pesar del mayor rendimiento, el consumo propio del BMS en modo de espera es de un máximo de 100 pA.

Además de las funciones mencionadas, la gestión térmica se realiza a través del BMS, que incluye la detección de temperatura y el control de los actuadores.

Los llamados criptoalgoritmos se utilizan para evitar la manipulación de los algoritmos por terceros.

Se divulga un procedimiento y un dispositivo para la determinación de estado en línea robusta de grandes sistemas de almacenamiento de batería, en donde se pueden averiguar varias magnitudes de estado y sus errores por medio de varios procedimientos de estimación paralelos.

Lista de referencias

- S1 Etapa 1
- S2 Etapa 2
- S3 Etapa 3

ES 3 023 170 T3

S4	Etapa 4
S5	Etapa 5
S6	Etapa 6
S7	Etapa 7
S8	Etapa 8

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de estado cíclica de un sistema de batería que presenta una pluralidad de celdas de batería,
5 en el que, en un ciclo por celda de batería, se determina una pluralidad de magnitudes de estado diferentes aplicándose en paralelo, por magnitud de estado que se va a determinar, una pluralidad de procedimientos de estimación diferentes, en donde los procedimientos de estimación emiten la magnitud de estado respectiva y un error asociado a la magnitud de estado,
10 en el que, por magnitud de estado que se va a determinar, se escoge la magnitud de estado con el menor error de entre la pluralidad de magnitudes de estado emitidas por los procedimientos de estimación, y en el que la magnitud de estado seleccionada y el error perteneciente a esta magnitud de estado se utilizan como magnitud de estado actual y error actual como base para el siguiente ciclo de procedimiento.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que un estado de carga, un estado de envejecimiento, un estado de seguridad, un estado de usabilidad, una distribución de estado de carga y/o una temperatura interna de celda de batería representan una selección y/o una combinación de las magnitudes de estado que se van a determinar.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que como procedimientos de estimación se utilizan análisis de capacidad incremental (ICA), ajuste de tensión en circuito abierto, salto de carga o recuento de Coulomb.
4. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que un procedimiento de estimación se lleva a cabo mediante determinación de la capacitancia, mediante determinación de la impedancia, por medio de determinación de un aumento de espesor irreversible o por medio de algoritmo de recuento Rainflow.
5. Dispositivo que está configurado para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores 1 a 4, con una pluralidad de sensores de temperatura y de tensión que están conectados operativamente con las celdas de batería del sistema de batería, en donde en cada caso un sensor de temperatura y un sensor de tensión están en contacto con una celda de batería, en donde en cada caso un dispositivo de medición de corriente está previsto en una interconexión de celdas, en donde están previstas varias unidades de cálculo que están diseñadas para controlar el procedimiento y que procesan los datos registrados por los sensores, en donde las unidades de cálculo están diseñadas para averiguar, además de los datos registrados, también sus errores, para comparar los datos y los errores entre sí y para efectuar una evaluación, en donde a varias unidades de cálculo está asociada una unidad de cálculo maestra de nivel superior que está diseñada para recibir los datos registrados por las unidades de cálculo, agruparlos y transmitirlos a un sistema de gestión de baterías de nivel superior.
6. Dispositivo según la reivindicación 5, en donde los sensores de tensión están diseñados para hacerse funcionar con una precisión de medición de 0,5 a 2 mV, preferentemente de 1 a 1,5 mV, preferentemente de 1,2 mV y una resolución de 0,05 a 0,2 mV, preferentemente de 0,1 mV.
7. Dispositivo según la reivindicación 5, en donde los sensores de temperatura están diseñados para hacerse funcionar con una precisión de medición de 0,5 a 2 K, preferentemente de 0,8 a 1,5 K, en particular de 1 K y una resolución de 1/20 a 1/5 K, preferentemente de 1/10 K.
8. Dispositivo según la reivindicación 5, en donde el dispositivo de medición de corriente está diseñado para hacerse funcionar con una precisión de medición de <1,5 A, preferentemente <1 A y una resolución de 0,5 a 2 mA, preferentemente de 0,8 a 1,5 mA, preferentemente de 1 mA.
9. Dispositivo según la reivindicación 5, en donde el dispositivo está diseñado alejado del sistema de batería a través de sistemas de bus redundantes, desacoplados galvánicamente, y está conectado con una alimentación de corriente independiente del sistema de batería.

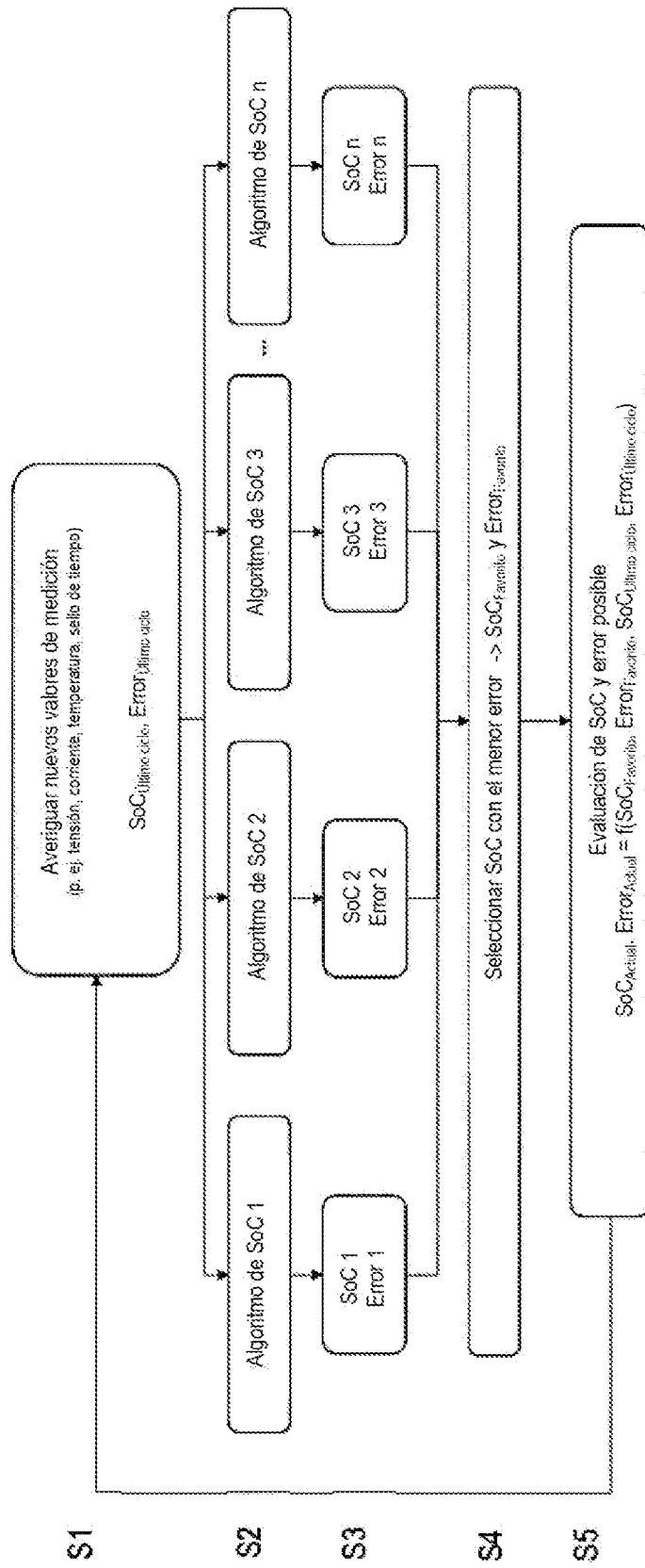


Fig. 1

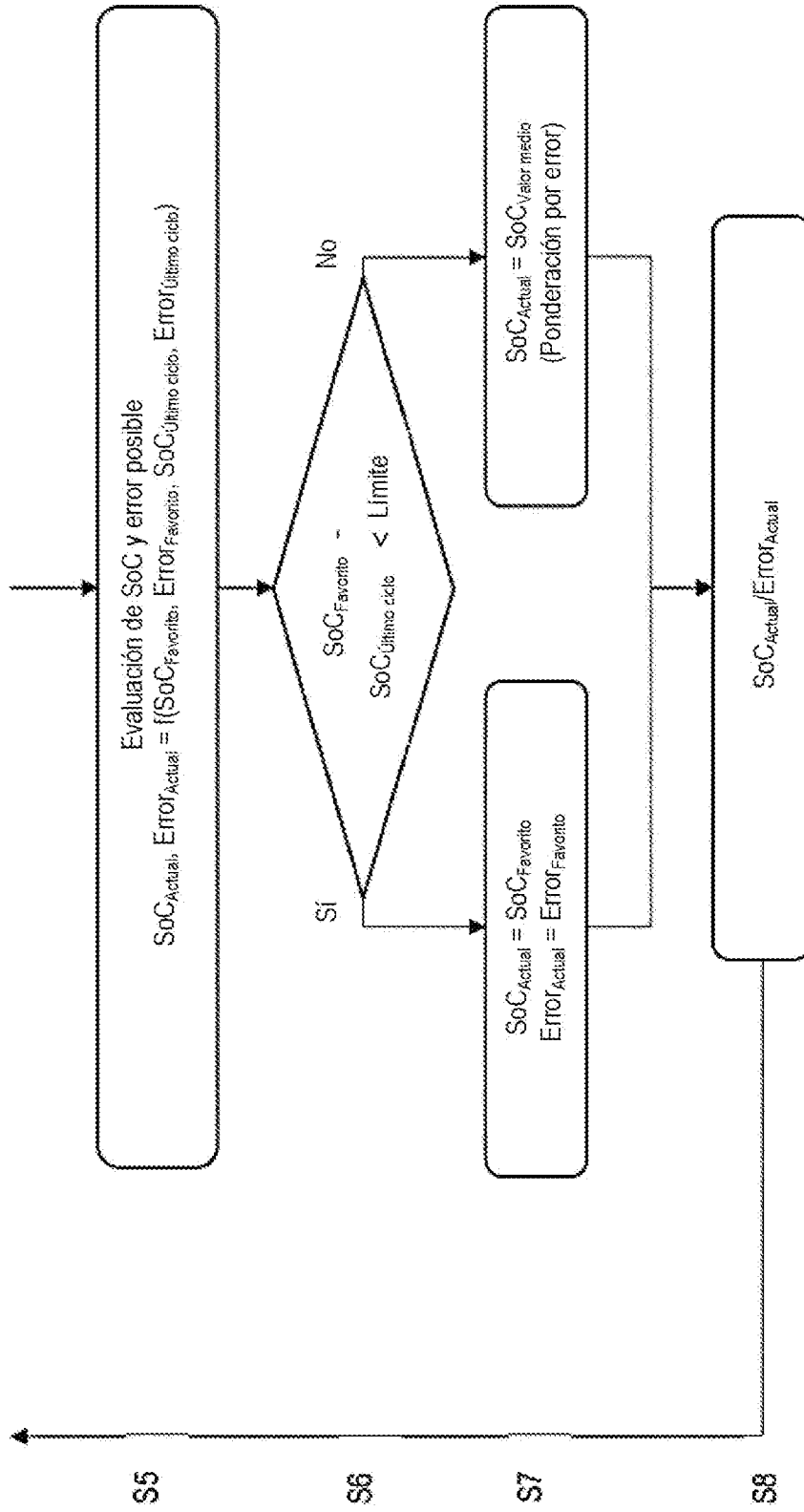


Fig. 2

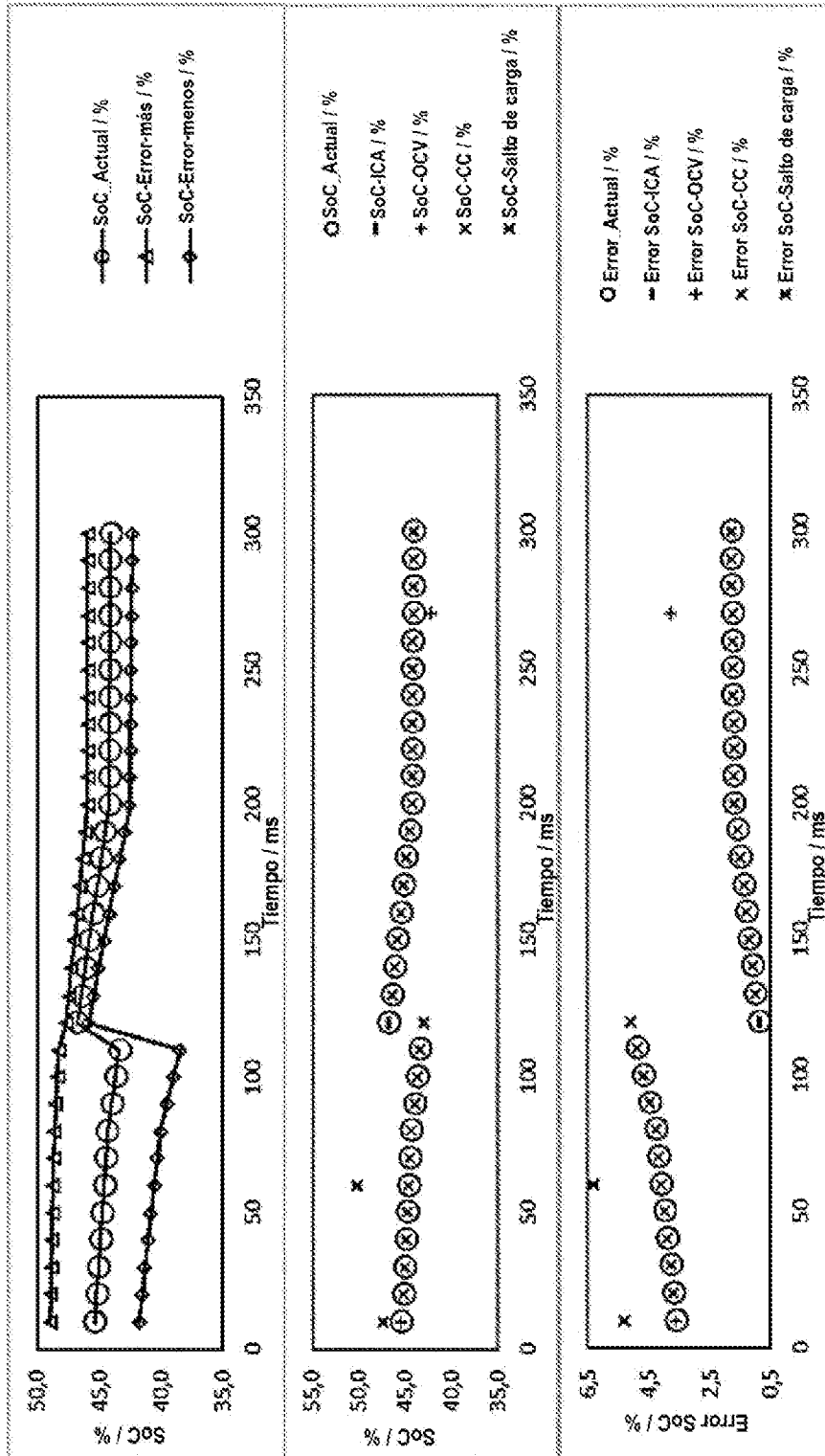


Fig. 3

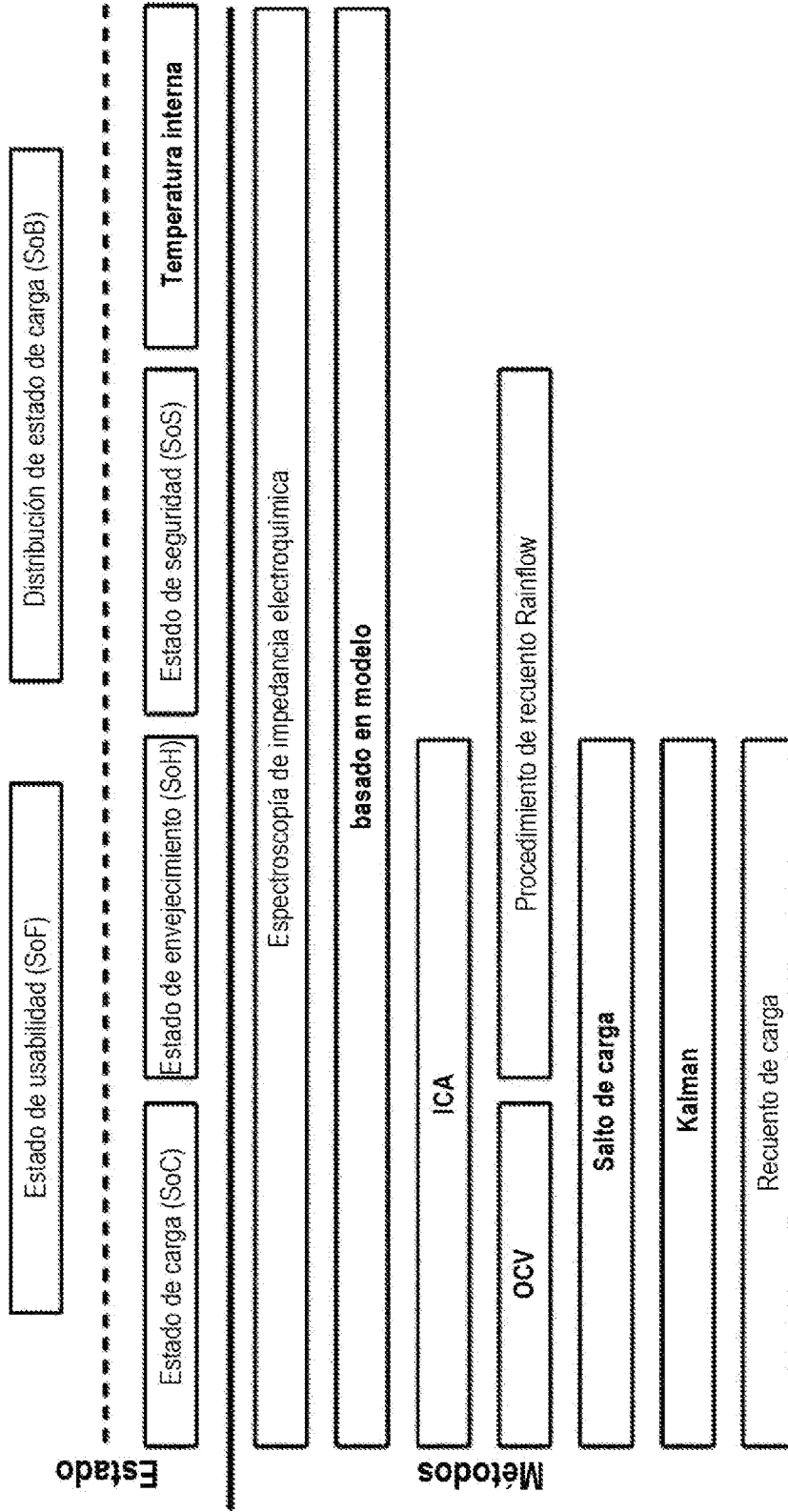


Fig. 4