

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 654**

51 Int. Cl.:

G01R 31/367 (2009.01)

G01R 31/374 (2009.01)

G01R 31/382 (2009.01)

G01R 31/392 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.08.2019 PCT/AT2019/060279**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2020 WO20041814**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2019 E 19762702 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2024 EP 3814790**

54 Título: **Método y sistema de gestión de baterías para determinar el estado de salud de una batería secundaria**

30 Prioridad:

31.08.2018 AT 507442018

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

29.01.2025

73 Titular/es:

**AVL LIST GMBH (100.00%)
Hans-List-Platz 1
8020 Graz, AT**

72 Inventor/es:

**HAMETNER, CHRISTOPH;
JAKUBEK, STEFAN y
DOHR, MARKUS**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 994 654 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

Método y sistema de gestión de baterías para determinar el estado de salud de una batería secundaria

La presente invención se refiere a un método para determinar el estado de salud de una batería secundaria, en el que se realiza una primera estimación del estado de salud con un observador y se utiliza un modelo de predicción del envejecimiento para determinar una segunda estimación del estado de salud, utilizándose la primera estimación del estado de salud o la segunda estimación del estado de salud o la vinculación de la primera y la segunda estimación del estado de salud como el estado de salud de la batería secundaria. La invención también se refiere a un sistema de gestión de baterías que determina el estado de salud y lo utiliza para controlar el funcionamiento de la batería secundaria.

Cuando se utiliza una batería secundaria (batería recargable), el estado de carga (SoC) y el estado de salud (SoH) son parámetros importantes. El estado de carga indica hasta qué punto está cargada o descargada la batería en relación con una carga máxima. El estado de salud permite determinar el estado actual o la calidad de la batería, por ejemplo, en relación con un estado nominal, y permite sacar conclusiones sobre el rendimiento o la vida útil restante. Sin embargo, no existe ningún parámetro definido para el SoH. La resistencia interna o la capacidad de la batería, o ambas, generalmente se utilizan como magnitud para el SoH, a menudo basándose en valores nominales dados de las magnitudes. Ambas magnitudes se utilizan en un sistema de gestión de baterías (BMS) para controlar el funcionamiento de la batería. Por ejemplo, el estado de carga se puede utilizar para decidir cuándo o cómo se debe cargar la batería. En función del estado de salud, posiblemente también del estado de carga, se puede seleccionar una estrategia de funcionamiento específica para prolongar la vida útil de la batería, pero también para optimizar el funcionamiento en sí. Un ejemplo típico es el BMS de un sistema de propulsión eléctrico de un vehículo eléctrico o híbrido, que supervisa y controla el funcionamiento de la batería de propulsión.

Por lo general, el SoC y/o el SoH no se pueden medir directamente o solo se pueden medir con gran dificultad. Esto se aplica especialmente a la batería en uso normal. Por lo tanto, estas magnitudes en el BMS a menudo se estiman a partir de magnitudes medidas de la batería, por ejemplo, utilizando un observador de control. En la batería se suelen medir magnitudes medibles como la corriente de carga, la tensión de salida, la temperatura, los ciclos de carga/descarga, etc. Luego, un observador las usa para determinar un valor actual del SoC y/o el SoH. Dado que el estado de salud no cambia tan rápidamente como el estado de carga, también se puede planear actualizar el SoC con más frecuencia que el SoH.

El documento WO 2014/114564 A1 describe, por ejemplo, un observador de control para estimar el estado de carga y el estado de salud de una batería secundaria. Describe cómo se puede entrenar una estructura de modelo en forma de red de modelo lineal para estimar el estado de carga. El estado de salud actual también se puede tener en cuenta al estimar el estado de carga y se puede agregar el observador para estimar también el estado de salud.

Además, ya se conoce el uso de un modelo de predicción del envejecimiento de baterías secundarias para estimar la vida útil restante. Un ejemplo se describe en el documento US 9,217,779 B2.

El documento US 2018/0143257 A1 describe un observador para estimar el estado de salud de una batería de varias maneras que están relacionadas entre sí. También describe un modelo de predicción del envejecimiento para calcular un estado de salud futuro que se utiliza para determinar el final de la vida útil de la batería.

El documento FR 3 051 916 A1 describe la vinculación de un estado de salud de un observador y un modelo de predicción de envejecimiento para determinar el estado de salud de una batería.

Los documentos US 2003/184307 A1, US 2017/288414 A1, US 2015/268309 A1 y US 2015/120225 A1 describen otros métodos conocidos para determinar el estado de salud de una batería secundaria basándose en varias estimaciones.

En principio, se utiliza un modelo de predicción del envejecimiento para estimar la evolución futura del estado de salud de la batería en función de una carga futura específica. Existen diferentes modelos de predicción del envejecimiento para distintos tipos de baterías, por ejemplo, para una batería de iones de litio (Li-ion). Un modelo de predicción del envejecimiento tiene una estructura de modelo y parámetros de modelo específicos, cuyos valores deben especificarse durante la parametrización para describir el comportamiento de la batería secundaria lo mejor posible. Sin embargo, la parametrización de un modelo de predicción del envejecimiento de este tipo para una batería secundaria específica requiere un gran esfuerzo de medición para determinar la dependencia de la degradación (envejecimiento) de la batería secundaria de una amplia variedad de magnitudes de influencia, como, por ejemplo, el número de ciclos de carga/descarga, el tiempo de funcionamiento, la temperatura, la tasa de capacidad (una medida de la velocidad de descarga), el estado de carga (o el recíproco, el llamado grado de descarga), etc., y para poder representarla con el modelo. Para la parametrización del modelo de predicción del envejecimiento sería necesario un gran número de datos de medición para poder estimar o determinar los parámetros del modelo. Además, también puede haber efectos que dificulten la parametrización, como una degradación más rápida hacia el final de la vida útil de la batería secundaria o la distinción entre degradación por carga cíclica y envejecimiento cronológico (debido al periodo de uso). Sería un esfuerzo inmenso determinar los modelos de predicción del envejecimiento para todas las diferentes baterías secundarias o celdas de baterías secundarias únicamente mediante mediciones y análisis de los datos de medición.

Por este motivo se utilizan a menudo los llamados ensayos de envejecimiento acelerado. Sin embargo, los resultados de una prueba de envejecimiento acelerado de este tipo a veces no pueden aplicarse en absoluto o no pueden aplicarse directamente al envejecimiento significativamente más lento en el funcionamiento real de la batería secundaria y, por lo tanto, solo son aplicables de forma limitada.

- 5 Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un método con el que se pueda determinar más fácilmente el estado de salud de una batería secundaria.

Este objetivo se resuelve según la invención tanto en cuanto el modelo de predicción del envejecimiento está parametrizado con la primera estimación del estado de salud. De esta manera, por un lado, se puede parametrizar un modelo de predicción del envejecimiento de la batería secundaria a partir del estado de salud estimado por un observador mientras la batería está en funcionamiento. Esto significa que ya no es necesario parametrizar previamente el modelo de predicción del envejecimiento utilizando datos de medición. Más bien, el modelo de predicción del envejecimiento se ajusta durante la operación en curso. Por otro lado, las dos estimaciones actuales del estado de salud, primera y segunda, también se pueden vincular para obtener una estimación del estado de salud de mayor calidad. La vinculación puede determinarse o especificarse de antemano y/o puede adaptarse a la aplicación respectiva para aplicar un enlace ideal.

Para la parametrización, los factores de envejecimiento se determinan preferiblemente para un periodo específico de funcionamiento de la batería secundaria a partir de magnitudes registradas de la batería secundaria y los parámetros del modelo de predicción de envejecimiento se determinan a partir de los factores de envejecimiento determinados y las primeras estimaciones para el estado de salud en este periodo, con el que se parametriza el modelo de predicción del envejecimiento. Para ello, los factores de envejecimiento se determinan ventajosamente a partir de magnitudes medidas existentes de la batería secundaria y/o magnitudes derivadas de ésta.

Es particularmente ventajoso utilizar las primeras estimaciones del estado de salud y, si es necesario, de los factores de envejecimiento de varias baterías secundarias para parametrizar el modelo de predicción del envejecimiento. De esta manera, la parametrización puede basarse en más datos, lo que mejora la calidad de la parametrización. Asimismo, los diferentes estados de funcionamiento de las distintas baterías secundarias también pueden mejorar la calidad de la parametrización.

El estado de salud de la batería secundaria se puede determinar simplemente como una suma ponderada de la primera estimación del estado de salud y la segunda estimación del estado de salud, pudiéndose predeterminar o ajustar la ponderación. Dado que durante la parametrización se determinan normalmente también incertidumbres o intervalos de confianza, la ponderación se puede realizar ventajosamente también basándose en las incertidumbres o intervalos de confianza de la primera y segunda estimación. Asimismo, al realizar la vinculación también se puede tener en cuenta una característica de funcionamiento de la batería secundaria. Esto proporciona una variedad de opciones para vincular las dos estimaciones del estado de salud existentes. Esto significa que la determinación del estado de salud se puede adaptar fácilmente y de forma óptima a la aplicación respectiva.

35 La presente invención se explica a continuación con más detalle haciendo referencia a las Figuras 1 a 4, que muestran a modo de ejemplo realizaciones ventajosas de forma esquemática y no limitativa. Se muestra en la:

Fig. 1 una batería secundaria controlada por un sistema de gestión de baterías para suministrar una carga eléctrica,

Fig. 2 un sistema de gestión de baterías según la invención,

40 Fig. 3 una realización con parametrización externa del modelo de predicción de envejecimiento y

Fig. 4 una realización con parametrización externa del modelo de predicción de envejecimiento basado en datos de varias baterías secundarias.

La Fig. 1 muestra una batería 1 secundaria que está conectada a una carga 2 eléctrica. La carga 2 eléctrica es, por ejemplo, un accionamiento eléctrico de un vehículo eléctrico o de un vehículo híbrido. La batería 1 secundaria es controlada y monitorizada por una unidad de control de batería, normalmente denominada sistema 3 de gestión de baterías. El sistema 3 de gestión de baterías controla medidas para optimizar el rendimiento y la vida útil de la batería 1 secundaria. Las funciones típicas del sistema 3 de gestión de baterías son la protección de las celdas individuales de la batería 1 secundaria, el equilibrio de las celdas de la batería, el control de carga, la determinación del estado SoC de carga, la determinación del estado SoH de salud, pero también el almacenamiento de datos operativos, también en forma de desarrollos temporales. Además, el sistema 3 de gestión de baterías también puede estar provisto de una interfaz de comunicación de datos para poder intercambiar datos e información con otras unidades de control, por ejemplo, una unidad de control de sistema de propulsión híbrido o una unidad de control de vehículo, pero también para poder leer o transmitir datos a través de la batería 1 secundaria si es necesario (por ejemplo para fines de mantenimiento).

55 Para ello, el sistema 3 de gestión de baterías recibe magnitudes medidas de la batería 1 secundaria, que caracterizan el funcionamiento de la batería 1 secundaria, normalmente la corriente I de carga y la tensión U de salida, pero también

la temperatura T. Para ello también pueden estar previstos sensores 4 de corriente, sensores 5 de tensión o sensores 6 de temperatura. Por supuesto, en el sistema 3 de gestión de baterías también se pueden medir y procesar otras y/o más magnitudes mensurables de la batería 1 secundaria.

5 En la Fig. 2 se describe con más detalle la realización del sistema 3 de gestión de baterías (*hardware* y/o *software*) según la invención, para poder determinar de forma sencilla el estado SoH de salud de la batería 1 secundaria. Para poder realizar las tareas previstas, para el sistema 3 de gestión de baterías son especialmente importantes el estado SoC de carga y el estado SoH de salud. Por lo tanto, en el sistema 3 de gestión de baterías, por ejemplo, se implementa un observador 10 para estimar el estado \hat{SoC} de carga y el estado \hat{SoH} de salud, donde " $\hat{}$ " indica valores estimados del observador 10. El observador 10 se concibe, por ejemplo, como se describe en el documento WO 2014/114564
10 A1. El observador 10 se basa normalmente en un modelo de la batería 1 secundaria, que describe el comportamiento de la batería 1 secundaria.

Además, se implementa un modelo 11 de predicción del envejecimiento en el sistema 3 de gestión de baterías. Con un modelo 11 de predicción del envejecimiento, el desarrollo futuro del estado SoH_p de salud de la batería 1 secundaria se puede determinar dependiendo de una carga futura específica en la batería 1 secundaria. Para ello, se debe parametrizar el modelo 11 de predicción del envejecimiento, es decir, se deben determinar los parámetros del modelo 11 de predicción del envejecimiento de manera que el comportamiento de la batería 1 secundaria con respecto a la evolución del estado SoH_p de salud se describa de la mejor manera posible. Sin embargo, esta parametrización suele ser muy compleja. Para resolver este problema, según la invención, los valores para el estado \hat{SoH} de salud determinados con el observador 10 en el sistema 3 de gestión de baterías se utilizan para parametrizar el modelo 11 de predicción del envejecimiento, como se explicará con más detalle a continuación.

El modelo 11 de predicción del envejecimiento puede presentarse generalmente con la fórmula $\Delta SoH_i = f(A_i, P)$. En ella, ΔSoH_i describe el cambio en el estado SoH de salud en un determinado periodo de tiempo, que se expresa mediante el índice i. f describe la estructura del modelo, generalmente no lineal, por ejemplo, una red de modelo local, un modelo polinómico, un modelo de proceso gaussiano, etc. con los parámetros P. A_i engloba todos los factores de envejecimiento tenidos en cuenta en el modelo. Los factores A de envejecimiento posibles o frecuentemente utilizados son el número de ciclos de carga/descarga, el tiempo de funcionamiento, la temperatura, la tasa de capacidad (una medida de la velocidad de descarga), el estado de carga, el grado de descarga, el estado de salud y/o un coeficiente de calentamiento, pudiéndose utilizar también, por supuesto, factores de envejecimiento adicionales o diferentes. Los factores de envejecimiento dependen especialmente de la carga de la batería 1 secundaria. El estado SoH de salud
25

$$SoH = \sum_{i=1}^n \Delta SoH_i$$

30 se obtiene sumando los cambios ΔSoH_i individuales de los periodos de tiempo individuales, es decir . Es obvio que esto se puede utilizar para calcular un estado SoH de salud actual (hasta el periodo actual), pero también un desarrollo futuro del estado SoH de salud si se asumen ciertas cargas para periodos futuros.

El modelo 11 de predicción del envejecimiento se puede implementar, por ejemplo, como un modelo polinómico, utilizándose, por ejemplo, una cantidad Q de carga como estado SoH de salud como medida de la capacidad de la
35 batería 1 secundaria. Los factores A de envejecimiento son los factores t_i como el paso de tiempo actual en una unidad de tiempo, Ah_i como rendimiento en amperios-hora en el paso t_i de tiempo, T_i como temperatura en el paso t_i de tiempo (por ejemplo, la temperatura media o máxima) y T_0 como la temperatura a la que el envejecimiento alcanza un mínimo (por ejemplo, 25 °C) y los parámetros $P = [p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6]$ para describir el comportamiento de envejecimiento de la batería 1 secundaria. A partir de esto se calcula una pérdida ΔQ_i de capacidad en el paso t_i de tiempo según la

40 fórmula
$$\Delta Q_i = p_1 \sqrt{t_i} + p_2 t_i + p_3 \sqrt{Ah_i} + p_4 Ah_i + p_5 t_i Ah_i + p_6 (T_i - T_0)^2$$
 Ah_i . El estado SoH de salud se obtiene luego como una pérdida Q de capacidad sumando los pasos t_i de tiempo individuales, por lo tanto, con la fórmula
$$SoH = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i$$

. Por supuesto, también se podría determinar una pérdida Q de carga total y convertirla en otro parámetro para el estado SoH de salud.

45 El estado SoH_p de salud determinado de esta forma con el modelo 11 de predicción del envejecimiento puede ser una capacidad (también como cantidad Q de carga) de la batería 1 secundaria o una resistencia interna de la batería 1 secundaria, o ambas, u otro valor característico.

Sin embargo, cabe señalar que, por supuesto, también se pueden utilizar estructuras de modelo distintas de las mencionadas para el modelo 11 de predicción del envejecimiento. También es posible que con el modelo no se calculen cambios ΔSoH_i , para sumarlos después, sino que se calcule directamente el estado SoH_p de salud. Para la
50 invención, la elección específica de la estructura del modelo, los factores de envejecimiento y la implementación del modelo son en última instancia irrelevantes y también pueden depender del tipo de batería 1 secundaria.

También es bien conocido cómo se puede entrenar un modelo con una estructura de modelo específica y con parámetros P para parametrización, razón por la cual solo se discutirá brevemente. Para ello se necesitan

esencialmente datos de medición conocidos de la batería 1 secundaria, es decir, datos de medición para el estado SoH de salud y para los factores A de envejecimiento. Para la parametrización se pueden utilizar algunos de los datos de medición conocidos, siendo posibles diferentes métodos de parametrización para diferentes modelos de estructuras. La parte restante de los datos de medición se puede utilizar para validar el modelo parametrizado, es decir, para comprobar con qué precisión el modelo parametrizado se aproxima al comportamiento de la batería. En Hametner C., Jakubek S., "State of Charge estimation of Lithium Ion cells: Design of Experiments, nonlinear identification and fuzzy observer design", Journal of Power Sources 238 (2013) 413 - 421 describe esto, por ejemplo, para una red de modelo local para estimar el estado SoC de carga de una batería 1 secundaria. El documento WO 2014/114564 A1 también describe esto con la estimación adicional del estado SoH de salud. Además, se pueden utilizar métodos de estimación de parámetros bien conocidos que minimizan un cierto error definido (por ejemplo, un error cuadrático medio) variando los parámetros. Estos métodos suelen ser métodos iterativos, en los que las iteraciones se llevan a cabo hasta que se cumple un determinado criterio de finalización, por ejemplo, un determinado número de iteraciones o la consecución de un determinado límite de error. En general, al parametrizar se eligen los parámetros P de modo que el modelo se aproxime lo mejor posible a los datos de medición conocidos. El resto de los datos de medición conocidos se pueden utilizar luego para validar el modelo específico, a partir del cual también se pueden determinar intervalos de confianza, que permiten hacer una declaración sobre la incertidumbre de la estimación.

En el caso más sencillo, la parametrización, es decir, la determinación de los parámetros P, se puede realizar directamente mediante una estimación de mínimos cuadrados normales. Los parámetros P del modelo pueden depender ellos mismos de los factores A_i de envejecimiento. En este caso, se pueden utilizar métodos no lineales conocidos, por ejemplo, métodos basados en gradientes, para estimar los parámetros. Además, también se pueden utilizar funciones de aproximación, por ejemplo, la llamada función de riesgo para describir la tasa de fallos/daños, para poder representar progresiones de envejecimiento no lineales, como el envejecimiento acelerado al principio y al final de la vida útil. Dichos métodos de parametrización son bien conocidos por los expertos en la materia, por lo que no es necesario comentarlos con más detalle aquí.

Como parte de la parametrización, los métodos de parametrización se utilizan a menudo para determinar intervalos de confianza o incertidumbres de las respectivas estimaciones, por ejemplo, a partir de la validación del modelo parametrizado. Cuanto más precisa sea la estimación, menor será la incertidumbre o mayor será el intervalo de confianza.

Según el método según la invención, sin embargo, para la parametrización no están disponibles tales datos de medición, sino los valores para el estado $\hat{\text{SoH}}$ de salud estimados con el observador 10 y, dado el caso, también otros valores estimados con el observador 10, en particular para el estado $\hat{\text{SoC}}$ de carga. El observador 10 estima valores para el estado $\hat{\text{SoC}}$ de carga en pasos de tiempo predeterminados, por ejemplo, en el rango de segundos o minutos. Dado que el estado SoH de salud cambia lentamente, en el observador 10 se puede calcular en pasos de tiempo claramente mayores, por ejemplo, en el intervalo de horas. Las estimaciones del observador 10 sobre el estado $\hat{\text{SoH}}$ de salud se recogen en una unidad 12 de cálculo (*hardware y/o software*). Paralelamente, los factores A de envejecimiento del funcionamiento de la batería 1 secundaria se determinan en una unidad 13 de recopilación de datos (*hardware y/o software*). La unidad 13 de recopilación de datos también puede ser parte de la unidad 12 de cálculo o del modelo 11 de predicción del envejecimiento). Por ejemplo, a partir del curso de la corriente I y/o de la tensión U se puede determinar el número de ciclos de carga y descarga en un determinado periodo i de tiempo. Un coeficiente de calentamiento puede determinarse, por ejemplo, proporcional a la corriente I al cuadrado. La temperatura, también como evolución temporal, se puede obtener directamente como valor medido, por ejemplo, a través de un sensor 6 de temperatura. Otros factores A de envejecimiento también se pueden determinar en la unidad 12 de cálculo (o en la unidad 13 de recopilación de datos), por ejemplo, un grado de descarga o una tasa de capacidad de los estados $\hat{\text{SoC}}$ de carga estimados por el observador 10. Los factores A de envejecimiento se pueden determinar para un periodo de tiempo específico (índice i) o para todo el tiempo de funcionamiento de la batería 1 secundaria. Normalmente, los factores A de envejecimiento son cantidades acumuladas, ponderadas o promediadas de determinadas magnitudes medidas.

Con los valores para el estado $\hat{\text{SoH}}$ de salud estimados con el observador 10 y con los factores A de envejecimiento determinados en paralelo, en la unidad 12 de cálculo vuelven a estar disponibles "datos de medición", que pueden usarse para la parametrización del modelo 11 de predicción del envejecimiento. En determinados momentos, los parámetros P del modelo 11 de predicción del envejecimiento se actualizan basándose en los "datos de medición" recién añadidos y posiblemente ya conocidos. Esto significa que la parametrización se repite según el método de parametrización previsto con los datos de medición suplementados. Al principio, el modelo 11 de predicción del envejecimiento se puede parametrizar basándose en valores empíricos o con datos conocidos de baterías similares. Durante el funcionamiento de la batería 1 secundaria, el modelo 11 de predicción del envejecimiento se actualiza continuamente basándose en datos reales de la batería 1 secundaria, de modo que el modelo 11 de predicción del envejecimiento se entrena prácticamente durante el funcionamiento de la batería 1 secundaria.

Sin embargo, la parametrización del modelo 11 de predicción del envejecimiento no tiene que realizarse necesariamente en línea y tampoco en el sistema 3 de gestión de baterías, como se explica con referencia a la Fig. 3. Los valores para el estado $\hat{\text{SoH}}$ de salud estimados con el observador 10 y los factores A de envejecimiento determinados también se pueden enviar a un centro 20 de control, en el que está prevista una unidad 21 de cálculo,

en la que se determinan los parámetros P como se ha descrito. A continuación, los parámetros P se envían de vuelta al sistema 3 de gestión de baterías a determinados intervalos de tiempo y, de este modo, se actualiza el modelo 11 de predicción del envejecimiento en el sistema 3 de gestión de baterías. Para ello también puede estar prevista en el sistema 3 de gestión de baterías una unidad 8 de comunicación de datos para enviar y recibir los datos necesarios.

5 Sin embargo, también se puede utilizar para este fin una unidad 8 de comunicación de datos del dispositivo en el que se utilizan la batería 1 secundaria y el sistema 3 de gestión de baterías, por ejemplo, un vehículo 7 como en la Fig. 3.

De esta manera, los datos de varias baterías 1 secundarias del mismo tipo pueden enviarse al centro 20 de control y a la unidad 21 de cálculo y usarse para parametrizar el modelo 11 de predicción del envejecimiento, como se muestra en la Fig.4. La parametrización del modelo 11 de predicción del envejecimiento se puede mejorar si hay más datos disponibles sobre la batería 1 secundaria, lo que se puede lograr de esta manera. Esto es interesante, por ejemplo, en vehículos híbridos o eléctricos que están equipados con las mismas baterías 1 secundarias.

10

Sin embargo, diferentes sistemas 3 de gestión de baterías de baterías 1 secundarias del mismo tipo también pueden intercambiar datos entre sí de manera análoga para obtener más datos para la parametrización del modelo 11 de predicción del envejecimiento.

15 El modelo 11 de predicción del envejecimiento también se puede utilizar para estimar el estado SoH_p de salud de la batería 1 secundaria en ciertos momentos en el tiempo. Por ejemplo, se recopilan los factores A_i de envejecimiento desde la última actualización del modelo 11 de predicción del envejecimiento y a partir de ellos se calcula un cambio ΔSoH_i del estado SoH de salud en este periodo de tiempo desde la última actualización. Al hacer la suma como se ha descrito anteriormente, se obtiene una predicción del modelo para el estado SoH_p de salud actual basada en el último momento considerado (índice $i-1$). Esto da como resultado dos estimaciones para el estado SoH de salud para el momento actual, una del estado \hat{SoH} de salud del observador 10 y una del estado SoH_p de salud del modelo 11 de predicción del envejecimiento. Entonces, estas dos estimaciones también pueden vincularse, por ejemplo, en la unidad 12 de cálculo como en la Fig. 2, para obtener un estado SoH de salud con una alta calidad de la estimación, es decir, $SoH = f(\hat{SoH}, SoH_p)$, donde f describe el enlace. Este estado SoH de salud se puede usar luego en el sistema 3 de gestión de baterías, por ejemplo, en una unidad 14 de control (*hardware* y/o *software*) para monitorizar y controlar la función de la batería 1 secundaria.

20

25

El vínculo f de las dos estimaciones para el estado SoH , SoH_p de salud se puede hacer de varias maneras. Por ejemplo, las dos estimaciones podrían simplemente promediarse. También sería posible formar una suma ponderada a partir de ambas estimaciones, pudiendo los factores de ponderación basarse, por ejemplo, en los intervalos de confianza o en las incertidumbres de las respectivas estimaciones. Esto significa que una estimación con baja incertidumbre podría ponderarse más que una estimación con mayor incertidumbre. Sin embargo, la información del funcionamiento de la batería 1 secundaria también podría usarse para tomar decisiones sobre cuál de las estimaciones se usa o cómo se vinculan. Por ejemplo, con una característica de funcionamiento con baja excitación de la batería 1 secundaria, por ejemplo, con envejecimiento principalmente cronológico, la estimación del estado SoH_p de salud está más familiarizada con el modelo 11 de predicción del envejecimiento que con la estimación del estado \hat{SoH} de salud con el observador 10. Esto significa que la estimación con el modelo 11 de predicción del envejecimiento puede tener una mayor ponderación o que solo se puede usar la estimación del modelo 11 de predicción del envejecimiento. Por el contrario, con características operativas con suficiente excitación de la batería 1 secundaria, por ejemplo, cuando se conduce suficientemente un vehículo híbrido o eléctrico, se puede confiar más en la estimación del observador 10. Esto significa que la estimación con el observador 10 se puede ponderar más o que solo se puede utilizar la estimación del observador 10. Es obvio que hay muchas más formas de vincular las dos estimaciones del estado SoH_p , \hat{SoH} de salud para obtener una estimación de mayor calidad del estado SoH de salud.

30

35

40

También se puede prever que el modelo 11 de predicción del envejecimiento solo se actualice si se puede confiar suficientemente en las estimaciones proporcionadas por el observador 10. Si hay poca estimulación de la batería 1 secundaria (por ejemplo, principalmente envejecimiento cronológico), se puede omitir, por ejemplo, una actualización, mientras que si hay suficiente estimulación, la actualización puede tener lugar en momentos fijos.

45

REIVINDICACIONES

1. Método para determinar el estado (SoH) de salud de una batería (1) secundaria, en el que un observador (10) realiza una primera estimación del estado ($\hat{S}oH$) de salud y se utiliza un modelo (11) de predicción del envejecimiento para determinar una segunda estimación del estado (SoH_p) de salud, utilizándose la primera estimación del estado (SoH) de salud como el estado (SoH) de salud de la batería (1) secundaria a calcular o la segunda estimación del estado (SoH_p) de salud como el estado (SoH) de salud de la batería (1) secundaria a calcular o combinándose la primera estimación del estado (SoH) de salud y la segunda estimación del estado (SoH_p) de salud y utilizándose la combinación de la primera y la segunda estimación del estado de salud como el estado (SoH) de salud de la batería (1) secundaria, caracterizado por que el modelo (11) de predicción del envejecimiento se parametriza en base a la primera estimación del estado ($\hat{S}oH$) de salud.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que los factores (A) de envejecimiento se determinan para un cierto periodo de funcionamiento de la batería (1) secundaria a partir de las magnitudes detectadas de la batería (1) secundaria, y los parámetros (P) del modelo (11) de predicción del envejecimiento se determinan a partir de los factores (A) de envejecimiento determinados y de las primeras estimaciones del estado (SoH) de salud en este periodo, sirviendo estos para parametrizar el modelo (11) de predicción del envejecimiento.
3. Método según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que las primeras estimaciones del estado ($\hat{S}oH$) de salud y, opcionalmente, de los factores (A) de envejecimiento de una pluralidad de baterías (1) secundarias se utilizan para parametrizar el modelo (11) de predicción del envejecimiento.
4. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el estado (SoH) de salud se determina como una suma ponderada de la primera estimación del estado (SoH) de salud y la segunda estimación del estado (SoH_p) de salud.
5. Método según la reivindicación 4, caracterizado por que la ponderación se realiza en función de las incertidumbres o intervalos de confianza de la primera y segunda estimación y/o en función de una característica de funcionamiento de la batería (1) secundaria.
6. Utilización del estado (SoH) de salud determinado según el método según una de las reivindicaciones 1 a 5 para una batería (1) secundaria en un sistema (3) de gestión de baterías para controlar el funcionamiento de la batería (1) secundaria.
7. Sistema de gestión de baterías para controlar el funcionamiento de una batería (1) secundaria, incluyendo el sistema (3) de gestión de baterías una unidad (12) de cálculo, incluyendo el sistema (3) de gestión de baterías un observador (10) que está diseñado para determinar una primera estimación de un estado (SoH) de salud de la batería (1) secundaria, e incluyendo el sistema (3) de gestión de baterías un modelo (11) de predicción del envejecimiento para determinar una segunda estimación del estado (SoH_p) de salud, estando el sistema (3) de gestión de baterías diseñado para controlar el funcionamiento de la batería (1) secundaria utilizando la primera estimación del estado (SoH) de salud o la segunda estimación del estado (SoH_p) de salud o estando la unidad (12) de cálculo diseñada para combinar la primera estimación del estado ($\hat{S}oH$) de salud con la segunda estimación del estado (SoH_p) de salud, y estando el sistema (3) de gestión de baterías diseñado para controlar el funcionamiento de la batería (1) secundaria utilizando la combinación de la primera y la segunda estimación del estado de salud determinado como el estado (SoH) de salud de la batería (1) secundaria, caracterizado por que la unidad (12) de cálculo está diseñada para parametrizar el modelo (11) de predicción del envejecimiento a partir de la primera estimación del estado ($\hat{S}oH$) de salud.
8. Sistema de gestión de baterías según la reivindicación 7, caracterizado por que en el sistema (3) de gestión de baterías se dispone una unidad (13) de recopilación de datos que determina los factores (A) de envejecimiento a partir de las magnitudes (I, U, T) medidas del funcionamiento de la batería (1) secundaria, y la unidad (12) de cálculo está diseñada para parametrizar el modelo (11) de predicción del envejecimiento basándose en la primera estimación del estado (SoH) de salud y los factores (A) de envejecimiento determinados.

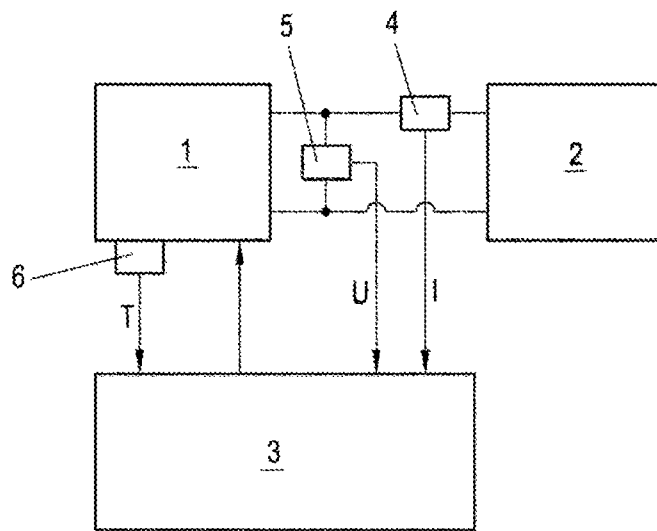


Fig. 1

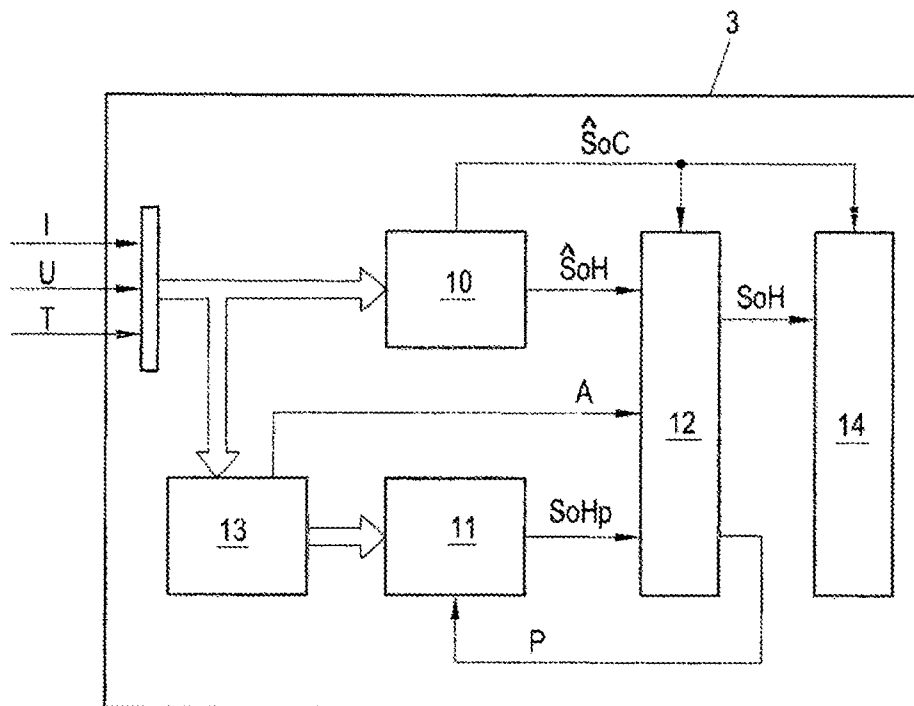


Fig. 2

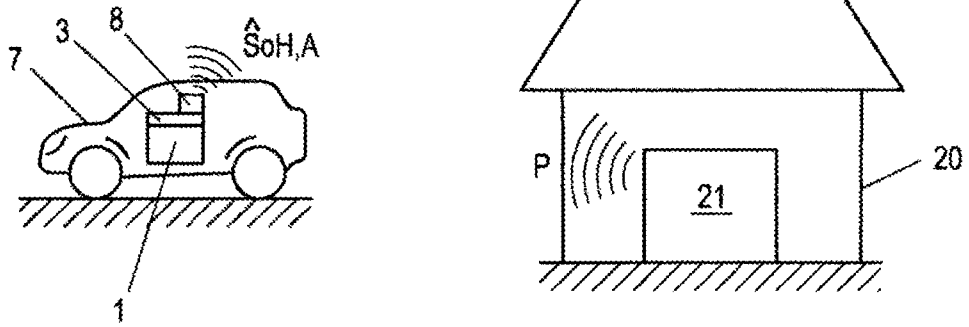


Fig. 3

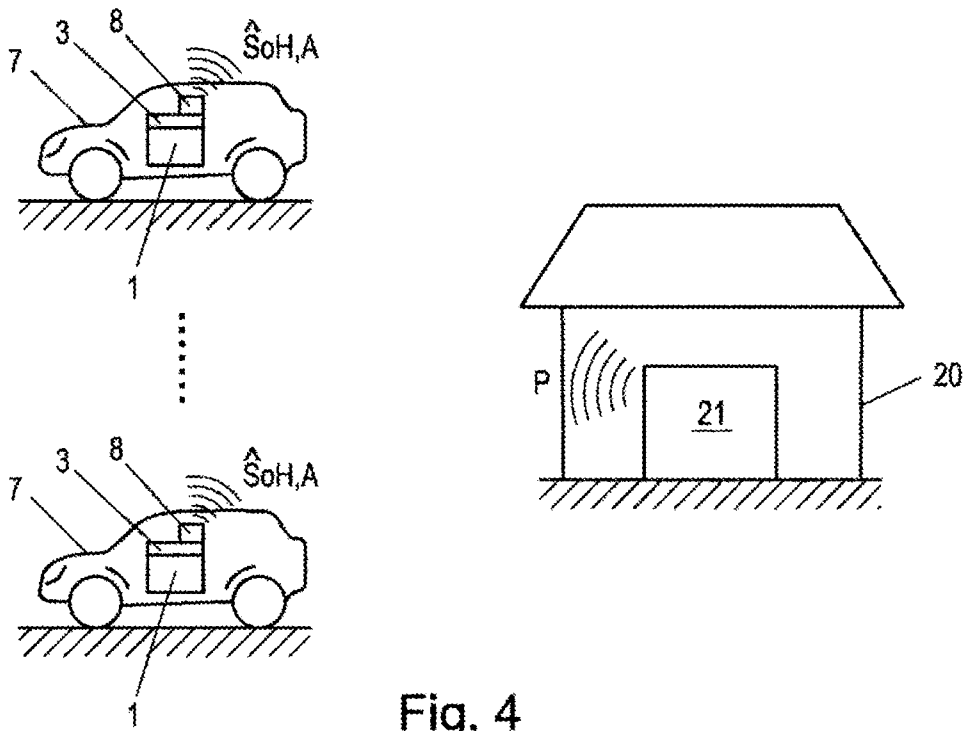


Fig. 4