

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 025 683**

51 Int. Cl.:
G01R 31/367 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.11.2020** **PCT/EP2020/081300**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2021** **WO21089786**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.11.2020** **E 20799964 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2025** **EP 4055399**

54 Título: **Predicción de rendimiento de batería**

30 Prioridad:
07.11.2019 EP 19207777

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
09.06.2025

73 Titular/es:
BASF SE (100.00%)
Carl-Bosch-Strasse 38
67056 Ludwigshafen am Rhein, DE

72 Inventor/es:
LEE, ROBERT MATTHEW;
TOMOTA, YOHKO y
KONDRAKOV, ALEKSANDR

74 Agente/Representante:
GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 3 025 683 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

Predicción de rendimiento de batería

Campo técnico

5 La invención se refiere a un sistema de prueba para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba y a un banco de pruebas configurado para realizar al menos una prueba de rendimiento de batería en al menos una batería basada en al menos un protocolo de prueba. La invención se refiere además a un método de determinación de al menos un modelo basado en datos para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba, a un método implementado por ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba y a un programa de ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba. Las baterías sometidas a prueba pueden utilizarse en la industria automovilística, como en vehículos eléctricos, en dispositivos de consumo tales como teléfonos inteligentes, ordenadores portátiles y similares, y como dispositivos de almacenamiento de energía para almacenar energía, por ejemplo, obtenida de fuentes de energía renovables. Los métodos, los dispositivos y los sistemas según la presente invención pueden utilizarse concretamente para determinar la vida útil de las baterías en bancos de pruebas. Otras aplicaciones son posibles.

Antecedentes de la invención

20 Las baterías se utilizan en diferentes campos técnicos como para la aceleración de vehículos, en particular para la electromovilidad, en dispositivos de consumo, e incluso como dispositivos de almacenamiento de energía para almacenar energía, por ejemplo, obtenida de fuentes de energía renovables. El rendimiento de la batería puede cambiar con el tiempo. Concretamente, el rendimiento de la batería puede deteriorarse en función del número de ciclos de carga y descarga. Una predicción fiable y rápida del rendimiento de las baterías es necesaria en todos los campos técnicos mencionados anteriormente.

25 Para desarrollar nuevos materiales de batería ventajosos para aplicaciones específicas, en particular materiales de cátodo, el rendimiento de la batería se prueba realizando una serie de experimentos. Posteriormente, se analizan los resultados experimentales y el material de cátodo sometido a prueba puede categorizarse como «buen» o «mal» material de cátodo. Los resultados de prueba obtenidos pueden utilizarse para determinar si es necesario modificar el material del cátodo.

30 El uso de métodos de prueba conocidos para determinar el rendimiento de las baterías durante el desarrollo de las mismas requiere un largo tiempo de prueba. Concretamente, la determinación del rendimiento de las baterías en bancos de pruebas suele requerir muchos ciclos de carga y descarga a lo largo de la vida útil de las baterías y puede durar meses. Por ejemplo, suelen transcurrir seis meses hasta que se puede decidir si el material de cátodo usado se puede clasificar como material de cátodo «bueno» o «malo». Esto es mucho tiempo y conlleva plazos de entrega extensos. Los largos periodos de prueba pueden ser incluso problemáticos para la planificación logística de la capacidad del banco de pruebas. A menudo pueden gestionarse más de 100 canales, por lo que es necesaria una predicción fiable de la capacidad en los bancos de pruebas.

40 Kristen A. Severson y otros, «La predicción basada en datos de la vida cíclica de las baterías antes de la degradación de su capacidad», Nature Energy, <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0356-8> describen la predicción de la vida útil de las baterías de ion-litio para acelerar el desarrollo tecnológico. Se utilizaron curvas de tensión de descarga de los primeros ciclos para mostrar la degradación de la capacidad, y se describen herramientas de aprendizaje automático para predecir y clasificar las celdas por ciclos de vida.

45 El documento US 2019/0115778 A1 describe un método de sondeo de un espacio de parámetros multidimensional de protocolos de prueba de celdas de batería que incluye definir un espacio de parámetros para una pluralidad de celdas de batería sometidas a prueba, discretizar el espacio de parámetros, recopilar un conjunto preliminar de celdas sometidas a ciclos hasta el fallo para muestrear las políticas de todo el espacio de parámetros e incluir múltiples repeticiones de la política, especificar los hiperparámetros de recursos, los hiperparámetros del espacio de parámetros y los hiperparámetros de algoritmo, seleccionar un subconjunto aleatorio de políticas de carga, probar el subconjunto aleatorio de políticas de carga hasta que se alcance un número de ciclos necesarios para la predicción temprana de la vida útil de la batería, introducir los datos de los ciclos para la predicción temprana en un algoritmo de predicción temprana para obtener predicciones tempranas, introducir las predicciones tempranas en un algoritmo de diseño experimental óptimo (OED) para obtener recomendaciones para ejecutar al menos una siguiente prueba, ejecutar las pruebas recomendadas repitiendo desde el paso de prueba del subconjunto aleatorio anterior, y validar las políticas finales recomendadas.

55 El documento WO 2019/017991 A1 describe un sistema de gestión de baterías (BMS) para un vehículo que incluye un módulo para estimar el estado de una batería recargable tal como su estado de carga en tiempo real. El módulo incluye un modelo de aprendizaje para predecir el estado de una batería basándose en el uso del vehículo y los factores relacionados exclusivos del vehículo, además de una tensión, una corriente y una temperatura detectadas de una batería.

Problema a resolver

Por lo tanto, es deseable proporcionar métodos y dispositivos que aborden los desafíos técnicos mencionados anteriormente. Específicamente, se han de proporcionar dispositivos y métodos para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba que garanticen la reducción del tiempo de medición en bancos de pruebas para materiales de batería. Asimismo, se ha de garantizar una reducción del número de experimentos necesarios para acelerar la modificación del material de cátodo para una aplicación específica en menos tiempo.

Sumario

Este problema se aborda mediante un sistema de prueba para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba, un banco de pruebas configurado para realizar al menos una prueba de rendimiento de batería en al menos una batería basada en al menos un protocolo de prueba, un método de determinación de al menos un modelo basado en datos para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba, un método implementado por ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba y un programa de ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba con las características de las reivindicaciones independientes. Las formas de realización ventajosas que pueden llevarse a cabo de manera aislada o en cualquier combinación se exponen en las reivindicaciones dependientes.

Tal y como se utilizan en lo sucesivo, los términos «tener», «comprender» o «incluir» o cualquier variación gramatical arbitraria de los mismos se utilizan de forma no exclusiva. Por lo tanto, estos términos pueden referirse tanto a una situación en la que, además de la característica introducida por estos términos, no haya ninguna otra característica presente en la entidad descrita en este contexto, como a una situación en la que haya una o más características adicionales presentes. A modo de ejemplo, las expresiones «A tiene B», «A comprende B» y «A incluye B» pueden referirse tanto a una situación en la que, aparte de B, ningún otro elemento esté presente en A (es decir, una situación en la que A conste única y exclusivamente de B) como a una situación en la que, aparte de B, uno o más elementos adicionales estén presentes en la entidad A, tal como el elemento C, los elementos C y D o incluso otros elementos.

Asimismo, ha de señalarse que los términos «al menos un», «uno o más» o expresiones similares que indiquen que una característica o un elemento puede estar presente una o más veces se van a utilizar normalmente solo una vez al introducir la característica o el elemento respectivo. En lo sucesivo, en la mayoría de los casos, al hacerse referencia a la característica o elemento respectivo, no se van a repetir las expresiones «al menos un» o «uno o más», sin perjuicio de que la característica o el elemento respectivo puedan estar presente una o más veces.

Asimismo, tal y como se utilizan a continuación, los términos «preferiblemente», «más preferiblemente», «en particular», «más en particular», «concretamente», «más concretamente» o términos similares se utilizan junto con características opcionales, sin restringir posibilidades alternativas. Así pues, las características introducidas por estos términos son características opcionales y no se pretende que restrinjan en modo alguno el alcance de las reivindicaciones. Tal y como reconocerá el experto en la materia, la invención puede llevarse a cabo utilizando características alternativas. Del mismo modo, se pretende que las características introducidas por «en una forma de realización de la invención» o expresiones similares sean características opcionales, sin ninguna restricción con respecto a formas de realización alternativas de la invención, sin ninguna restricción con respecto al alcance de la invención y sin ninguna restricción con respecto a la posibilidad de combinar las características introducidas de tal manera con otras características opcionales o no opcionales de la invención.

En un primer aspecto de la presente invención, se propone un sistema de prueba para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba. El sistema de prueba comprende al menos una interfaz de comunicación y al menos un dispositivo de procesamiento. El sistema de prueba está configurado para recibir datos de funcionamiento indicativos de al menos un protocolo de prueba a través de la interfaz de comunicación. El sistema de prueba está configurado para recibir datos de entrada de rendimiento de batería a través de la interfaz de comunicación. El dispositivo de procesamiento está configurado para determinar al menos una serie temporal predicha de al menos una variable de estado indicativa del rendimiento de batería basándose en los datos de entrada de rendimiento de batería y en los datos de funcionamiento utilizando al menos un modelo basado en datos. El sistema de prueba está configurado para proporcionar al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado.

Durante el desarrollo de baterías, se utilizan y prueban diferentes materiales y composiciones de materiales con respecto al desarrollo del rendimiento y/o de las propiedades y/o del comportamiento, en particular las propiedades y/o el comportamiento de carga y descarga, a lo largo del tiempo. Estas pruebas pueden realizarse en un entorno de prueba dentro de condiciones de prueba predefinidas tales como condiciones de temperatura y similares. Concretamente, el entorno de prueba puede ser un banco de pruebas configurado para aplicar al menos una prueba a la batería, en particular a una pluralidad de baterías. Durante estas pruebas, la batería sometida a prueba puede someterse a una pluralidad de ciclos de carga-descarga siguiendo al menos un protocolo de prueba. A diferencia del control de calidad para las baterías, en el que solo se determina el número de ciclos de carga antes de que la

capacidad se desvanezca hasta el 80 % de su valor inicial, las pruebas de baterías en el desarrollo de baterías son más complejas. Para las pruebas de baterías durante el desarrollo de la batería se tienen que determinar la característica temporal de la batería y el desarrollo en el tiempo de las propiedades de la batería. La presente invención propone un sistema de prueba que permite predecir el rendimiento de batería durante el desarrollo de baterías, basándose en los datos de entrada de rendimiento de batería sin pruebas a largo plazo, sino utilizando un modelo basado en datos entrenados.

El término «sistema de prueba», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a un dispositivo que comprenda una o más unidades configuradas para determinar y/o predecir el desarrollo del rendimiento de la batería, en particular las propiedades y/o el comportamiento de carga y descarga, a lo largo del tiempo.

El término «batería», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a una celda electroquímica que comprenda al menos un ánodo, al menos un cátodo y al menos un electrolito. Concretamente, la batería está configurada para convertir la energía química en energía eléctrica y viceversa. La batería puede ser un dispositivo de almacenamiento de energía. La batería puede ser una batería recargable. Tal y como se utiliza en el presente documento, el término «carga» se refiere a la conversión de la energía eléctrica que se suministra desde una fuente externa en energía química en la batería. Tal y como se utiliza en el presente documento, el término «descarga» se refiere a la conversión de la energía química de la batería en energía eléctrica. La batería puede seleccionarse del grupo compuesto por las baterías de ion-litio (Li-Ion); níquel-cadmio (Ni-Cd); níquel-hidruro metálico (Ni-MH). Por ejemplo, la batería puede comprender al menos un material de cátodo seleccionado del grupo compuesto por LiCoO_2 (óxido de litio y cobalto); $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$ (óxido de litio, níquel, manganeso y cobalto) y LiFePO_4 (fosfato de litio y hierro). Por ejemplo, la batería puede comprender al menos un material de ánodo seleccionado del grupo compuesto por el grafito y el silicio. Por ejemplo, la batería puede comprender al menos un electrolito seleccionado del grupo compuesto por LiPF_6 , LiBF_4 o LiClO_4 en un disolvente orgánico tal como el carbonato de etileno, el carbonato de dimetilo y el carbonato de dietilo.

El término «rendimiento de batería durante el desarrollo de una batería», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a una evolución del comportamiento de la batería a lo largo del tiempo. El rendimiento de batería puede caracterizarse por la evolución en el tiempo de uno o más parámetros tales como la capacidad de carga, la capacidad de descarga, la corriente de descarga, la curva de carga-descarga, la tensión media, la tensión en circuito abierto, la capacidad diferencial, la eficiencia coulombiana o la resistencia interna. En particular, el rendimiento de batería durante el desarrollo de una batería se determina mediante la determinación de una serie temporal predicha de al menos uno de estos parámetros. El término «serie temporal», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a un flujo de datos ordenado cronológicamente.

Tal y como se utiliza en el presente documento, el término «capacidad» de la batería se refiere a una cantidad de carga eléctrica que la batería suministra a una tensión nominal. El término «capacidad de carga», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a la capacidad que puede cargarse a la batería. El término «capacidad de descarga», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a la capacidad que puede descargarse de una batería.

El término «corriente de descarga», también denominada tasa C, tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a una medida de la velocidad a la que la batería se está descargando o cargando con respecto a su capacidad máxima.

El término «curva de carga-descarga», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a la evolución de la carga y descarga en Voltaje como función de la capacidad de la batería. La forma de las curvas de carga y/o descarga puede parametrizarse mediante cambios en la capacidad a lo largo de intervalos de tensión predefinidos. La forma de las curvas de carga y/o descarga puede comprender información sobre la electroquímica y los mecanismos de degradación.

El término «tensión media», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a la tensión nominal en un punto medio de su ciclo de descarga.

- 5 El término «tensión en circuito abierto», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a la tensión entre los terminales de la batería sin carga aplicada.

- 10 El término «capacidad diferencial», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a la primera derivada de la capacidad Q de la tensión E , dQ/dE .

- 15 El término «eficiencia coulombiana», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a la eficiencia de carga por la que se transfieren electrones.

- 20 El término «resistencia interna», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a la resistencia de la batería que aumenta con el envejecimiento de la batería. La resistencia interna puede proporcionar una medida, entre otras cosas, del envejecimiento de la superficie del material.

Los parámetros mencionados anteriormente pueden utilizarse para determinar el rendimiento de batería y, en particular, para predecir la evolución del rendimiento de batería a lo largo del tiempo. La relación entre estos parámetros y el rendimiento de la batería es conocida por lo general para el experto en la materia.

- 25 El término «determinar el rendimiento de batería», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a uno o más de entre predecir, estimar y clasificar una serie temporal de valores futuros y/o evolución en el tiempo de al menos una variable de estado. La determinación del rendimiento de batería puede tener como salida o resultado al menos una predicción del rendimiento de batería para una serie temporal. Para determinar la serie temporal predicha, las predicciones de los valores de la variable de estado para diferentes puntos en el tiempo pueden determinarse de manera iterativa para una pluralidad de puntos en el tiempo futuros. Tal y como se utiliza en el presente documento, el término «predicción» se refiere al valor esperado de la variable de estado en el futuro. Un resultado de la determinación del rendimiento de la batería puede ser una serie temporal predicha de la variable de estado tal como un histograma que muestre una evolución de la variable de estado en el tiempo. La determinación del rendimiento de batería puede comprender la predicción de la vida útil y/o una categorización de la batería. Tal y como se utiliza en el presente documento, el término «categorización» puede referirse a la clasificación del material de la batería y/o del cátodo, por ejemplo, como «bueno» o «malo». A modo de ejemplo, la batería puede clasificarse como «buena» si la variable de estado en el punto en el tiempo futuro cumple unas condiciones predeterminadas o predefinidas y/o la vida útil determinada está por encima de un límite predeterminado o predefinido. A modo de ejemplo, la batería puede clasificarse como «mala» si la serie temporal predicha de la variable de estado no cumple unas condiciones predeterminadas o predefinidas. A modo de ejemplo, la batería puede clasificarse como «mala» si la variable de estado en el punto en el tiempo futuro no cumple unas condiciones predeterminadas o predefinidas y/o la vida útil determinada está por debajo de un límite predeterminado o predefinido. El sistema de prueba puede comprender al menos una interfaz de salida configurada para emitir al menos una salida que comprenda información sobre al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado.

- El término «dispositivo de procesamiento», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a un circuito lógico arbitrario configurado para realizar operaciones básicas de un ordenador o sistema, y/o, en general, a un dispositivo que esté configurado para realizar cálculos u operaciones lógicas. El dispositivo de procesamiento puede comprender al menos un procesador y/o una unidad de procesamiento. En particular, el dispositivo de procesamiento puede estar configurado para procesar instrucciones básicas que controlan el ordenador o el sistema. A modo de ejemplo, el dispositivo de procesamiento puede comprender al menos una unidad aritmética lógica (ALU), al menos una unidad de coma flotante (FPU) tal como un coprocesador matemático o un coprocesador numérico, una pluralidad de registros y una memoria tal como una memoria caché. En particular, el dispositivo de procesamiento puede ser un procesador multinúcleo. Concretamente, el dispositivo de procesamiento puede ser o comprender una unidad central de procesamiento (CPU). De manera adicional o alternativa, el dispositivo de procesamiento puede ser o puede comprender uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) y/o uno o más matrices de puertas programable *in situ* (FPGA) o similares.

El término «interfaz de comunicación», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a un artículo o elemento que forme una frontera configurada para transferir información. En particular, la interfaz de comunicación puede estar configurada para transferir información desde un dispositivo informático, por ejemplo, un ordenador, como para enviar o emitir información, por ejemplo, a otro dispositivo. De manera adicional o alternativa, la interfaz de comunicación puede estar configurada para transferir información a un dispositivo informático, por ejemplo, a un ordenador, como para recibir información. La interfaz de comunicación puede proporcionar concretamente medios para transferir o intercambiar información. En particular, la interfaz de comunicación puede proporcionar una conexión de transferencia de datos, por ejemplo, Bluetooth, NFC, acoplamiento inductivo o similares. A modo de ejemplo, la interfaz de comunicación puede ser o comprender al menos un puerto que comprenda uno o más de un puerto de red o de Internet, un puerto USB y una unidad de disco. La interfaz de comunicación puede ser al menos una interfaz web.

El sistema de prueba puede comprender al menos una base de datos. El término «base de datos», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a una recopilación arbitraria de información tal como la información almacenada en al menos un dispositivo de almacenamiento de datos. La base de datos puede comprender el al menos un dispositivo de almacenamiento de datos con la información almacenada en él. En particular, la base de datos puede contener una recopilación arbitraria de información. La base de datos puede ser o comprender al menos una base de datos seleccionada del grupo compuesto por al menos un servidor, al menos un sistema de servidores que comprenda una pluralidad de servidores, al menos un servidor en la nube o una infraestructura de computación en la nube. La base de datos puede comprender al menos una unidad de almacenamiento configurada para almacenar los datos recibidos a través de la interfaz de comunicación.

El término «datos de funcionamiento», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a los datos relativos a la información sobre al menos un programa de prueba realizado sobre la batería en el banco de pruebas, en particular una o más de las condiciones de funcionamiento, el orden de las pruebas, los procesos y similares. Los datos de funcionamiento indicativos de al menos un protocolo de prueba comprenden, por ejemplo, al menos una secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga. El término «protocolo de prueba», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a la directriz en función de la cual una pluralidad de diferentes programas de prueba se realiza en la batería en el banco de pruebas. El protocolo de prueba puede estar predefinido. El protocolo de prueba puede ser conocido. En particular, cantidades tales como la corriente de descarga y la duración del funcionamiento a tensión constante pueden estar controladas y/o definidas por el protocolo de prueba. El protocolo de prueba puede realizarse de conformidad con al menos un estándar. El protocolo de prueba puede ser específico para cada configuración de prueba. Tal y como se va a detallar más adelante, el protocolo de prueba puede permitir predecir el rendimiento del material de la batería, en particular del cátodo y/o del ánodo. El protocolo de prueba puede definir un orden de programas de prueba y/o una secuencia de programas de prueba y/o la duración de cada uno de los programas de prueba. Cada uno de los programas de prueba puede comprender al menos un ciclo de carga-descarga, siendo diferentes los ciclos de carga-descarga de al menos dos de los programas de prueba. El protocolo de prueba puede comprender información sobre al menos una prueba de rendimiento de batería. La prueba de rendimiento de batería puede comprender al menos una secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga. En la prueba de rendimiento de batería pueden determinarse curvas de descarga-carga para cada ciclo. La prueba de rendimiento de batería puede ser realizada por un cliente. El cliente puede proporcionar los datos de entrada de rendimiento de batería al sistema de prueba a través de la interfaz de comunicación. Los protocolos de prueba, también denominados programas de prueba, pueden comprender diferentes bloques para determinar distintas propiedades de los materiales. Por ejemplo, un protocolo de prueba de ciclos puede tener, para cada ciclo, un paso de carga seguido de un paso de descarga, donde entre los pasos pueden estar incluidos descansos opcionales. El paso de carga puede someter a la celda a una corriente constante hasta que la tensión de la celda alcance un umbral predeterminado y, a continuación, mantenga la tensión hasta que la corriente caiga por debajo de otro umbral predeterminado o se alcance un umbral temporal. El paso de descarga puede mantener una corriente constante hasta que la tensión descienda por debajo de un umbral predeterminado. Muchos de tales ciclos pueden realizarse de manera consecutiva para medir el envejecimiento de la celda.

Concretamente, el modelo basado en datos se ha parametrizado basándose en datos de funcionamiento indicativos del al menos un protocolo de prueba y datos de entrada de rendimiento de batería. El modelo basado en datos puede utilizar el conocimiento de ciclos de carga-descarga pasados y futuros siguiendo el al menos un protocolo de prueba para predecir el rendimiento futuro de la batería. En particular, el conocimiento sobre los ciclos de carga-descarga pasados y futuros puede utilizarse como entrada para el modelo basado en datos. El modelo basado en datos puede tener en cuenta en cada paso temporal los valores de medición anteriores o precedentes,

las predicciones anteriores o precedentes realizadas por el modelo basado en datos y los valores futuros de las cantidades controladas y/o definidas por el al menos un protocolo de prueba. El modelo basado en datos puede utilizar el conocimiento de ciclos de carga-descarga pasados para predecir el futuro, en particular el rendimiento futuro de la batería. El modelo basado en datos puede utilizar el conocimiento de los futuros ciclos de carga-descarga del protocolo de prueba para predecir el rendimiento futuro de la batería. El protocolo de prueba puede controlar y/o definir cantidades tales como la corriente de descarga, la corriente de carga, el paso de reposo, el umbral para comenzar un nuevo ciclo y similares. Concretamente, el conocimiento de los valores futuros de las cantidades controladas y/o definidas se utiliza para predecir el rendimiento futuro de la batería. En particular, la información sobre a cuánto esfuerzo se someterá la batería durante algún ciclo futuro que esté predefinido por el protocolo de prueba puede utilizarse como información adicional y útil para la predicción del rendimiento futuro de la batería. Así, la presente invención, en particular, resuelve el problema de permitir evaluar el estado de la batería en el futuro o, expresado de otro modo, cuánto suministrará la batería tras N ciclos de funcionamiento futuro, donde los detalles del funcionamiento pueden especificarse mediante el procedimiento de ciclos y/o el protocolo de prueba. La presente invención propone utilizar, en particular, el protocolo de prueba, y con ello un procedimiento de ciclos planificado, como entrada al modelo basado en datos. El uso de la información del conocimiento de los futuros parámetros de prueba en el protocolo puede hacer posible que se mejore en mayor medida la predicción del rendimiento. En particular, el uso de un protocolo de prueba definido, en particular predefinido y/o conocido, permite tener y utilizar el conocimiento de ciclos de carga-descarga pasados y futuros. Por el contrario, en los sistemas de gestión de baterías para vehículos, por ejemplo, como se describe en el documento WO 2019/017991 A1, en los que los usos de la batería no siguen un protocolo de prueba, solo es posible considerar datos de usos anteriores de la batería, en particular datos históricos no estructurados. El documento WO 2019/017991 A1 simplemente predice que a la batería le queda algún número de ciclos en la actualidad, mientras que la presente invención propone, en particular, predecir cuántos ciclos le quedan en el futuro si se sigue tratando la batería de una manera predefinida siguiendo el protocolo de prueba. La presente invención puede permitir predecir las capacidades futuras de la batería basándose o considerando el uso siguiendo el protocolo de prueba.

Concretamente, el modelo basado en datos puede tener una memoria temporal y/o el modelo basado En datos puede ser un modelo dependiente del tiempo. Los datos de entrada pueden introducirse en el modelo basado en datos que comprenden información sobre los datos de medición obtenidos en un momento determinado. El modelo basado en datos puede proporcionar al menos una salida, en particular las denominadas variables «latentes». Las variables latentes pueden comprender información sobre el comportamiento futuro predicho de la batería y/o la información sobre el comportamiento futuro predicho de la batería puede derivarse de las variables latentes. Para los pasos temporales posteriores, el modelo basado en datos puede considerar, en particular utilizar como datos de entrada, datos de medición adicionales obtenidos hasta ese momento y/o al menos una de las variables latentes. El modelo basado en datos puede estar configurado para determinar la relevancia de las variables latentes individuales y para asignar ponderaciones a las variables latentes. El modelo basado en datos puede tener en cuenta las variables latentes ponderadas para la predicción posterior. La determinación de la relevancia y la asignación de ponderaciones pueden realizarse de manera repetida. Tal y como se ha señalado anteriormente, el modelo basado en datos puede considerar además, en particular utilizar como datos de entrada, el conocimiento de los valores futuros de cantidades controladas y/o definidas que son predefinidas por el al menos un protocolo de prueba. Los métodos conocidos, tales como los descritos en el documento WO 2019/017991 A1, utilizan enfoques que se denominan «de ventana fija» o «de horizonte fijo». No utilizan métodos de «series temporales» como los propuestos por la presente invención que, en particular, propone el modelo basado en datos que tiene dependencia temporal. La presente invención, en particular, propone utilizar un modelo basado en datos que avanza en el tiempo y retiene los recuerdos pertinentes. En cambio, los enfoques de «ventana fija» u «horizonte fijo» utilizan información del pasado y observan cómo esta está en correlación con el comportamiento en un momento futuro fijo.

El término «datos de entrada de rendimiento de batería», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a los datos que comprendan información sobre el comportamiento y/o el rendimiento de la batería generados en respuesta al protocolo de prueba. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender datos generados en respuesta al protocolo de prueba. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden ser o comprender datos brutos y/o datos preprocesados. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden determinarse realizando el al menos un programa de prueba, en particular tal y como se ha descrito anteriormente siguiendo el al menos un protocolo de prueba. El programa de prueba puede comprender la determinación de al menos una curva de descarga-carga de la batería. El programa de prueba puede realizarse en un banco de pruebas. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden transferirse al sistema de prueba a través de la interfaz de comunicación en tiempo real o con retardo en una transferencia en bloque.

Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender datos de ciclo de descarga-carga. Tal y como se utiliza en el presente documento, el término «ciclo» se refiere a la secuencia de descarga seguida de una recarga o viceversa. Los datos de ciclo de descarga-carga pueden comprender al menos una curva de carga-descarga. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender uno o más de la información sobre la capacidad de descarga; la información sobre la capacidad de carga; la información sobre la forma de la curva de carga-descarga;

la información sobre la tensión media; la información sobre la tensión en circuito abierto; la información sobre la capacidad diferencial; la información sobre la eficiencia coulombiana; y la información sobre la resistencia interna.

Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender metadatos relativos a uno o más del material de cátodo y la configuración de celda. Tal y como se utiliza en el presente documento, el término «metadatos» se refiere a los datos que comprenden información sobre los datos de ciclo de descarga-carga. Los metadatos pueden utilizarse para seleccionar un modelo entrenado adecuado, por ejemplo, teniendo en cuenta el material del cátodo y/o la configuración de la celda.

El dispositivo de procesamiento puede estar configurado para validar los datos de entrada de rendimiento de batería. La validación puede comprender la determinación de si los datos de entrada de rendimiento de batería recuperados están completos y/o comprenden suficientes ciclos para la determinación del rendimiento de batería. El término «validar», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a un proceso de uno o más de revisar, inspeccionar o probar los datos de entrada de rendimiento de batería. Concretamente, la validación comprende determinar si los datos de entrada de rendimiento de batería recuperados están completos y/o comprenden suficientes ciclos para la determinación del rendimiento de batería. Por ejemplo, en el caso de que la validación revele que los datos de entrada de rendimiento de batería recuperados no están completos y/o no comprenden suficientes ciclos para determinar el rendimiento de batería, se le puede solicitar al cliente que proporcione datos adicionales utilizando la interfaz de comunicación.

El término «variable de estado», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a una variable cuantificable de al menos un parámetro que pueda caracterizar el rendimiento de batería. La variable de estado puede derivarse o ser derivable a partir de al menos una curva de carga-descarga. La variable de estado puede ser al menos una variable seleccionada del grupo compuesto por la capacidad de descarga; la capacidad de carga; la forma de la curva de carga-descarga; la tensión media; la tensión en circuito abierto; la capacidad diferencial; la eficiencia coulombiana; y la resistencia interna. Para cada ciclo, el modelo puede predecir todas las características disponibles para utilizarlas como entradas del modelo en el ciclo siguiente.

El dispositivo de procesamiento puede estar configurado para seleccionar información a partir de los datos de entrada de rendimiento de batería en función de la variable de estado cuya evolución futura se ha de predecir. El dispositivo de procesamiento puede estar configurado para clasificar los datos de entrada de rendimiento de batería en función de la variable de estado cuya evolución futura se ha de predecir. Por ejemplo, la variable de estado puede ser la capacidad de descarga. La clasificación puede ser como sigue a continuación: La capacidad de carga de ciclos anteriores y/o la capacidad de descarga de ciclos anteriores pueden considerarse las más relevantes, ya que son muy próximas a la variable de estado que se ha de predecir. La forma de las curvas de carga y/o descarga y la resistencia interna de ciclos anteriores pueden considerarse menos relevantes que la capacidad de carga de ciclos anteriores y/o la capacidad de descarga de ciclos anteriores. Para otras variables de estado tales como la resistencia interna, la clasificación puede ser diferente.

El término «serie temporal predicha de la variable de estado», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a una serie temporal esperada de la variable de estado determinada utilizando el al menos un modelo basado en datos. Los datos de entrada de rendimiento de batería de la batería pueden ser datos experimentales. La serie temporal predicha de la variable de estado puede determinarse, en particular predecirse, utilizando el modelo basado en datos, donde los datos de entrada de rendimiento de batería se utilizan como entrada para el modelo basado en datos. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender datos experimentales basados en los cuales se prediga la serie temporal predicha de la variable de estado. Además, la serie temporal predicha se determina sobre los datos de funcionamiento. El sistema de prueba puede comprender el al menos un dispositivo de almacenamiento, donde se pueden almacenar una pluralidad de modelos basados en datos diferentes. Por ejemplo, el dispositivo de almacenamiento puede comprender diferentes modelos basados en datos para diferentes protocolos de prueba. En particular, el dispositivo de procesamiento puede estar configurado para seleccionar el modelo basado en datos basándose en el protocolo de prueba utilizado para la prueba de batería. De manera adicional o alternativa, el dispositivo de almacenamiento de datos puede comprender diferentes modelos basados en datos dependiendo de la variable de estado a predecir. El dispositivo de procesamiento puede estar configurado para determinar una serie temporal predicha para una variable de estado o una pluralidad de variables de estado. También pueden predecirse a la vez series temporales de cualquier combinación de variables de estado.

El término «modelo basado en datos», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a un modelo empírico y predictivo. Concretamente, el modelo basado en datos se deriva del análisis de datos experimentales. El modelo basado en datos puede ser una herramienta de aprendizaje automático. El modelo basado en datos puede

comprender al menos un modelo entrenado. El término «modelo entrenado», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a un modelo para predecir el rendimiento de batería que haya sido entrenado en al menos un conjunto de datos de entrenamiento, también denominados datos de entrenamiento. Por ejemplo, el modelo basado en datos se ha entrenado en al menos un conjunto de datos de entrenamiento, donde el conjunto de datos de entrenamiento comprende series temporales de datos históricos de ciclos de carga y descarga de al menos una configuración de batería conocida y al menos un protocolo de prueba conocido. Los datos de entrenamiento pueden obtenerse siguiendo protocolos de prueba bien definidos. El conjunto de datos de entrenamiento puede comprender una pluralidad de resultados experimentales de pruebas de batería, por ejemplo, para uno o más de los parámetros que caracterizan el rendimiento de batería. El conjunto de datos de entrenamiento puede comprender una pluralidad de resultados experimentales de pruebas de batería determinados en al menos dos puntos en el tiempo tales como para diferentes ciclos. Para el entrenamiento del modelo se puede utilizar una pluralidad de conjuntos de datos de entrenamiento, por ejemplo, relativos a diferentes baterías sometidas a prueba.

El modelo basado en datos puede ser un modelo basado en características, donde las características o un subconjunto de características se utilizan para predecir el rendimiento de batería. Los datos de entrenamiento pueden utilizarse para seleccionar las características para el modelo entrenado. La selección de características puede comprender la selección de un subconjunto de características relevantes, en particular variables y predictores, para su uso en la construcción del modelo. La selección de características puede comprender la obtención de aspectos electroquímicos en determinados puntos en el tiempo tales como puntos en el tiempo relevantes de la curva de carga o descarga, la resistencia interna, la tensión en circuito abierto, la capacidad diferencial. Las características pueden seleccionarse teniendo en cuenta las irregularidades debidas a la clase de material. Los datos de entrenamiento pueden comprender datos brutos. La selección de características puede comprender la agregación de datos como, por ejemplo, por paso o por ciclo. Las características pueden seleccionarse utilizando conocimientos de electroquímica y/o métodos tradicionales de selección de características tales como la retención de las características con una elevada correlación con la respuesta. Los conocimientos electroquímicos pueden comprender, por ejemplo, información sobre los intervalos de tensión en los que se esperan transiciones de fase interesantes y, por tanto, regiones de la curva a partir de las que deben extraerse características.

El modelo basado en datos puede comprender al menos una red neuronal recurrente tal como al menos una red de estado de eco. El término «red de estado de eco», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a una red neuronal recurrente con unidades de valor continuo discretas temporalmente con fugas integradas. Con respecto a otros detalles del modelo basado en datos, puede hacerse referencia a la descripción de un método de determinación de al menos un modelo basado en datos para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba, como se describe con mayor detalle a continuación.

El dispositivo de procesamiento puede estar configurado para utilizar los datos de entrada de rendimiento de batería como parámetro de entrada para determinar la serie temporal predicha de la variable de estado con el modelo basado en datos. Para determinar el rendimiento de batería de una batería sometida a prueba, los datos de entrada de rendimiento de batería pueden procesarse y aplicarse como entrada al modelo basado en datos. El procesamiento puede comprender la agregación de datos. El procesamiento puede comprender la selección de información relativa a al menos uno de los parámetros que caracterizan el rendimiento de batería cuya serie temporal es predicha por el modelo basado en datos, también denominada variable de estado objetivo. En este caso, la salida generada por el modelo basado en datos puede ser la serie temporal predicha de la variable de estado objetivo o la matriz de variables de estado.

El dispositivo de procesamiento puede estar configurado para utilizar el protocolo de prueba como un parámetro de entrada para determinar la serie temporal predicha de la variable de estado con el modelo basado en datos. Concretamente, el dispositivo de procesamiento puede estar configurado para seleccionar al menos un modelo basado en datos adecuado basándose en los datos de entrada de rendimiento de batería recibidos, tal como basándose en la información recibida sobre el protocolo de prueba y/o la secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga. El dispositivo de procesamiento puede comprender una pluralidad de modelos basados en datos, donde el dispositivo de procesamiento está configurado para seleccionar uno de los modelos basados en datos para determinar la serie temporal predicha de la variable de estado en función del protocolo de prueba. Por ejemplo, cada uno de la pluralidad de modelos basados en datos puede entrenarse con datos derivados del uso de un protocolo de prueba diferente. Los modelos pueden tener distintos parámetros de ajuste y distintos hiperparámetros, que controlan la complejidad. Sin embargo, la estructura general puede ser la misma para todos los modelos. También pueden ser posibles otros criterios para seleccionar el modelo basado en datos más adecuado. Por ejemplo, el dispositivo de procesamiento puede comprender una pluralidad de modelos basados en datos, por ejemplo, en función de la característica del material. El dispositivo de procesamiento puede estar configurado para analizar los datos de entrada de rendimiento de batería, donde el análisis comprende la determinación de al menos una característica del material. El dispositivo de procesamiento puede estar configurado

para seleccionar al menos uno de los modelos basados en datos basándose en la característica del material. La información sobre la característica del material puede determinarse a partir de los datos de entrada de rendimiento de batería como, por ejemplo, a partir de los metadatos.

El dispositivo de procesamiento puede estar configurado para realizar al menos una prueba de confianza, donde la variable de estado determinada se compare con resultados de pruebas experimentales. El término «prueba de confianza», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a un proceso de uno o más de entre revisar, inspeccionar o probar la salida del modelo basado en datos para el cumplimiento de uno o más resultados de pruebas experimentales. En la prueba de confianza, la serie temporal predicha de la variable de estado puede compararse con los resultados de pruebas experimentales. Los resultados experimentales para diferentes tipos de baterías o materiales pueden almacenarse en al menos un almacenamiento de datos y pueden utilizarse para la comparación en la prueba de confianza.

El sistema de prueba está configurado para proporcionar al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado. Tal y como se usa en el presente documento, el término «al menos partes» se refiere a formas de realización en las que se proporciona la serie temporal predicha completa de la variable de estado y/o a formas de realización en las que se proporciona al menos un rango temporal o punto en el tiempo específico de la serie temporal predicha de la variable de estado y/o a formas de realización en las que se proporciona otra información relativa a la serie temporal predicha. El sistema de prueba puede comprender al menos una interfaz de salida configurada para emitir al menos una salida que comprenda información sobre al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado. La salida puede comprender uno o más de al menos un histograma que muestre una evolución de la variable de estado en el tiempo. Asimismo, la salida puede comprender información sobre al menos una predicción de la vida útil de la batería y/o al menos una categorización. El sistema de prueba puede estar configurado para llevar a cabo al menos una medida en función de la serie temporal predicha de la variable de estado, donde la medida comprende una o más de la emisión de una recomendación; la emisión de una advertencia; la emisión de una indicación relativa a que se requiera modificar el material del cátodo de la batería. Tal y como se utiliza en el presente documento, el término «medida» se refiere a una acción arbitraria en función del resultado de la determinación del rendimiento de batería. El sistema de prueba puede estar configurado para proporcionar al menos un dato informativo sobre el rendimiento de batería determinado al cliente de la batería. Por ejemplo, la información puede ser proporcionada al cliente por la interfaz de salida. Asimismo, la información puede comprender una o más de una clasificación de las baterías en el banco de pruebas, una clasificación de las baterías, una clasificación del material del cátodo o al menos una recomendación. La salida puede comprender una clasificación de las baterías en el banco de pruebas y/o recomendaciones acerca de qué medición de las baterías se puede detener. La interfaz de comunicación puede estar configurada para permitir la monitorización de un estado del banco de pruebas. Esto puede hacer posible la preparación y el diseño del siguiente experimento basándose en el resultado de la determinación del rendimiento de batería.

En otro aspecto de la presente invención, se propone un banco de pruebas configurado para realizar al menos una prueba de rendimiento de batería en al menos una batería basada en al menos un protocolo de prueba para determinar el rendimiento de batería de al menos una batería.

El término «banco de pruebas», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a un entorno para probar las propiedades de al menos una batería. El banco de pruebas puede estar configurado para probar una pluralidad de baterías. El banco de pruebas puede comprender al menos un dispositivo de almacenamiento para almacenar la batería durante la prueba o la secuencia de pruebas.

La prueba de rendimiento de batería comprende al menos una secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga. La prueba de rendimiento de batería comprende la determinación de curvas de descarga-carga para cada ciclo. El banco de pruebas comprende al menos una interfaz de comunicación configurada para proporcionar datos de funcionamiento indicativos del protocolo de prueba y datos de entrada de rendimiento de batería a al menos un sistema de prueba según la presente invención. Con respecto a las definiciones y las formas de realización del banco de pruebas, se remite a la descripción del sistema de prueba.

En otro aspecto de la presente invención, se propone un método de determinación de al menos un modelo basado en datos para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba. El método comprende entrenar el modelo basado en datos con al menos un conjunto de datos de entrenamiento. El conjunto de datos de entrenamiento comprende datos históricos de ciclos de carga y descarga de al menos una configuración de batería conocida y al menos un protocolo de prueba conocido. Con respecto a las definiciones y a las formas de realización del, se remite a la descripción del sistema de prueba anterior o como se describe más detalladamente a continuación.

El método puede comprender los siguientes pasos:

- generar al menos un reservorio dinámico aleatorio;

- determinar al menos una unidad de entrada y al menos una unidad de salida;
- generar conexiones de entrada a reservorio y conexiones de salida a reservorio;
- seleccionar al menos una matriz de ponderaciones de entrada W^n y al menos una matriz de ponderaciones de reservorio W ;
- determinar las ponderaciones de salida mediante el entrenamiento del modelo con datos de entrenamiento mediante el entrenamiento del modelo basado en datos con los datos de entrenamiento, donde las ponderaciones de salida se determinan mediante análisis de regresión.

A modo de ejemplo, el modelo basado en datos puede ser al menos una red de estado de eco. El reservorio dinámico aleatorio puede generarse utilizando un modelo neuronal aleatorio. La determinación del modelo basado en datos puede comprender aplicar los datos de entrenamiento, en particular determinados experimentalmente en un primer punto en el tiempo midiendo al menos un parámetro que caracterice el rendimiento de batería de una batería de prueba de entrenamiento, como entrada $u(n)$ al reservorio dinámico aleatorio. Por lo tanto, la entrada $u(n)$ puede introducirse como estados de entrada en la unidad de entrada y puede aplicarse al reservorio de tal manera que se genere un vector de activaciones neuronales de reservorio $x(n)$ de. La determinación del modelo basado en datos puede comprender la generación de conexiones de salida a reservorio para permitir la retroalimentación de salida. La unidad de salida puede llenarse con la denominada salida de profesor $y(n)$ de los datos de entrenamiento, en particular determinada experimentalmente en un segundo punto en el tiempo retrasado con respecto al primer punto en el tiempo midiendo el al menos un parámetro que caracteriza el rendimiento de batería de la batería de prueba de entrenamiento. Las ponderaciones de salida W^{out} pueden determinarse mediante análisis de regresión, en particular regresión lineal, de las salidas de profesor $y(n)$ en los estados de reservorio $x(n)$. Las ponderaciones de salida W^{out} se utilizan para las conexiones de salida a reservorio. El entrenamiento puede comprender una pluralidad de ciclos de entrenamiento, por ejemplo, utilizando diferentes conjuntos de datos de entrenamiento tales como para diferentes materiales de cátodo y similares.

La red de estado de eco puede utilizar las siguientes ecuaciones del sistema

$$\tilde{x}(n) = f(W^{in}[1; u(n)] + Wx(n-1)),$$

$$x(n) = (1 - \alpha)x(n-1) + \alpha\tilde{x}(n),$$

donde $u(n)$ es la matriz de entrada la red de estado de eco, $x(n) \in \mathbb{R}^{N_x}$ es un vector de activaciones neuronales de reservorio y $\tilde{x}(n) \in \mathbb{R}^{N_x}$ es su actualización en el momento n , f es una función de activación, en particular una función sigmoidea tal como una sigmoidea logística o una función $\tanh$, y se aplica elemento a elemento, $[\cdot]$ representa una concatenación vertical de vectores, o matrices, $W^{in} \in \mathbb{R}^{N_x \times (1+N_u)}$ y $W \in \mathbb{R}^{N_x \times N_x}$ son las matrices de ponderaciones de entrada y recurrentes respectivamente, y $\alpha \in [0, 1]$ es la tasa de fuga, véase «Una guía práctica para la aplicación de redes de estado de eco», Mantas Lukosevicius, publicado en Redes neuronales. Secretos del oficio 2012. DOI:10.1007/978-3-642-35289-8_36 y <http://minds.jacobs-university.de/uploads/papers/PracticalESN.pdf>. La salida de profesor $y(n)$ puede venir dada por

$$y(n) = g(W^{out}z(n)).$$

donde g es una función de activación de salida, W^{out} es una matriz de ponderaciones de salida, y $z(n)$ es el estado de sistema extendido, donde $z(n) = [x(n); u(n)]$ en el momento n es la concatenación de los estados de reservorio y de entrada. Tal y como se ha descrito anteriormente, durante la fase de entrenamiento, las ponderaciones de salida W^{out} de la red de estado de eco pueden determinarse utilizando un análisis de regresión sobre la salida deseada derivada del conjunto de datos de entrenamiento. Tras el entrenamiento, la red de estado de eco puede utilizarse para determinar el rendimiento de baterías de las baterías sometidas a prueba.

Para determinar el rendimiento de batería de una batería sometida a prueba, los datos de entrada de rendimiento de batería pueden procesarse y aplicarse como entrada a la red de estado de eco. El procesamiento puede comprender la agregación de datos y/o la selección de información relativa a uno o más de los parámetros que caracterizan el rendimiento de batería, que pueden ser determinados por la red de estado de eco entrenada, también denominada variable de estado objetivo. La salida $y(n)$ de la red de estado de eco en este caso puede ser la variable de estado objetivo o la matriz de variables de estado para determinados puntos en el tiempo futuros o ciclos futuros.

En otro aspecto de la presente invención, se propone un método implementado por ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba. En el método se utiliza al menos un sistema de prueba según la presente invención. Por lo tanto, con respecto a las formas de realización y definiciones del método se remite a la descripción del sistema de prueba anterior o como se describe más detalladamente a continuación.

El término «implementado por ordenador», tal y como se utiliza en el presente documento, es un término amplio y ha de entenderse de conformidad con su significado ordinario y habitual para un experto en la materia y no debe

limitarse a un significado especial o personalizado. El término puede referirse concretamente, sin limitarse, a un proceso que se implemente total o parcialmente utilizando un medio de procesamiento de datos tal como un medio de procesamiento de datos que comprenda al menos un procesador. El término «ordenador», por lo tanto, puede referirse en general a un dispositivo o a una combinación o red de dispositivos que tengan al menos un medio de procesamiento de datos tal como al menos un procesador. Adicionalmente, el ordenador puede comprender uno o más componentes adicionales tales como al menos uno de un dispositivo de almacenamiento de datos, una interfaz electrónica o una interfaz hombre-máquina.

El método comprende los siguientes pasos del método que, concretamente, pueden realizarse en el orden dado. No obstante, también es posible un orden diferente. Además, es posible realizar dos o más de los pasos del método total o parcialmente de forma simultánea. Asimismo, uno o más o incluso todos los pasos del método pueden realizarse una vez o pueden realizarse de manera repetida tal como repetirse una o varias veces. Además, el método puede comprender pasos del método adicionales que no se mencionen.

El método comprende los siguientes pasos:

- a) recuperar datos de funcionamiento indicativos de al menos un protocolo de prueba a través de al menos una interfaz de comunicación;
- b) recuperar datos de entrada de rendimiento de batería a través de la interfaz de comunicación;
- c) determinar una serie temporal predicha de una variable de estado indicativa del rendimiento de batería basándose en los datos de entrada de rendimiento de batería y en los datos de funcionamiento utilizando un modelo basado en datos mediante un dispositivo de procesamiento;
- d) proporcionar al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado.

Los pasos a) a d) del método pueden realizarse total o parcialmente de manera implementada por ordenador. En los pasos a) y b) del método, los datos de funcionamiento indicativos de al menos un protocolo de prueba y los datos de entrada de rendimiento de batería pueden transferirse a través de la interfaz de comunicación, por ejemplo, mediante una interfaz web, al sistema de prueba, en particular al dispositivo de procesamiento para su análisis en el paso c).

En otro aspecto de la invención, se propone un programa de ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba. El programa de ordenador comprende instrucciones que, cuando el programa es ejecutado por un ordenador o sistema de ordenadores, hacen que el ordenador o sistema de ordenadores lleve a cabo el método de determinación del rendimiento de batería como se ha descrito anteriormente o como se describe más detalladamente a continuación. En particular, uno, más de uno o incluso todos los pasos a) a d) del método arriba indicado pueden realizarse utilizando un ordenador o una red de ordenadores, preferiblemente utilizando el programa de ordenador. Por lo tanto, para las posibles definiciones de la mayoría de los términos utilizados en el presente documento, se puede remitir a la descripción del método implementado por ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba anterior o como se describe más detalladamente a continuación.

Concretamente, uno o ambos del programa de ordenador pueden estar almacenados en un soporte de datos legible por ordenador y/o en un medio de almacenamiento legible por ordenador. Tal y como se utilizan en el presente documento, los términos «soporte de datos legible por ordenador» y «medio de almacenamiento legible por ordenador» pueden referirse concretamente a medios de almacenamiento de datos no transitorios tales como un medio de almacenamiento de hardware que tenga almacenadas instrucciones ejecutables por ordenador. El soporte de datos o medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser o puede comprender concretamente un medio de almacenamiento tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM) y/o una memoria de solo lectura (ROM).

Asimismo, en el presente documento se divulga y propone un producto de programa de ordenador que tiene medios de código de programa, con el fin de realizar el método de determinación del rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba de acuerdo con la presente invención en una o más de las formas de realización adjuntas en el presente documento cuando el programa se ejecuta en un ordenador o una red de ordenadores. Concretamente, los medios de código de programa pueden estar almacenados en un soporte de datos legible por ordenador y/o en un medio de almacenamiento legible por ordenador.

Asimismo, en el presente documento se divulga y propone un soporte de datos que tiene una estructura de datos almacenada en el mismo, que, después de cargarse en un ordenador o red de ordenadores tal como en una memoria de trabajo o memoria principal del ordenador o red de ordenadores, puede ejecutar el método de determinación del rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba de acuerdo con una o más de las formas de realización divulgadas en el presente documento.

Asimismo, en el presente documento se divulga y propone un producto de programa de ordenador con medios de código de programa almacenados en un soporte legible por máquina, con el fin de realizar el método de determinación del rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de

prueba de acuerdo con una o más de las formas de realización divulgadas en el presente documento, cuando el programa se ejecuta en un ordenador o una red de ordenadores. Tal y como se utiliza en el presente documento, un producto de programa de ordenador se refiere al programa como producto comercializable. Por lo general, el producto puede existir en cualquier formato tal como en formato papel, o en un soporte de datos legible por ordenador. Concretamente, el producto de programa de ordenador puede distribuirse a través de una red de datos.

En otro aspecto de la presente invención, se propone el uso de un método implementado por ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba según la presente invención para optimizar parámetros de síntesis y/o fabricación tales como el material de la batería y/o la geometría de la batería.

En otro aspecto de la presente invención, se propone un método para proporcionar al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado determinada por el método implementado por ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba según la presente invención a un sistema para optimizar el material de la batería y/o la geometría de la batería.

La optimización puede comprender realizar al menos una simulación.

Los métodos, los sistemas y los programas de la presente invención tienen numerosas ventajas con respecto a los métodos, los sistemas y los programas conocidos en la técnica. En particular, los métodos, los sistemas y los programas como se divulgan en el presente documento pueden permitir reducir el tiempo de medición en los bancos de pruebas durante el desarrollo de materiales para baterías de meses a semanas. Además, los métodos, los sistemas y los programas de la presente invención pueden permitir predecir no solo el estado de salud de la batería sino, adicionalmente, las propiedades futuras de la batería si se sigue tratando según lo definido por el al menos un protocolo de prueba.

En resumen y sin excluir otras posibles formas de realización, se divulga un sistema de prueba para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba, comprendiendo el sistema de prueba al menos una interfaz de comunicación y al menos un dispositivo de procesamiento, donde el sistema de prueba está configurado para recibir datos de funcionamiento indicativos de al menos un protocolo de prueba a través de la interfaz de comunicación, donde el sistema de prueba está configurado para recibir datos de entrada de rendimiento de batería a través de la interfaz de comunicación, donde el dispositivo de procesamiento está configurado para determinar al menos una serie temporal predicha de al menos una variable de estado indicativa del rendimiento de batería basándose en los datos de entrada de rendimiento de batería y en los datos de funcionamiento utilizando al menos un modelo basado en datos, donde el sistema de prueba está configurado para proporcionar al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado.

El modelo basado en datos puede comprender al menos una red neuronal recurrente tal como al menos una red de estado de eco.

De manera alternativa o adicional, la variable de estado puede ser derivable de al menos una curva de carga-descarga, donde la variable de estado puede ser al menos una variable seleccionada del grupo compuesto por la capacidad de descarga; la capacidad de carga; la forma de la curva de carga-descarga; la tensión media; la tensión en circuito abierto; la capacidad diferencial; la eficiencia coulombiana; la y resistencia interna. Los datos de funcionamiento indicativos de al menos un protocolo de prueba pueden comprender al menos una secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga.

De manera alternativa o adicional, el modelo basado en datos se ha entrenado sobre al menos un conjunto de datos de entrenamiento, donde el conjunto de datos de entrenamiento puede comprender series temporales de datos históricos de ciclos de carga y descarga de al menos una configuración de batería conocida y al menos un protocolo de prueba conocido.

De manera alternativa o adicional, el dispositivo de procesamiento puede estar configurado para utilizar el protocolo de prueba como un parámetro de entrada para determinar la serie temporal predicha de la variable de estado con el modelo basado en datos, y/o donde el dispositivo de procesamiento puede comprender una pluralidad de modelos basados en datos, donde el dispositivo de procesamiento puede estar configurado para seleccionar uno de los modelos basados en datos para determinar la serie temporal predicha de la variable de estado en función del protocolo de prueba.

De manera alternativa o adicional, el dispositivo de procesamiento puede estar configurado para utilizar los datos de entrada de rendimiento de batería como parámetro de entrada para determinar la serie temporal predicha de la variable de estado con el modelo basado en datos.

El dispositivo de procesamiento puede comprender una pluralidad de modelos basados en datos, donde el dispositivo de procesamiento puede estar configurado para analizar los datos de entrada de rendimiento de batería, donde el análisis puede comprender la determinación de al menos una característica de material, donde al menos uno de los modelos basados en datos puede seleccionarse basándose en la característica de material.

De manera alternativa o adicional, los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender datos generados en respuesta al protocolo de prueba.

De manera alternativa o adicional, el protocolo de prueba puede estar predefinido.

- 5 De manera alternativa o adicional, el modelo basado en datos se ha parametrizado basándose en datos de funcionamiento indicativos del al menos un protocolo de prueba y datos de entrada de rendimiento de batería.

El modelo basado en datos puede utilizar el conocimiento de ciclos de carga-descarga pasados y futuros siguiendo el al menos un protocolo de prueba para predecir el rendimiento de batería futuro.

De manera alternativa o adicional, el modelo basado en datos puede tener una memoria temporal y/o el modelo basado en datos puede ser un modelo dependiente del tiempo.

- 10 De manera alternativa o adicional, el protocolo de prueba puede comprender información sobre al menos una prueba de rendimiento de batería, donde la prueba de rendimiento de la batería puede comprender al menos una secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga, donde en la prueba de rendimiento de batería pueden determinarse curvas de descarga-carga para cada ciclo.

- 15 La prueba de rendimiento de batería puede ser realizada por un cliente, donde el cliente puede proporcionar los datos de entrada de rendimiento de batería al sistema de prueba a través de la interfaz de comunicación, donde el sistema de prueba puede estar configurado para proporcionar al cliente al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado.

- 20 De manera alternativa o adicional, el sistema de prueba puede comprender al menos una interfaz de salida configurada para emitir al menos una salida que comprende información sobre al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado.

La salida puede comprender uno o más de al menos un histograma que muestra una evolución de la variable de estado en el tiempo, donde la salida además puede comprender información sobre al menos una predicción de la vida útil de la batería y/o al menos una categorización.

- 25 De manera alternativa o adicional, el sistema de prueba puede estar configurado para llevar a cabo al menos una medida en función de la serie temporal predicha de la variable de estado, donde la medida puede comprender una o más de la emisión de una recomendación; la emisión de una advertencia; la emisión de una indicación relativa a que se requiera modificar el material del cátodo de la batería.

- 30 De manera alternativa o adicional, los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender datos de ciclo de descarga-carga, donde los datos de ciclo de descarga-carga pueden comprender al menos una curva de carga-descarga.

- 35 De manera alternativa o adicional, los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender uno o más de la información sobre la capacidad de descarga; la información sobre la capacidad de carga; la información sobre la forma de la curva de carga-descarga; la información sobre la tensión media; la información sobre la tensión en circuito abierto; la información sobre la capacidad diferencial; la información sobre la eficiencia coulombiana; y la información sobre la resistencia interna.

De manera alternativa o adicional, los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender metadatos relativos a uno o más del material de cátodo y la configuración de celda.

- 40 De manera alternativa o adicional, el dispositivo de procesamiento puede estar configurado para validar los datos de entrada de rendimiento de batería, donde la validación puede comprender determinar si los datos de entrada de rendimiento de batería recuperados están completos y/o comprenden suficientes ciclos para la determinación del rendimiento de batería.

De manera alternativa o adicional, el dispositivo de procesamiento puede estar configurado para realizar al menos una prueba de confianza, donde la prueba de confianza la variable de estado determinada puede compararse con resultados de pruebas experimentales.

- 45 Asimismo, se divulga un banco de pruebas configurado para realizar al menos una prueba de rendimiento de batería en al menos una batería basada en al menos un protocolo de prueba, donde la prueba de rendimiento de batería comprende al menos una secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga, donde la prueba de rendimiento de batería comprende la determinación de curvas de descarga-carga para cada ciclo, donde el banco de pruebas comprende al menos una interfaz de comunicación configurada para proporcionar datos de funcionamiento indicativos del protocolo de prueba y datos de entrada de rendimiento de batería a al menos un sistema de prueba según la presente invención.
- 50

Asimismo, se divulga un método de determinación de al menos un modelo basado en datos para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba, donde el

método comprende entrenar el modelo basado en datos con al menos un conjunto de datos de entrenamiento, donde el conjunto de datos de entrenamiento comprende datos históricos de ciclos de carga y descarga de al menos una configuración de batería conocida y al menos un protocolo de prueba conocido.

El método puede comprender los siguientes pasos:

- 5 - generar al menos un reservorio dinámico aleatorio;
- determinar al menos una unidad de entrada y al menos una unidad de salida;
- generar conexiones de entrada a reservorio y conexiones de salida a reservorio;
- seleccionar al menos una matriz de ponderaciones de entrada y al menos una matriz de ponderaciones de reservorio;
- 10 - determinar las ponderaciones de salida mediante el entrenamiento del modelo basado en datos con los datos de entrenamiento, donde las ponderaciones de salida se determinan mediante un análisis de regresión.

15 Asimismo, se divulga un método implementado por ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba, donde en el método se utiliza al menos un sistema de prueba según la presente invención, comprendiendo el método los siguientes pasos:

- a) recuperar datos de funcionamiento indicativos de al menos un protocolo de prueba a través de al menos una interfaz de comunicación;
- b) recuperar datos de entrada de rendimiento de batería a través de la interfaz de comunicación;
- 20 c) determinar una serie temporal predicha de una variable de estado indicativa del rendimiento de batería basándose en los datos de entrada de rendimiento de batería y en los datos de funcionamiento utilizando un modelo basado en datos mediante un dispositivo de procesamiento;
- d) proporcionar al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado.

25 Asimismo, se divulga un programa de ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba, configurado para hacer que un ordenador o una red de ordenadores realice total o parcialmente el método de determinación del rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba según la presente invención, cuando se ejecuta en el ordenador o la red de ordenadores, donde el programa de ordenador está configurado para realizar al menos los pasos a) a d) del método de determinación del rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba según la presente invención.

30 Asimismo, se divulga un uso de un método implementado por ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba según la presente invención para optimizar el material de la batería y/o la geometría de la batería.

35 Asimismo, se divulga un método para proporcionar al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado determinada por el método de determinación del rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba de acuerdo con la presente invención a un sistema para optimizar el material de la batería y/o la geometría de la batería.

Breve descripción de los dibujos

40 Otras características y formas de realización opcionales se van a divulgar de manera más detallada en la siguiente descripción de las formas de realización, preferentemente junto con las reivindicaciones dependientes. En esta, las características opcionales respectivas pueden llevarse a la práctica por separado, así como en cualquier combinación arbitraria factible, tal y como resultará evidente para el experto en la materia. El alcance de la invención no está restringido por las formas de realización preferidas. El alcance de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas. Las formas de realización se representan esquemáticamente en las figuras. Aquí, los números de referencia idénticos en estas figuras se refieren a elementos idénticos o comparables funcionalmente.

En las figuras:

- | | |
|------------------|---|
| la figura 1 | muestra esquemáticamente una forma de realización de un sistema de prueba y un banco de pruebas según la presente invención; |
| 50 la figura 2 | muestra esquemáticamente una forma de realización de un método de determinación del rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba según la presente invención; |
| la figura 3 | muestra una comparación de los resultados experimentales y la predicción utilizando el método según la presente invención; y |

las figuras 4A y 4B

muestran una curva de carga-descarga a modo de ejemplo y la extracción de datos de entrada de rendimiento de batería.

Descripción detallada de las formas de realización

5 La figura 1 muestra de manera muy esquemática una forma de realización de un sistema de prueba 110 para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en una prueba. Se muestra a modo de ejemplo una batería 112. La batería 112 puede ser una batería recargable. La batería 112 puede seleccionarse del grupo compuesto por las baterías de ion-litio (Li-Ion); níquel-cadmio (Ni-Cd); níquel-hidruro metálico (Ni-MH). Por ejemplo, la batería puede comprender al menos un material de cátodo seleccionado del grupo compuesto por LiCoO₂ (óxido de litio y cobalto); LiNi_xMn_yCo_zO₂ (óxido de litio, níquel, manganeso y cobalto) y LiFePO₄ (fosfato de litio y hierro). Por ejemplo, la batería puede comprender al menos un material de ánodo seleccionado del grupo compuesto por el grafito y el silicio. Por ejemplo, la batería puede comprender al menos un electrolito seleccionado del grupo compuesto por LiPF₆, LiBF₄ o LiClO₄ en un disolvente orgánico tal como el carbonato de etileno, el carbonato de dimetilo y el carbonato de dietilo.

10 El sistema de prueba 110 comprende al menos una interfaz de comunicación 114. El sistema de prueba 110 está configurado para recibir datos de entrada de rendimiento de batería 112 a través de la interfaz de comunicación 114. La interfaz de comunicación 114 puede comprender el al menos un dispositivo de almacenamiento de datos configurado para almacenar los datos de entrada de rendimiento de batería. La interfaz de comunicación 114 puede proporcionar concretamente medios para transferir o intercambiar información. En particular, la interfaz de comunicación 114 puede proporcionar una conexión de transferencia de datos, por ejemplo, Bluetooth, NFC, acoplamiento inductivo o similares. A modo de ejemplo, la interfaz de comunicación 114 puede ser o comprender al menos un puerto que comprenda uno o más de un puerto de red o de Internet, un puerto USB y una unidad de disco. La interfaz de comunicación 114 puede ser al menos una interfaz web. La interfaz de comunicación 114 puede ser o comprender al menos una base de datos seleccionada del grupo compuesto por al menos un servidor, al menos un sistema de servidores que comprenda una pluralidad de servidores, al menos un servidor en la nube o una infraestructura de computación en la nube. La interfaz de comunicación 114 puede comprender al menos una unidad de almacenamiento configurada para almacenar los datos de entrada de rendimiento de batería recibidos.

Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden ser datos que comprendan información sobre el comportamiento y/o el rendimiento de la batería generada en respuesta al protocolo de prueba. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender datos generados en respuesta a al menos un protocolo de prueba. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden ser o comprender datos brutos y/o datos preprocesados. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden determinarse realizando el al menos un programa de prueba. El programa de prueba puede comprender la determinación de al menos una curva de descarga-carga de la batería 112. El programa de prueba puede realizarse en un banco de pruebas 116. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden transferirse al sistema de prueba 110 a través de la interfaz de comunicación 114 en tiempo real o con retardo en una transferencia en bloque.

Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender datos de ciclo de descarga-carga. Los datos de ciclo de descarga-carga pueden comprender al menos una curva de carga-descarga. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender uno o más de la información sobre la capacidad de descarga; la información sobre la capacidad de carga; la información sobre la forma de la curva de carga-descarga; la información sobre la tensión media; la información sobre la tensión en circuito abierto; la información sobre la capacidad diferencial; la información sobre la eficiencia coulombiana; y la información sobre la resistencia interna. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender metadatos relativos a uno o más del material de cátodo y la configuración de celda. Los metadatos pueden utilizarse para seleccionar un modelo entrenado adecuado, por ejemplo, teniendo en cuenta el material del cátodo y/o la configuración de la celda.

El sistema de prueba 110 está configurado para recibir datos de funcionamiento indicativos del protocolo de prueba a través de la interfaz de comunicación 114. Los datos de funcionamiento pueden comprender información sobre al menos un programa de prueba realizado sobre la batería 112 en el banco de pruebas 116, en particular una o más de las condiciones de funcionamiento, el orden de las pruebas, los procesos y similares. El banco de pruebas 116 puede comprender un dispositivo de almacenamiento de baterías 118 configurado para alojar las baterías durante la prueba y una máquina de ciclos 120 configurada para aplicar una pluralidad de ciclos de carga-descarga a las baterías. La máquina de ciclos 120 puede estar configurada para registrar los datos de entrada de rendimiento de batería. Los datos de funcionamiento indicativos de al menos un protocolo de prueba comprenden, por ejemplo, al menos una secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga. El protocolo de prueba puede definir un orden de programas de prueba y/o una secuencia de programas de prueba y/o la duración de cada uno de los programas de prueba. Cada uno de los programas de prueba puede comprender al menos un ciclo de carga-descarga, siendo diferentes los ciclos de carga-descarga de al menos dos de los programas de prueba. El protocolo de prueba puede comprender información sobre al menos una prueba de rendimiento de batería. La prueba de rendimiento de batería puede comprender al menos una secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga. En la prueba de rendimiento de batería pueden determinarse curvas de carga-descarga para cada ciclo.

La prueba de rendimiento de batería puede ser realizada por un cliente. El cliente puede proporcionar los datos de entrada de rendimiento de batería al sistema de prueba 110 a través de la interfaz de comunicación 114.

El sistema de prueba 110 comprende al menos un dispositivo de procesamiento 122. El dispositivo de procesamiento 122 puede estar configurado para validar los datos de entrada de rendimiento de batería. El dispositivo de procesamiento 122 está configurado para determinar al menos una serie temporal predicha de al menos una variable de estado indicativa del rendimiento de batería basándose en los datos de entrada de rendimiento de batería y en los datos de funcionamiento utilizando al menos un modelo basado en datos, indicado con el número de referencia 124 en la figura 1. La validación puede comprender la determinación de si los datos de entrada de rendimiento de batería recuperados están completos y/o comprenden suficientes ciclos para la determinación del rendimiento de batería. La validación puede comprender uno o más de revisar, inspeccionar o probar los datos de entrada de rendimiento de batería. Concretamente, la validación comprende determinar si los datos de entrada de rendimiento de batería recuperados están completos y/o comprenden suficientes ciclos para la determinación del rendimiento de batería. Por ejemplo, en el caso de que la validación revele que los datos de entrada de rendimiento de batería recuperados no están completos y/o no comprenden suficientes ciclos para determinar el rendimiento de batería, se le puede solicitar al cliente que proporcione datos adicionales utilizando la interfaz de comunicación 114.

La variable de estado puede derivarse o puede ser derivable a partir de al menos una curva de carga-descarga. La variable de estado puede ser al menos una variable seleccionada del grupo compuesto por la capacidad de descarga; la capacidad de carga; la forma de la curva de carga-descarga; la tensión media; la tensión en circuito abierto; la capacidad diferencial; la eficiencia coulombiana; y la resistencia interna. Las variables de estado pueden utilizarse de manera simultánea.

El dispositivo de procesamiento 122 puede estar configurado para seleccionar información a partir de los datos de entrada de rendimiento de batería en función de la variable de estado cuya evolución futura se ha de predecir. El dispositivo de procesamiento 122 puede estar configurado para clasificar los datos de entrada de rendimiento de batería en función de la variable de estado cuya evolución futura se ha de predecir. Por ejemplo, la variable de estado puede ser la capacidad de descarga. La clasificación puede ser como sigue a continuación: La capacidad de carga de ciclos anteriores y/o la capacidad de descarga de ciclos anteriores pueden considerarse las más relevantes, ya que son muy próximas a la variable de estado que se ha de predecir. La forma de las curvas de carga y/o descarga y la resistencia interna de ciclos anteriores pueden considerarse menos relevantes que la capacidad de carga de ciclos anteriores y/o la capacidad de descarga de ciclos anteriores. Para otras variables de estado tales como la resistencia interna, la clasificación puede ser diferente.

La serie temporal predicha de la variable de estado puede ser una serie temporal esperada de la variable de estado determinada utilizando el al menos un modelo basado en datos. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden ser datos experimentales. La serie temporal predicha de la variable de estado puede determinarse, en particular predecirse, utilizando el modelo basado en datos, donde los datos de entrada de rendimiento de batería se utilizan como entrada para el modelo basado en datos. Los datos de entrada de rendimiento de batería pueden comprender datos experimentales basados en los cuales se prediga la serie temporal predicha de la variable de estado. Además, la serie temporal predicha se determina sobre los datos de funcionamiento. El sistema de prueba 110 puede comprender el al menos un dispositivo de almacenamiento, donde se puede almacenar una pluralidad de diferentes modelos basados en datos. Por ejemplo, el dispositivo de almacenamiento puede comprender diferentes modelos basados en datos para diferentes protocolos de prueba. En particular, el dispositivo de procesamiento 122 puede estar configurado para seleccionar el modelo basado en datos basándose en el protocolo de prueba utilizado para la prueba de batería. De manera adicional o alternativa, el dispositivo de almacenamiento de datos puede comprender diferentes modelos basados en datos dependiendo de la variable de estado a predecir. El dispositivo de procesamiento 122 puede estar configurado para determinar una serie temporal predicha para una variable de estado o una pluralidad de variables de estado. También pueden predecirse a la vez series temporales de cualquier combinación de variables de estado.

El modelo basado en datos puede derivarse del análisis de datos experimentales. El modelo basado en datos puede ser una herramienta de aprendizaje automático. El modelo basado en datos puede comprender al menos un modelo entrenado. Por ejemplo, el modelo basado en datos se ha entrenado sobre al menos un conjunto de datos de entrenamiento, donde el conjunto de datos de entrenamiento comprende series temporales de datos históricos de ciclos de carga y descarga de al menos una configuración de batería conocida y al menos un protocolo de prueba conocido. El conjunto de datos de entrenamiento puede comprender una pluralidad de resultados experimentales de pruebas de batería, por ejemplo, para uno o más de los parámetros que caracterizan el rendimiento de batería. El conjunto de datos de entrenamiento puede comprender una pluralidad de resultados experimentales de pruebas de batería determinados en al menos dos puntos en el tiempo tales como para diferentes ciclos. Para el entrenamiento del modelo se puede utilizar una pluralidad de conjuntos de datos de entrenamiento, por ejemplo, relativos a diferentes baterías sometidas a prueba.

El modelo basado en datos puede ser un modelo basado en características, donde las características o un subconjunto de características se utilizan para predecir el rendimiento de batería. Los datos de entrenamiento pueden utilizarse para seleccionar las características para el modelo entrenado. La selección de características

puede comprender la selección de un subconjunto de características relevantes, en particular variables y predictores, para su uso en la construcción del modelo. La selección de características puede comprender la obtención de aspectos electroquímicos en determinados puntos en el tiempo tales como puntos en el tiempo relevantes de la curva de carga o descarga, la resistencia interna, la tensión en circuito abierto, la capacidad diferencial. Las características pueden seleccionarse teniendo en cuenta las irregularidades debidas a la clase de material. Los datos de entrenamiento pueden comprender datos brutos. La selección de características puede comprender la agregación de datos como, por ejemplo, por paso o por ciclo. Las características pueden seleccionarse utilizando conocimientos de electroquímica y/o métodos tradicionales de selección de características tales como la retención de las características con una elevada correlación con la respuesta. Los conocimientos electroquímicos pueden comprender, por ejemplo, información sobre los intervalos de tensión en los que se esperan transiciones de fase interesantes y, por tanto, regiones de la curva a partir de las que deben extraerse características.

El modelo basado en datos puede comprender al menos una red neuronal recurrente tal como al menos una red de estado de eco.

El dispositivo de procesamiento 122 puede estar configurado para utilizar los datos de entrada de rendimiento de batería como parámetro de entrada para determinar la serie temporal predicha de la variable de estado con el modelo basado en datos. Para determinar el rendimiento de batería de una batería 112 sometida a prueba, los datos de entrada de rendimiento de batería pueden procesarse y aplicarse como entrada al modelo basado en datos. El procesamiento puede comprender la agregación de datos. El procesamiento puede comprender la selección de información relativa a al menos uno de los parámetros que caracterizan el rendimiento de batería cuya serie temporal es predicha por el modelo basado en datos, también denominada variable de estado objetivo. En este caso, la salida generada por el modelo basado en datos puede ser la serie temporal predicha de la variable de estado objetivo o la matriz de variables de estado.

El dispositivo de procesamiento 122 puede estar configurado para utilizar el protocolo de prueba como un parámetro de entrada para determinar la serie temporal predicha de la variable de estado con el modelo basado en datos. Concretamente, el dispositivo de procesamiento puede estar configurado para seleccionar al menos un modelo basado en datos adecuado basándose en los datos de entrada de rendimiento de batería recibidos, tal como basándose en la información recibida sobre el protocolo de prueba y/o la secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga. El dispositivo de procesamiento 122 puede comprender una pluralidad de modelos basados en datos, donde el dispositivo de procesamiento 122 está configurado para seleccionar uno de los modelos basados en datos para determinar la serie temporal predicha de la variable de estado en función del protocolo de prueba. Por ejemplo, cada uno de la pluralidad de modelos basados en datos puede entrenarse con datos derivados del uso de un protocolo de prueba diferente. Los modelos pueden tener distintos parámetros de ajuste y distintos hiperparámetros, que controlan la complejidad. Sin embargo, la estructura general puede ser la misma para todos los modelos. También pueden ser posibles otros criterios para seleccionar el modelo basado en datos más adecuado. Por ejemplo, el dispositivo de procesamiento 122 puede comprender una pluralidad de modelos basados en datos, por ejemplo, en función de una característica de material. El dispositivo de procesamiento 122 puede estar configurado para analizar los datos de entrada de rendimiento de batería, donde el análisis comprende la determinación de al menos una característica de material. El dispositivo de procesamiento 122 puede estar configurado para seleccionar al menos uno de los modelos basados en datos basándose en la característica de material. La información sobre la característica del material puede determinarse a partir de los datos de entrada de rendimiento de batería como, por ejemplo, a partir de los metadatos.

El dispositivo de procesamiento 122 puede estar configurado para realizar al menos una prueba de confianza, donde la variable de estado determinada se compara con resultados de pruebas experimentales. En la prueba de confianza, la serie temporal predicha de la variable de estado puede compararse con los resultados de pruebas experimentales. Los resultados experimentales para diferentes tipos de baterías o materiales pueden almacenarse en al menos un almacenamiento de datos y pueden utilizarse para la comparación en la prueba de confianza.

El sistema de prueba 110 está configurado para proporcionar al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado. El sistema de prueba 110 puede comprender al menos una interfaz de salida 126 configurada para emitir al menos una salida que comprenda información sobre al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado. En la figura 1, la interfaz de comunicación 114 y la interfaz de salida 126 son idénticas. La salida puede comprender uno o más de al menos un histograma que muestre una evolución de la variable de estado en el tiempo. Asimismo, la salida puede comprender información sobre al menos una predicción de la vida útil de la batería y/o al menos una categorización. El sistema de prueba 110 puede estar configurado para llevar a cabo al menos una medida en función de la serie temporal predicha de la variable de estado, donde la medida comprende una o más de la emisión de una recomendación; la emisión de una advertencia; la emisión de una indicación relativa a que se requiera modificar el material del cátodo de la batería. El sistema de prueba 110 puede estar configurado para proporcionar al menos un dato informativo sobre el rendimiento de batería determinado al cliente de la batería 112. Por ejemplo, la información puede ser proporcionada al cliente por la interfaz de salida 126. Asimismo, la información puede comprender una o más de una clasificación de las baterías en el banco de pruebas 116, una clasificación de las baterías, una clasificación del material del cátodo o al menos una recomendación. La salida puede comprender una clasificación de las baterías en el banco de pruebas 116 y/o recomendaciones acerca de qué

medición de las baterías se puede detener. La interfaz de comunicación 114 puede estar configurada para permitir la monitorización de un estado del banco de pruebas 116. Esto puede hacer posible la preparación y el diseño del siguiente experimento basándose en el resultado de la determinación del rendimiento de batería.

En la figura 2 se muestra esquemáticamente una forma de realización de un método implementado por ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba.

El método comprende los siguientes pasos:

- (Indicado con el número de referencia 128) recuperar datos de funcionamiento indicativos de al menos un protocolo de prueba a través de al menos una interfaz de comunicación y recuperar datos de entrada de rendimiento de batería a través de la interfaz de comunicación;
- (Indicado con el número de referencia 130) determinar una serie temporal predicha de una variable de estado indicativa del rendimiento de batería basándose en los datos de entrada de rendimiento de batería y en los datos de funcionamiento utilizando el modelo basado en datos mediante el dispositivo de procesamiento 122.

El método puede comprender además un paso de toma de decisiones 132, donde, dependiendo de la salida del sistema de prueba 110, el cliente puede decidir si la batería 112 y el material de cátodo usado se consideran «buenos» o «malos». En caso de que el material del cátodo se considere «malo», el cliente puede proceder a cambiar o modificar el material del cátodo y comenzar de nuevo con el paso a) del método. Por lo tanto, los pasos a) y b) del método pueden realizarse una vez o pueden realizarse de manera repetida tal como repetirse una o varias veces, en particular para diferentes baterías 112 y/o diferentes materiales de cátodo.

La figura 3 muestra una comparación de los resultados experimentales y la predicción utilizando el método según la presente invención. En particular, se representa la capacidad de batería c como función del tiempo t en días para un conjunto de datos de entrenamiento 134 y para la predicción 136. Para la predicción que se muestra aquí, se han utilizado como entrada los primeros datos 138. Se observa una buena concordancia entre la predicción y la medición. En la figura 3, la desviación entre el modelo y el experimento es de aproximadamente un 2 % a 200 ciclos en el futuro, lo que es aproximadamente 3 semanas.

La figura 4A muestra una curva de carga-descarga a modo de ejemplo, en particular la tensión como función de la capacidad, determinada en el banco de pruebas 116. La curva de carga-descarga puede utilizarse para determinar varios parámetros indicativos del rendimiento de batería tales como la capacidad de descarga, indicada con la flecha a. Además, se representa la caída de tensión, indicada con las flechas b, que se utiliza para calcular la resistencia interna. Además, en la Figura 4A se muestran la tensión media, indicada con c, la curva dQ/dV , indicada con d, la tensión en circuito abierto de descarga, indicada con e, y la tensión en circuito abierto de carga, indicada con f. La figura 4A muestra además la capacidad de carga, indicada con g, donde la línea discontinua de trazos finos indica la capacidad de carga constante y la línea discontinua de trazos gruesos indica la capacidad de carga de tensión constante.

La figura 4B muestra una extracción de datos de entrada de rendimiento de batería a partir de datos experimentales determinados a partir de 2.130 pruebas de carga y descarga. Concretamente, se representa la evolución en el tiempo de la tensión y la corriente. Se muestra que la corriente, la línea continua fina, cambia de forma escalonada, ya que se mantienen corrientes constantes durante la mayor parte de cada paso de carga y descarga. Las flechas dobles centradas sobre la curva de tensión muestran algunas de las características que pueden utilizarse como entradas del modelo. Estas corresponden al cambio de capacidad durante un intervalo de tensión predefinido, dado por las líneas horizontales de la figura 4B, durante la carga. Las caídas de corriente corresponden a pasos de tensión constante y reposo, donde se permite que la batería se relaje hasta un estado de equilibrio.

Lista de números de referencia

	110	sistema de prueba
	112	batería
5	114	interfaz de comunicación
	116	banco de pruebas
	118	dispositivo de almacenamiento de baterías
	120	máquina de ciclos
	122	dispositivo de procesamiento
10	124	modelo basado en datos
	126	interfaz de salida
	128	recuperación de datos
	130	determinación de predicción
	132	toma de decisiones
15	134	conjunto de datos de entrenamiento
	136	predicción
	138	primeros datos

20 Referencias

Kristen A. Severson y otros., «La predicción basada en datos de la vida cíclica de las baterías antes de la degradación de su capacidad», Nature Energy, <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0356-8>

US 2019/0115778 A1

25 «Una guía práctica para la aplicación de redes de estado de eco», Mantas Lukosevicius, publicado en Redes neuronales: Secretos del oficio 2012. DOI:10.1007/978-3-642-35289-8_36; <http://minds.jacobs-university.de/uploads/papers/PracticalESN.pdf>

WO 2019/017991 A1

REIVINDICACIONES

1. Sistema de prueba (110) para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba, comprendiendo el sistema de prueba (110) al menos una interfaz de comunicación (114) y al menos un dispositivo de procesamiento (122), donde el sistema de prueba (110) está configurado para recibir datos de funcionamiento indicativos de al menos un protocolo de prueba a través de la interfaz de comunicación (114), donde el sistema de prueba (110) está configurado para recibir datos de entrada de rendimiento de batería a través de la interfaz de comunicación (114), donde el dispositivo de procesamiento (122) está configurado para determinar al menos una serie temporal predicha de al menos una variable de estado indicativa del rendimiento de batería basándose en los datos de entrada de rendimiento de batería y en los datos de funcionamiento utilizando al menos un modelo basado en datos, donde el sistema de prueba (110) está configurado para proporcionar al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado.
2. Sistema de prueba (110) según la reivindicación anterior, donde los datos de funcionamiento indicativos de al menos un protocolo de prueba comprenden al menos una secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga.
3. Sistema de prueba (110) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el modelo basado en datos se ha entrenado sobre al menos un conjunto de datos de entrenamiento, donde el conjunto de datos de entrenamiento comprende series temporales de datos históricos de ciclos de carga y descarga de al menos una configuración de batería conocida y al menos un protocolo de prueba conocido.
4. Sistema de prueba (110) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el dispositivo de procesamiento (122) está configurado para utilizar el protocolo de prueba como parámetro de entrada para determinar la serie temporal predicha de la variable de estado con el modelo basado en datos, y/o donde el dispositivo de procesamiento (122) comprende una pluralidad de modelos basados en datos, donde el dispositivo de procesamiento (122) está configurado para seleccionar uno de los modelos basados en datos para determinar la serie temporal predicha de la variable de estado en función del protocolo de prueba.
5. Sistema de prueba (110) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el dispositivo de procesamiento (122) está configurado para utilizar los datos de entrada de rendimiento de batería como parámetro de entrada para determinar la serie temporal predicha de la variable de estado con el modelo basado en datos.
6. Sistema de prueba (110) según la reivindicación anterior, donde el dispositivo de procesamiento (122) comprende una pluralidad de modelos basados en datos, donde el dispositivo de procesamiento (122) está configurado para analizar los datos de entrada de rendimiento de batería, donde el análisis comprende la determinación de al menos una característica de material, donde al menos uno de los modelos basados en datos se selecciona basándose en la característica de material.
7. Sistema de prueba (110) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los datos de entrada de rendimiento de batería comprenden datos generados en respuesta al protocolo de prueba.
8. Sistema de prueba (110) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el protocolo de prueba está predefinido.
9. Sistema de prueba (110) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el modelo basado en datos se ha parametrizado basándose en datos de funcionamiento indicativos del al menos un protocolo de prueba y datos de entrada de rendimiento de batería.
10. Sistema de prueba (110) según la reivindicación anterior, donde el modelo basado en datos utiliza el conocimiento de ciclos de carga-descarga pasados y futuros siguiendo el al menos un protocolo de prueba para predecir el rendimiento de batería futuro.
11. Sistema de prueba (110) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el modelo basado en datos tiene una memoria temporal y/o el modelo basado en datos es un modelo dependiente del tiempo.
12. Sistema de prueba (110) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el protocolo de prueba comprende información sobre al menos una prueba de rendimiento de batería, donde la prueba de rendimiento de batería comprende al menos una secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga, donde en la prueba de rendimiento de batería se determinan curvas de descarga-carga para cada ciclo.
13. Sistema de prueba (110) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los datos de entrada de rendimiento de batería comprenden metadatos relativos a uno o más del material de cátodo y la configuración de celda.
14. Banco de pruebas (116) configurado para realizar al menos una prueba de rendimiento de batería en al menos una batería (112) basada en al menos un protocolo de prueba, donde la prueba de rendimiento de batería comprende al menos una secuencia de diferentes ciclos de carga y/o ciclos de descarga, donde la prueba de rendimiento de batería comprende la determinación de curvas de descarga-carga para cada ciclo, donde el banco de

pruebas (116) comprende al menos una interfaz de comunicación configurada para proporcionar datos de funcionamiento indicativos del protocolo de prueba y datos de entrada de rendimiento de batería a al menos un sistema de prueba (110) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

- 5 15. Método de determinación de al menos un modelo basado en datos para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba, donde el método se lleva a cabo mediante el sistema de prueba (110) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, donde el método comprende entrenar el modelo basado en datos con al menos un conjunto de datos de entrenamiento, y donde el conjunto de datos de entrenamiento comprende datos históricos de ciclos de carga y descarga de al menos una configuración de batería conocida y al menos un protocolo de prueba conocido.
- 10 16. Método implementado por ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba, donde en el método se utiliza al menos un sistema de prueba (110) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, comprendiendo el método los siguientes pasos:
 - a) recuperar datos de funcionamiento indicativos de al menos un protocolo de prueba a través de al menos una interfaz de comunicación (114);
 - 15 b) recuperar datos de entrada de rendimiento de batería a través de la interfaz de comunicación (114);
 - c) determinar una serie temporal predicha de una variable de estado indicativa del rendimiento de batería basándose en los datos de entrada de rendimiento de batería y en los datos de funcionamiento utilizando un modelo basado en datos mediante un dispositivo de procesamiento (122);
 - d) proporcionar al menos partes de la serie temporal predicha de la variable de estado.
- 20 17. Programa de ordenador para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba, configurado para hacer que un ordenador o una red de ordenadores realice el método para determinar el rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba según la reivindicación anterior, cuando se ejecuta en el ordenador o la red de ordenadores, donde el programa de ordenador está configurado para realizar al menos los pasos a) a d) del método de
- 25 determinación del rendimiento de batería durante el desarrollo de una configuración de batería en un entorno de prueba según la reivindicación anterior.

FIG.1

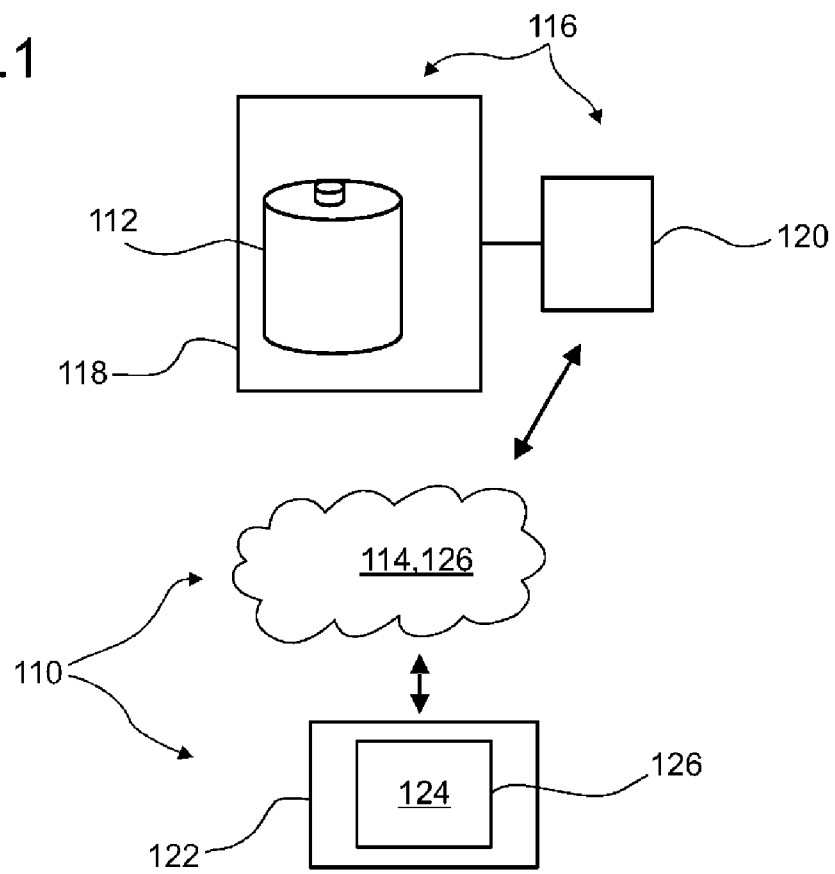


FIG.2

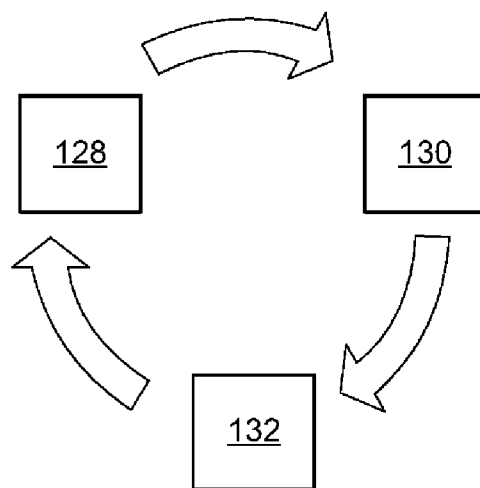


FIG.3

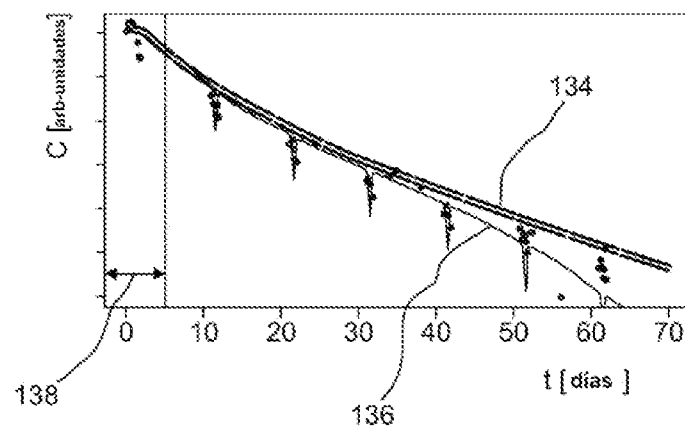


FIG.4A

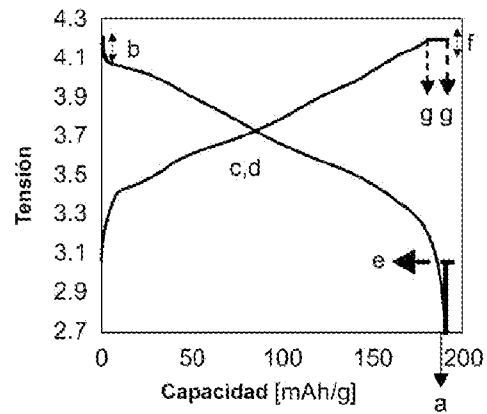


FIG.4B

