

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 791 538**

51 Int. Cl.:

G01R 31/02 (2006.01)

G01R 31/36 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2018** **E 18181569 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020** **EP 3524987**

54 Título: **Sistema para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería**

30 Prioridad:

08.02.2018 FI 20185114 U

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

04.11.2020

73 Titular/es:

**AKKURATE OY (100.0%)
Kaarikatu 8
20760 Pilsanristi, FI**

72 Inventor/es:

**MÄKI, JANI y
KOSKINEN, JARI**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 791 538 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

Sistema para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería

5 **Campo técnico**

La presente divulgación se refiere en general a baterías recargables; y más específicamente, a métodos y a sistemas para analizar el estado, el mantenimiento y la seguridad de las baterías recargables.

10 **Antecedentes**

Se usan ampliamente baterías recargables, por ejemplo, en dispositivos electrónicos portátiles y vehículos eléctricos. Sin embargo, en ocasiones las baterías recargables fallan inesperadamente, lo que puede conducir a una pérdida de dinero, bienes o podría poner en peligro la salud de una persona.

15 Un posible mecanismo de fallo de una celda de batería o una unidad de batería es un cortocircuito interno. El cortocircuito interno puede producirse debido a muchos motivos, tales como, pero sin limitarse a, impurezas en el interior de la celda, un defecto mecánico, un defecto mecánico de materiales internos con respecto a la celda y el recubrimiento de litio debido a una corriente de carga excesiva, especialmente a temperaturas inferiores. Además, el cortocircuito interno tiene una determinada resistencia que puede cambiar con el tiempo. Un cortocircuito de muy baja resistencia se detecta fácilmente, ya que conduce a un sobrecalentamiento de la celda y en casos extremos a un desbordamiento térmico. No obstante, a medida que la resistencia del cortocircuito crece, la detección del cortocircuito se vuelve cada vez más problemática dado que la menor generación de calor puede pasar desapercibida.

25 Muchos dispositivos alimentados por batería miden a menudo la corriente, pero la corriente de fuga provocada por un cortocircuito interno no puede detectarse con una medición de consumo de corriente externa. Además, el cortocircuito es interno con respecto a la celda, por tanto componentes de seguridad externos no pueden impedir un incidente.

30 Algunos sistemas monitorizan y comparan la duración de la fase de carga de tensión constante (CV) con la duración de los ciclos de carga previos. Si la fase de carga de CV tarda más en completarse, puede indicar una corriente de fuga. Sin embargo, se requiere una investigación adicional para determinar si la corriente de fuga es externa o interna con respecto a la entidad de batería. Además, algunos sistemas miden y comparan la capacidad cargada de corriente con la capacidad cargada grabada en los ciclos de carga anteriores. Si la capacidad cargada aumenta significativamente, indica que una parte de la energía cargada está fugándose. Sin embargo, se requiere un algoritmo de estado de carga muy preciso para medir la capacidad cargada con precisión. El documento US 5945805 da a conocer un método de evaluación de celda para evaluar las características de una celda secundaria que puede cargarse repetidamente y que incluye una etapa de detectar una tensión de celda después de que se inicia una primera operación de carga predeterminada para la celda, una etapa de, si la tensión de celda detectada es menor que una tensión de referencia, proceder a una segunda operación de carga diferente de la primera operación de carga predeterminada, y una etapa de evaluar el estado de la celda. Además, el método de evaluación de celda incluye una etapa de llevar a cabo una primera detección de tensión de celda después de que ha transcurrido un primer periodo de tiempo predeterminado desde una interrupción de la carga o descarga de una celda, una etapa de llevar a cabo una segunda detección de tensión de celda después de que ha transcurrido un segundo periodo de tiempo predeterminado, y una etapa de evaluar, si la diferencia entre los resultados de las detecciones primera y segunda no es menor que un valor predeterminado, que se produce un cortocircuito interno en la celda. El documento US 2018/183252 presenta un método y un aparato para detectar el estado de batería de un dispositivo electrónico. El dispositivo electrónico incluye una batería, un circuito de cargador para cargar la batería, un circuito de medición para comprobar el estado de la batería y un procesador configurado para cargar la batería usando el circuito de cargador, determinar si la operación de carga satisface una condición preestablecida, cuando la operación de carga satisface la condición preestablecida, obtener una primera información de estado de la batería usando el circuito de medición, determinar un estado anómalo de la batería al menos basándose en una diferencia entre la primera información de estado y una segunda información de estado que se obtiene cuando la condición preestablecida se satisface antes de que se adquiera la primera información de estado, y emitir información de notificación referente al estado anómalo.

60 Por tanto, en vista de los comentarios anteriores, existe la necesidad de superar los inconvenientes mencionados anteriormente mediante sistemas mejorados para la detección temprana de cortocircuitos para evitar problemas de seguridad.

Sumario

65 La presente divulgación busca proporcionar un sistema para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería. Específicamente, el sistema está configurado para detectar cortocircuitos de alta resistencia.

En un aspecto, la presente divulgación proporciona un sistema para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería. El sistema comprende un medidor de tensión configurado para acoplarse a la entidad de batería. Además, el medidor de tensión está configurado para medir una pluralidad de valores de tensión correspondientes a la entidad de batería en una pluralidad de instantes. El sistema también comprende un aislador configurado para acoplarse a cada uno de un cargador de batería y una entidad que consume electricidad. Además, el aislador está configurado para aislar eléctricamente la entidad de batería con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad basándose en una señal de control. Aún adicionalmente, el sistema comprende un controlador acoplado eléctricamente a cada uno del medidor de tensión y el aislador. El controlador está configurado para detectar un primer valor de tensión en un primer instante mientras la entidad de batería está conectada eléctricamente a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad. El controlador también está configurado para generar la señal de control basándose en la detección del primer valor de tensión. Además, el controlador está configurado para detectar un segundo valor de tensión en un segundo instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad. El segundo instante es posterior al primer instante. Además, el controlador está configurado para detectar un tercer valor de tensión en un tercer instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad, siendo el tercer instante posterior al segundo instante. El controlador también está configurado para determinar el indicador de una corriente de fuga interna basándose en cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión. El controlador está configurado todavía adicionalmente para determinar una primera tasa de deriva entre el primer valor de tensión y el segundo valor de tensión basándose en el primer instante y el segundo instante, y una segunda tasa de deriva entre el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión basándose en el segundo instante y el tercer instante, en el que la determinación del indicador de la corriente de fuga interna se basa en cada una de la primera tasa de deriva y la segunda tasa de deriva.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona una entidad de batería que incluye un sistema para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de la entidad de batería. El sistema comprende un medidor de tensión configurado para acoplarse a la entidad de batería. El medidor de tensión está configurado para medir una pluralidad de valores de tensión correspondientes a la entidad de batería en una pluralidad de instantes. Además, el sistema comprende un aislador configurado para acoplarse a cada uno de un cargador de batería y una entidad que consume electricidad, estando configurado el aislador para aislar eléctricamente la entidad de batería con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad basándose en una señal de control. Además, el sistema comprende un controlador acoplado eléctricamente a cada uno del medidor de tensión y el aislador. El controlador está configurado para detectar un primer valor de tensión en un primer instante mientras la entidad de batería está conectada eléctricamente a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad. El controlador también está configurado para generar la señal de control basándose en la detección del primer valor de tensión. Además, el controlador está configurado para detectar un segundo valor de tensión en un segundo instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad. El segundo instante es posterior al primer instante. El controlador también está configurado para detectar un tercer valor de tensión en un tercer instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad. El tercer instante es posterior al segundo instante. Además, el controlador está configurado para determinar el indicador de la corriente de fuga interna basándose en cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión. El controlador está configurado todavía adicionalmente para determinar una primera tasa de deriva entre el primer valor de tensión y el segundo valor de tensión basándose en el primer instante y el segundo instante, y una segunda tasa de deriva entre el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión basándose en el segundo instante y el tercer instante, en el que la determinación del indicador de la corriente de fuga interna se basa en cada una de la primera tasa de deriva y la segunda tasa de deriva.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona un dispositivo móvil que incluye un sistema para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería que el dispositivo móvil comprende. El sistema es tal como se describió anteriormente. En aún otro aspecto, la presente divulgación proporciona un vehículo eléctrico que incluye un sistema para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería que el vehículo eléctrico comprende, en el que el sistema es tal como se describió anteriormente.

En aún otro aspecto, la presente divulgación proporciona un método de determinación de un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería. El método comprende detectar, usando un medidor de tensión, un primer valor de tensión en un primer instante mientras la entidad de batería está conectada eléctricamente a cada uno de un cargador de batería y una entidad que consume electricidad. Además, el método comprende generar, usando un controlador, una señal de control basándose en la detección del primer valor de tensión. Aún adicionalmente, el método comprende aislar eléctricamente, usando un aislador, la entidad de batería con respecto a cada uno de la entidad que consume electricidad y un cargador de batería basándose en la señal de control. Además, el método comprende detectar, usando el medidor de tensión, un segundo valor de tensión en un segundo instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad. El segundo instante es posterior al primer instante. Además, el método comprende detectar, usando el medidor de tensión, un tercer valor de tensión en un tercer instante mientras la

entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad. El tercer instante es posterior al segundo instante. Aún adicionalmente, el método comprende determinar, usando el controlador, el indicador de la corriente de fuga interna basándose en cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión.

5 Realizaciones de la presente divulgación eliminan sustancialmente o abordan al menos parcialmente los problemas mencionados anteriormente en la técnica anterior, y permiten un funcionamiento seguro de entidades de batería, lo que puede ahorrar dinero, bienes o podría hacer que el funcionamiento de un dispositivo sea más seguro. Además, los sistemas dados a conocer detectan una fuga de corriente interna usando componentes económicos disponibles
10 fácilmente. Aún adicionalmente, los sistemas dados a conocer detectan con precisión la fuga de corriente interna sin basarse únicamente en parámetros poco fiables como la temperatura de la batería. Además, los sistemas dados a conocer pueden usarse en cualquier dispositivo alimentado por batería, que puede funcionar usando un cargador como fuente de potencia mientras se desconecta la batería del dispositivo. Además, los sistemas dados a conocer son invisibles al usuario final. Todavía adicionalmente, no existe la necesidad de dispositivos de medición externos.
15 Además, los sistemas dados a conocer pueden ejecutarse automáticamente como tarea en segundo plano. Además, el sistema y el método dados a conocer podrían permitir una vida útil de funcionamiento más prolongada de una entidad de batería y, por tanto, de un dispositivo en el que se usa la entidad de batería.

20 Aspectos, ventajas, características y objetos adicionales de la presente divulgación resultarán evidentes a partir de los dibujos y la descripción detallada de las realizaciones ilustrativas interpretadas junto con las reivindicaciones adjuntas que siguen.

Se apreciará que características de la presente divulgación son susceptibles de combinarse en diversas combinaciones sin apartarse del alcance de la presente divulgación tal como se define por las reivindicaciones
25 adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

30 El resumen anterior, así como la siguiente descripción detallada de realizaciones ilustrativas, se entiende mejor cuando se lee junto con los dibujos adjuntos. Con el propósito de ilustrar la presente divulgación, en los dibujos se muestran interpretaciones a modo de ejemplo de la divulgación. Sin embargo, la presente divulgación no se limita a métodos e instrumentos específicos dados a conocer en el presente documento. Además, los expertos en la técnica entenderán que los dibujos no están a escala. Siempre que ha sido posible, elementos similares se han indicado mediante números idénticos.

35 Ahora se describirán realizaciones de la presente divulgación, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los siguientes diagramas, en los que:

40 La figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería, según una realización.

La figura 2 es una ilustración esquemática de un dispositivo alimentado por una entidad de batería, según una realización.

45 La figura 3 es un gráfico que muestra cambios de tensión para una entidad de batería durante un ciclo de funcionamiento del sistema, según algunas realizaciones.

La figura 4 es un gráfico que muestra cambios de tensión para una entidad de batería durante un ciclo de funcionamiento del sistema, según algunas realizaciones.
50

La figura 5 ilustra gráficos que muestran cambios de tensión para una entidad de batería correspondientes a los diversos estados de la entidad de batería, según algunas realizaciones.

55 La figura 6 ilustra gráficos que muestran cambios de tensión para una entidad de batería correspondientes a los diversos estados de la entidad de batería, según algunas realizaciones.

En los dibujos adjuntos, un número no subrayado se refiere a un elemento identificado por una línea que enlaza el número no subrayado con el elemento. Cuando un número no está subrayado y va acompañado de una flecha asociada, el número no subrayado se usa para identificar un elemento general al que apunta la flecha.
60

Descripción detallada de realizaciones

65 La siguiente descripción detallada ilustra realizaciones de la presente divulgación y maneras en las que pueden implementarse. Aunque se han dado a conocer algunos modos de llevar a cabo la presente divulgación, los expertos en la técnica reconocerán que también son posibles otras realizaciones para llevar a cabo o poner en práctica la presente divulgación.

En un aspecto, la presente divulgación proporciona un sistema para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería. El sistema comprende un medidor de tensión configurado para acoplarse a la entidad de batería. Además, el medidor de tensión está configurado para medir una pluralidad de valores de tensión correspondientes a la entidad de batería en una pluralidad de instantes. El sistema también comprende un aislador configurado para acoplarse a cada uno de un cargador de batería y una entidad que consume electricidad. Además, el aislador está configurado para aislar eléctricamente la entidad de batería con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad basándose en una señal de control. Aún adicionalmente, el sistema comprende un controlador acoplado eléctricamente a cada uno del medidor de tensión y el aislador. El controlador está configurado para detectar un primer valor de tensión en un primer instante mientras la entidad de batería está conectada eléctricamente a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad. El controlador también está configurado para generar la señal de control basándose en la detección del primer valor de tensión. Además, el controlador está configurado para detectar un segundo valor de tensión en un segundo instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad. El segundo instante es posterior al primer instante. Además, el controlador está configurado para detectar un tercer valor de tensión en un tercer instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad, siendo el tercer instante posterior al segundo instante. El controlador también está configurado para determinar el indicador de una corriente de fuga interna basándose en cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión.

Por tanto, la presente descripción se refiere a un sistema para monitorizar una tensión de batería durante un ciclo de carga, casi siempre en la fase de carga de CV (tensión constante) de una batería. La carga de la batería se pone en pausa durante un tiempo predeterminado (aislando la batería) y el cambio resultante en la tensión de batería se monitoriza y se compara con mediciones anteriores. Además, el sistema puede alimentarse desde el cargador durante la monitorización, de modo que la tensión de batería no se ve afectada por el consumo de potencia del sistema. Si el comportamiento de la tensión de batería difiere significativamente de las mediciones previas, o se superan los límites de tensión de gran intensidad, se generan alertas. Además, también es posible aislar la batería y llevar a cabo mediciones después de que la batería se ha cargado completamente (es necesario que el cargador esté conectado para alimentar el sistema mientras la batería está aislada). Cuando se selecciona el tiempo predeterminado para llevar a cabo mediciones para detectar valores de tensión, seleccionar un valor de tiempo prolongado proporcionará resultados más precisos que un valor de tiempo breve. Sin embargo, si el tiempo es muy prolongado podría no ser factible ya que la carga de la batería se interrumpe. El tiempo predeterminado depende del tipo de batería y otros parámetros tales como requisitos de dispositivo objetivo y uso del dispositivo objetivo.

Según una realización, el controlador detecta los valores de tensión primero, segundo y tercero leyendo un valor de tensión medido a partir de un medidor de tensión. El medidor de tensión puede referirse a una unidad de conversión analógico / digital (AD) o similar, configurada para medir tensiones. Puede haber más de un medidor de tensión en una configuración si se desean mediciones simultáneas a partir de múltiples entidades de celda de la entidad de batería al mismo tiempo. Alternativamente, puede disponerse el acoplamiento de un (único) medidor de tensión para permitir la medición de tensiones a partir de múltiples entidades de celda o en toda la entidad de batería. Además, los valores de tensión pueden detectarse más de tres veces, es decir, por ejemplo, podría detectarse un cuarto, un quinto, etc. N-ésimo valor de tensión. Según otra realización, se usan al menos tres mediciones. Sumar el número de mediciones por encima de tres podría aumentar la precisión del sistema.

En algunas realizaciones a modo de ejemplo, la entidad de batería puede consistir en una única celda, o varias celdas conectadas en serie, o varias entidades de celda conectadas en serie. Además, la entidad de celda puede referirse a varias celdas conectadas en paralelo, de tal manera que cada celda en la entidad de celda tiene la misma tensión. Además, la celda puede referirse a una única celda de batería. Las celdas pueden estar conectadas en serie y/o en paralelo.

En algunas realizaciones a modo de ejemplo, el sistema puede ser un sistema de gestión de batería (BMS). El BMS puede incluir un conjunto de circuitos eléctricos para controlar la carga de batería y monitorizar la(s) tensión/tensiones de una celda, entidades de celda y entidades de batería. Por ejemplo, en el caso de una entidad de batería que consiste en una única celda, el BMS puede ser normalmente un ASIC de gestión de potencia en el interior del dispositivo correspondiente. El dispositivo se alimenta entonces por la entidad de batería.

En algunas realizaciones, el controlador puede estar configurado además para generar la señal de control basándose en que el primer valor de tensión es al menos igual a una tensión objetivo. Por ejemplo, la tensión objetivo puede indicar que la entidad de batería está cargada completamente o cargada casi completamente.

En algunas realizaciones, la entidad de batería puede incluir una pluralidad de entidades de celda conectadas en serie. Además, una entidad de celda puede incluir al menos una celda. Además, la pluralidad de valores de tensión pueden corresponder a un valor de tensión de una entidad de celda de la pluralidad de entidades de celda. En efecto, en algunas realizaciones, la pluralidad medida de valores de tensión correspondientes a la entidad de batería se miden como al menos uno de: valores de tensión correspondientes a valores de tensión por toda la entidad de

- batería, valores de tensión correspondientes a valores de tensión de al menos una entidad de celda o valores de tensión correspondientes a valores de tensión de al menos una celda. El término “valores de tensión por toda la entidad de batería” se refiere a la tensión entre el nivel de tierra / nivel cero, es decir, el borne negativo de la entidad de batería y la tensión máxima de la entidad de batería (es decir, el borne positivo de la entidad de batería). Los valores de tensión de al menos una entidad de celda se refieren a la medición de tensión de al menos una entidad de celda. Por ejemplo, si la entidad de batería consiste en tres entidades de celda conectadas en serie, los valores de tensión pueden medirse en cualquiera de las tres entidades por separado o, por ejemplo, en dos entidades de celda o en las tres entidades (lo que sería igual a medir en toda la entidad de batería). Los valores de tensión de al menos una celda corresponden a medir la tensión por al menos una celda. Por ejemplo, si la entidad de batería consiste en tres celdas conectadas en serie, los valores de tensión pueden medirse en cualquiera de las tres celdas por separado o, por ejemplo, en dos celdas o en las tres celdas (lo que en este ejemplo sería igual a medir en toda la entidad de batería). Además, si las celdas están conectadas en paralelo, la medición de los valores de tensión puede realizarse aislando las celdas que van a medirse con respecto a la configuración paralela durante el ciclo de medición.
- En algunas realizaciones, el sistema puede incluir además un medidor de corriente configurado para acoplarse a la entidad de batería acoplada para medir la corriente de la entidad de batería. El medidor de corriente puede estar configurado además para medir el valor de la corriente de carga que pasa a través de la entidad de batería. Además, el controlador puede estar acoplado eléctricamente al medidor de corriente. El controlador puede estar configurado además para detectar que el valor de la corriente de carga está por debajo de un nivel predeterminado. El valor de la corriente de carga que está por debajo de un nivel predeterminado puede indicar que la entidad de batería está cargada completamente. Además, la generación de la señal de control puede basarse además en la detección de que el valor de la corriente de carga está por debajo del nivel predeterminado.
- En algunas realizaciones, el controlador puede estar configurado además para generar una alerta basándose en el indicador de la corriente de fuga interna. El cortocircuito interno se considera un problema de seguridad grave. Por tanto, la alerta puede advertir al usuario que deje de usar la entidad de batería inmediatamente.
- En algunas realizaciones, el controlador puede estar acoplado comunicativamente al cargador de batería. Además, el controlador puede estar configurado para controlar al menos un parámetro de carga del cargador de batería basándose en la indicación de la corriente de fuga interna. Por ejemplo, el al menos un parámetro de carga puede incluir cualquier parámetro operativo.
- El controlador está configurado además para determinar una primera tasa de deriva entre el primer valor de tensión y el segundo valor de tensión basándose en el primer instante y el segundo instante. Además, el controlador está configurado para determinar una segunda tasa de deriva entre el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión basándose en el segundo instante y el tercer instante. La determinación del indicador de la corriente de fuga interna se basa en cada una de la primera tasa de deriva y la segunda tasa de deriva.
- En algunas realizaciones, el controlador puede estar configurado además para determinar una primera diferencia de tensión entre el primer valor de tensión y el segundo valor de tensión. Aún adicionalmente, el controlador puede estar configurado para determinar una segunda diferencia de tensión entre el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión. La determinación del indicador de la corriente de fuga interna puede basarse en cada una de la primera diferencia de tensión y la segunda diferencia de tensión.
- En realizaciones adicionales, la pluralidad de valores de tensión puede incluir un primer valor de tensión previo, un segundo valor de tensión previo y un tercer valor de tensión previo, correspondiente cada uno a un periodo de tiempo previo. Además, cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión puede corresponder a un periodo de tiempo actual posterior al periodo de tiempo previo. Además, el sistema puede incluir una memoria configurada para almacenar cada uno del primer valor de tensión previo, el segundo valor de tensión previo y el tercer valor de tensión previo. Aún adicionalmente, el controlador puede estar configurado para determinar una primera diferencia de tensión previa entre el primer valor de tensión previo y el segundo valor de tensión previo. El controlador puede estar configurado para determinar una segunda diferencia de tensión previa entre el segundo valor de tensión previo y el tercer valor de tensión previo. El controlador también puede estar configurado para realizar una primera comparación entre la primera diferencia de tensión y la primera diferencia de tensión previa. Además, el controlador puede estar configurado para realizar una segunda comparación entre la segunda diferencia de tensión y la segunda diferencia de tensión previa. Además, el indicador de la corriente de fuga interna puede basarse en un resultado de la primera comparación y la segunda comparación.
- En realizaciones adicionales, el controlador puede estar configurado para transmitir, usando un dispositivo de comunicación, cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión, el tercer valor de tensión, el primer instante, el segundo instante, el tercer instante y un identificador asociado con la entidad de batería a un servidor en la nube.
- En realizaciones adicionales, el controlador puede estar configurado para recibir, usando el dispositivo de comunicación, cada uno del primer valor de tensión previo, el segundo valor de tensión previo, el tercer valor de

tensión previo e instantes correspondientes del periodo de tiempo previo desde el servidor en la nube.

En algunas realizaciones, el segundo instante puede ser mayor que el primer instante conforme a un valor de tiempo predeterminado. Además, el sistema puede incluir una memoria configurada para almacenar el valor de tiempo predeterminado. Además, la memoria puede estar acoplada comunicativamente al controlador. Como ejemplo, los instantes pueden determinarse para cada tipo de entidad de batería / dispositivo por separado o los mismos pueden actualizarse basándose en mediciones y verificaciones relacionadas con las celdas usadas en el sistema. Capacidades de medición adicionales del sistema (la velocidad de un controlador o un medidor de tensión) pueden limitar la tasa de muestreo. El tiempo entre las mediciones primera y segunda puede ser de unos pocos segundos (por ejemplo, 5 segundos) mientras que el tiempo entre las mediciones segunda y tercera puede ser de varios minutos (10 minutos, por ejemplo) dependiendo de la tecnología de batería y la configuración de entidad de batería usadas. Alternativamente, el instante de la primera medición puede ser el instante en el que se han alcanzado la tensión objetivo y la corriente objetivo predeterminadas, y antes de que la entidad de batería se aisle con respecto al sistema. La tensión objetivo y la corriente objetivo pueden ser iguales a las usadas para cargar la batería. El instante para la segunda medición debe producirse después de que la batería se haya aislado con respecto al sistema. El instante para la tercera medición debe producirse al final del periodo de pruebas, justo antes de conectar la batería de nuevo al sistema. El tiempo entre las mediciones primera y tercera podría ser bastante prolongado (10 minutos o más) para una medición precisa y dependiente del tipo de celda / batería. El tiempo entre las mediciones primera y segunda puede ir desde un par de segundos hasta varios minutos, dependiendo de la entidad de batería usada.

En algunas realizaciones, el primer valor de tensión puede incluir una pluralidad de primeras muestras de tensión correspondientes a una pluralidad de primeros instantes. El segundo valor de tensión puede incluir una pluralidad de segundas muestras de tensión correspondientes a una pluralidad de segundos instantes. El tercer valor de tensión puede incluir una pluralidad de terceras muestras de tensión correspondientes a una pluralidad de terceros instantes. Además, el controlador puede estar configurado para determinar el primer valor de tensión basándose en la pluralidad de primeras muestras de tensión. Aún adicionalmente, el controlador puede estar configurado para determinar el segundo valor de tensión basándose en la pluralidad de segundas muestras de tensión. El controlador también puede estar configurado para determinar el tercer valor de tensión basándose en la pluralidad de terceras muestras de tensión.

En algunas realizaciones, el controlador puede estar configurado para generar un modelo de circuito correspondiente a la entidad de batería basándose en cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión, el tercer valor de tensión, el primer instante, el segundo instante y el tercer instante. Además, el controlador puede estar configurado para determinar una resistencia de fuga interna correspondiente a la entidad de batería basándose en el modelo de circuito.

En algunas realizaciones, el sistema puede incluir además una memoria configurada para almacenar datos de entrenamiento que incluye una pluralidad de primeros valores de tensión, una pluralidad de segundos valores de tensión, una pluralidad de terceros valores de tensión correspondientes a una pluralidad de periodos de tiempo diferenciados y una pluralidad de indicadores de corriente de fuga interna correspondientes a la pluralidad de periodos de tiempo diferenciados. Además, el controlador puede estar configurado para realizar un aprendizaje automático basándose en los datos de entrenamiento. Además, la determinación del indicador de la corriente de fuga interna puede basarse en el aprendizaje automático. Los datos de entrenamiento se refieren a un conjunto de ciclos de medición y configuraciones en los que se conoce el estado de una entidad de batería y/o entidades de celda y/o celdas de la entidad de batería. Cuando se entrena el sistema de aprendizaje automático, el conjunto de ciclos de medición se usa como datos de entrenamiento. Los datos de entrenamiento se asocian durante el entrenamiento con indicadores deseados.

En realizaciones adicionales, los datos de entrenamiento pueden almacenarse en el servidor en la nube. El servidor en la nube puede estar configurado para realizar un aprendizaje automático basándose en los datos de entrenamiento. Por tanto, la determinación del indicador de la corriente de fuga interna puede basarse en el aprendizaje automático.

En algunas realizaciones, el controlador puede estar configurado además para recibir una o más de la temperatura asociada con la entidad de batería y la antigüedad de la entidad de batería. Además, la determinación de la indicación de la corriente de fuga interna puede basarse en una o más de la temperatura y la antigüedad. La antigüedad de la batería puede referirse a vida de calendario de la batería o, por ejemplo, al número de ciclos de carga y descarga. Además, el controlador puede estar configurado para recibir otros indicadores de estado de mantenimiento tales como la reducción de la capacidad en relación con la capacidad nominal y la impedancia de entidad de batería.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona una entidad de batería que incluye un sistema para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de la entidad de batería. El sistema es tal como se dio a conocer anteriormente. En aún otro aspecto, la presente divulgación proporciona un dispositivo móvil que incluye un sistema para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería que el dispositivo móvil comprende, tal como se dio a conocer anteriormente. La presente divulgación proporciona todavía adicionalmente

un vehículo eléctrico que incluye un sistema, tal como se describió anteriormente, para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería que el vehículo eléctrico comprende.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona un método de determinación de un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería. El método comprende detectar, usando un medidor de tensión, un primer valor de tensión en un primer instante mientras la entidad de batería está conectada eléctricamente a cada uno de un cargador de batería y una entidad que consume electricidad. Además, el método comprende generar, usando un controlador, una señal de control basándose en la detección del primer valor de tensión. Aún adicionalmente, el método comprende aislar eléctricamente, usando un aislador, la entidad de batería con respecto a cada uno de la entidad que consume electricidad y un cargador de batería basándose en la señal de control. Además, el método comprende detectar, usando el medidor de tensión, un segundo valor de tensión en un segundo instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad. El segundo instante es posterior al primer instante. Además, el método comprende detectar, usando el medidor de tensión, un tercer valor de tensión en un tercer instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad. El tercer instante es posterior al segundo instante. Aún adicionalmente, el método comprende determinar, usando el controlador, el indicador de la corriente de fuga interna basándose en cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión.

Según una realización a modo de ejemplo, un sistema incluye un teléfono inteligente, un cargador USB como suministro de potencia externo y una entidad de batería que comprende una celda. Según otra realización a modo de ejemplo, un sistema incluye un vehículo eléctrico (tal como una bicicleta eléctrica), un cargador de la red eléctrica como suministro de potencia externo y una entidad de batería. La entidad de batería puede comprender, por ejemplo, 120 celdas dispuestas como 12 entidades de celda. Cada entidad de celda puede incluir 10 celdas.

La entidad de batería del teléfono inteligente o el vehículo eléctrico puede cargarse desde el suministro de potencia externo. A medida que el nivel de tensión de la entidad de batería alcanza la tensión objetivo, el modo de carga puede pasar del modo de corriente constante (CC) al de tensión constante (CV), y la corriente de carga empieza a disminuir gradualmente. Después de eso, cuando se alcanza un nivel de corriente de carga predeterminado, la entidad de batería puede aislarse con respecto al resto de los elementos electrónicos durante un periodo de tiempo predeterminado. La potencia de dispositivo puede suministrarse desde el suministro de potencia externo. Durante este periodo de tiempo, la tensión de la batería puede medirse, al menos, justo antes de aislar la batería (primer tiempo), después de aislar la batería (segundo tiempo) y antes de conectar la batería de nuevo al sistema (tercer tiempo). El segundo instante está entre los instantes primero y tercero. Si el segundo instante es próximo al primer instante, la medición de las cualidades resistivas de la batería podría destacarse frente a las cualidades capacitivas. Si se usan más de tres muestras de tensión, podrían medirse más con precisión tanto las cualidades resistivas como las capacitivas. Pueden medirse más muestras de tensión para obtener una mejor aproximación del comportamiento de tensión. En el caso de una entidad de batería con múltiples celdas, si un BMS no soporta una medición de tensión simultánea para todas las entidades de celda, el procedimiento puede repetirse para cada entidad de celda. Alternativamente, el modo de carga no se activa antes del aislamiento.

Además de usar datos de tensión como entrada para determinar cortocircuitos, pueden obtenerse una o más de, pero sin limitarse a, la temperatura de batería, la vida de ciclo de batería y la vida de calendario de batería para hacer que el análisis sea más preciso.

El resultado medido puede analizarse y puede crearse una alerta para el sistema si los niveles de tensión durante el aislamiento descienden por debajo de unos límites de alerta predeterminados, o el comportamiento de tensión es significativamente diferente del comportamiento medido con anterioridad. Los datos medidos pueden almacenarse localmente y también en un servidor en la nube. El análisis de datos puede realizarse localmente o en el servidor en la nube. El beneficio de usar el servidor en la nube es obtener una gran cantidad de datos para que un algoritmo de aprendizaje automático aprenda cómo se comporta la batería en condiciones reales. Esto puede conducir a una precisión aumentada en el análisis. En caso de una entidad de batería con múltiples celdas, se espera que las celdas de batería sean idénticas en la entidad de batería, de modo que se espera observar un comportamiento de tensión idéntico entre las 12 entidades de celda. Una desviación en una entidad de celda también es un motivo para crear una alerta. Por otra parte, los vehículos eléctricos no tienen acceso normalmente a servidores en la nube, de modo que todos los datos pueden almacenarse y analizarse localmente.

Si el análisis ofrece un resultado que indica un problema, es necesario que el sistema actúe en consecuencia, y puede realizar una o más acciones en respuesta. En casos incipientes, puede enviarse una alerta silenciosa. Por ejemplo, puede enviarse un mensaje al fabricante, quien, a su vez, podría llevar el dispositivo a un punto de servicio para su mantenimiento. Además, los parámetros de carga pueden limitarse para evitar hacer que el problema sea más grave (limitando la corriente y la tensión de carga). En casos graves, debe advertirse al usuario final e indicársele que deje de usar el dispositivo y lo lleve a un punto de servicio. Además, la carga puede prohibirse.

Descripción detallada de los dibujos

La figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema 100 para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad 102 de batería, según una realización.

5 La entidad 102 de batería incluye un borne 104 positivo y un borne 106 negativo. Además, la entidad 102 de batería consiste en 12 celdas, dispuestas en un formato 4S3P (es decir, 4 entidades de celda conectadas en serie, con 3 celdas en paralelo en cada entidad de celda). Tal como se muestra, las celdas 108, 110 y 112 están conectadas en paralelo, constituyendo una entidad 114 de celda. Además, las celdas 116, 118 y 120 están conectadas en paralelo, constituyendo una entidad 122 de celda. Aún adicionalmente, las celdas 124, 126 y 128 están conectadas en paralelo, constituyendo una entidad 130 de celda. Además, las celdas 132, 134 y 136 están conectadas en paralelo, constituyendo una entidad 138 de celda. Además, las entidades 114, 122, 130 y 138 de celda están conectadas en serie, constituyendo la entidad 102 de batería.

15 Además, el sistema 100 comprende un medidor de tensión (no mostrado) configurado para acoplarse a la entidad 102 de batería. El medidor de tensión está configurado además para medir una pluralidad de valores de tensión correspondientes a la entidad 102 de batería en una pluralidad de instantes. Por consiguiente, el sistema 100 puede ser capaz de monitorizar y registrar la tensión de cada entidad 114, 122, 130 y 138 de celda así como la tensión de la entidad 102 de batería. La tensión puede medirse mediante líneas 140, 142, 144, 146 y 148 de captación.

20 Además, el sistema 100 comprende un aislador 150 configurado para acoplarse a uno o ambos de un cargador de batería y una entidad que consume electricidad. La entidad que consume electricidad puede ser un dispositivo eléctrico que se alimenta por la entidad 102 de batería. El aislador 150 está configurado además para aislar eléctricamente la entidad 102 de batería con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad basándose en una señal de control enviada mediante una línea 152 de control.

25 Además, el sistema 100 comprende un controlador (no mostrado) acoplado eléctricamente a cada uno del medidor de tensión y el aislador. El controlador está configurado para detectar un primer valor de tensión en un primer instante mientras la entidad 102 de batería está conectada eléctricamente a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad. Además, el controlador está configurado para generar la señal de control basándose en la detección del primer valor de tensión. El controlador puede estar configurado además para generar la señal de control basándose en que el primer valor de tensión es al menos igual a una tensión objetivo.

30 Además, el controlador está configurado para detectar un segundo valor de tensión en un segundo instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad, en el que el segundo instante es posterior al primer instante. Además, el controlador está configurado para detectar un tercer valor de tensión en un tercer instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad, en el que el tercer instante es posterior al segundo instante. Además, el controlador está configurado para determinar el indicador de una corriente de fuga interna basándose en cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión. El controlador puede estar configurado además para generar una alerta basándose en el indicador de la corriente de fuga interna.

35 La figura 2 es una ilustración esquemática de un dispositivo 200 alimentado por una entidad 202 de batería, según una realización. Por ejemplo, el dispositivo 200 puede ser un teléfono inteligente o un vehículo eléctrico. La entidad 202 de batería puede comprender una única celda o varias celdas, dispuestas como celdas o entidades de celda conectadas en serie. Sin embargo, por motivos de simplicidad, en la figura 2 se ilustra una única celda.

40 Además, el dispositivo 200 también puede alimentarse desde un suministro 204 de potencia externo, que está conectado al dispositivo 200 mediante un conector 206 de suministro de potencia. El suministro 204 de potencia externo puede ser, por ejemplo, un cargador USB para teléfonos inteligentes.

45 Un BMS 208 (similar al sistema 100) puede monitorizar y registrar la tensión de la entidad 202 de batería. Además, el BMS 208 puede monitorizar y registrar las tensiones de todas las entidades de celda en la entidad 202 de batería. Las tensiones pueden medirse mediante una pluralidad de líneas 210 de captación. El BMS 208 puede controlar el suministro de potencia externo o bien comunicándose con el suministro 204 de potencia externo mediante un bus 212 de control independiente o bien controlando un interruptor 214 integrado en uno del dispositivo 200 y el BMS 208.

50 El BMS 208 puede aislar la entidad 202 de batería con respecto a los componentes 220 eléctricos del dispositivo 200 con otro interruptor 216 mediante una línea 218 de control. Los componentes 220 eléctricos del dispositivo 200 pueden alimentarse por uno o ambos de la entidad 202 de batería y el suministro 204 de potencia externo. El esquema de alimentación se controla por el BMS 208 con los interruptores 214 y 216. Los componentes 220 eléctricos pueden incluir, pero no se limitan a, una CPU, memorias, dispositivos de visualización, interfaces de usuario, motores y actuadores.

Según una realización de la divulgación, se da a conocer un método para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de la entidad 202 de batería. El método incluye cargar la entidad 202 de batería con el suministro 204 de potencia externo. Por consiguiente, el interruptor 214 y el interruptor 216 están cerrados.

5 A medida que la entidad 202 de batería alcanza su tensión objetivo, el método incluye cambiar el modo de carga de carga de corriente constante (CC) a carga de tensión constante (CV) y la corriente de carga empieza a disminuir gradualmente. Después de eso, una vez que la corriente de carga cae por debajo de un nivel predeterminado, el método incluye aislar la entidad 202 de batería con respecto al resto del dispositivo 200 abriendo el interruptor 216. Por tanto, los componentes 220 se alimentan desde el suministro 204 de potencia externo, ya que el interruptor 214
10 todavía está cerrado.

La entidad 202 de batería está aislada durante un tiempo predeterminado. Además, el método incluye registrar el comportamiento de tensión de la entidad 202 de batería. Además, el método puede incluir registrar el comportamiento de tensión de cada entidad de celda en la entidad 202 de batería.

15 Una vez que ha transcurrido el tiempo predeterminado, el método incluye conectar la entidad 202 de batería al resto del dispositivo 200 cerrando el interruptor 216 y la carga continúa con normalidad.

20 Después de eso, el método incluye analizar los resultados de tensión registrados. Los resultados pueden compararse con resultados de medición previos así como contra límites de tensión predeterminados. Si se sobrepasan los límites de tensión predeterminados, puede crearse una alerta. Además, la alerta también puede crearse si el resultado ha cambiado significativamente con respecto a mediciones previas.

25 La figura 3 es un gráfico que muestra cambios de tensión para la entidad 102 de batería durante un ciclo de funcionamiento del sistema 100, según algunas realizaciones. El gráfico representa gráficamente valores de tensión frente a tiempo. Por consiguiente, una tensión 300 de la entidad 102 de batería se representa gráficamente contra el tiempo en el gráfico. También se muestra el estado 302 del aislador 150. En el tiempo t_1 , el aislador cambia el estado de un estado cerrado a un estado abierto. Por tanto, en t_1 , la entidad 102 de batería está aislada con respecto a un suministro de potencia externo y una carga. Después de eso, la tensión de la entidad 102 de batería
30 empieza a disminuir.

Por consiguiente, se graban las muestras 304, 306 y 308 de tensión en tres instantes, un primer instante t_0 , un segundo instante t_2 y un tercer instante t_3 . La caída de tensión instantánea ($V(t_2)-V(t_0)$) entre las muestras 304 y 306 cuantifica las características resistivas de la batería. La caída de tensión ($V(t_3)-V(t_2)$) entre las muestras 306 y 308
35 cuantifica las características capacitivas de la batería.

En realizaciones adicionales, para cada muestra de tensión, pueden medirse múltiples muestras de tensión en un corto periodo de tiempo para obtener múltiples mediciones de tensión. Luego, usando las múltiples mediciones de tensión puede obtenerse uno de un valor promedio, un valor mediano, etc. para mejorar la precisión de la muestra de tensión correspondiente.

40 Una primera tasa de deriva entre el primer valor de tensión $V(t_0)$ y el segundo valor de tensión $V(t_2)$ se determina basándose en el primer instante t_0 y el segundo instante t_2 . Una segunda tasa de deriva entre el segundo valor de tensión $V(t_2)$ y el tercer valor de tensión $V(t_3)$ se basa en el segundo instante (t_2) y el tercer instante (t_3). Después de eso, la corriente de fuga interna se determina basándose en cada una de la primera tasa de deriva y la segunda tasa de deriva.

50 En algunas realizaciones, una o ambas de la primera tasa de deriva y la segunda tasa de deriva pueden compararse con valores de umbral predeterminados para determinar la corriente de fuga interna. En realizaciones alternativas, una o ambas de la primera tasa de deriva y la segunda tasa de deriva pueden compararse con una o más de las primeras tasas de deriva previas y las segundas tasas de deriva previas grabadas en el pasado. Los valores de la una o más de las primeras tasas de deriva previas y las segundas tasas de deriva previas pueden obtenerse de uno de una memoria del sistema 100 y un servidor en la nube.

55 En algunas realizaciones, una o ambas de las diferencias de tensión ($V(t_2)-V(t_0)$) y ($V(t_3)-V(t_2)$) pueden compararse con una o más diferencias de tensión previas registradas en el pasado. Los valores de la una o más diferencias de tensión previas pueden obtenerse de una memoria del sistema 100. Alternativamente, los valores de la una o más diferencias de tensión previas pueden obtenerse de un servidor en la nube. Además, aumentos repentinos en una o ambas ($V(t_2)-V(t_0)$) y ($V(t_3)-V(t_2)$) pueden indicar un cortocircuito incipiente. Además, una gran diferencia en ($V(t_3)-V(t_2)$) puede indicar que la tensión de batería no se estabiliza, es decir, la batería tiene una fuga de corriente.

60 En realizaciones adicionales, el controlador puede transmitir, usando un dispositivo de comunicación, cada uno del primer valor de tensión $V(t_0)$, el segundo valor de tensión $V(t_2)$, el tercer valor de tensión $V(t_3)$, el primer instante t_0 , el segundo instante t_2 , el tercer instante t_3 y un identificador asociado con la entidad 102 de batería al servidor en la nube. El identificador puede incluir información relacionada con uno o más de un fabricante, un modelo y una fecha de fabricación.

5 En algunas realizaciones, el segundo instante t_2 puede ser mayor que el primer instante t_0 conforme a un primer valor de tiempo predeterminado. Además, el tercer instante t_3 es mayor que el segundo instante t_2 conforme a un segundo valor de tiempo predeterminado. El valor del primer valor de tiempo predeterminado y el segundo valor de tiempo predeterminado puede obtenerse de uno de la memoria y el servidor en la nube. Por ejemplo, el primer valor de tiempo predeterminado puede ser de 10 segundos y el segundo valor de tiempo predeterminado puede ser de 2 minutos.

10 La figura 4 es un gráfico que muestra cambios de tensión para la entidad 102 de batería durante un ciclo de funcionamiento del sistema 100, según algunas realizaciones. El gráfico representa gráficamente valores de tensión frente a tiempo. Por consiguiente, una tensión 400 de la entidad 102 de batería se representa gráficamente contra el tiempo en el gráfico. También se muestra el estado 402 del aislador 150.

15 En el tiempo $t < t_0$, la entidad 102 de batería está experimentando una operación de carga normal. Luego, en el tiempo $t = t_0$, se inicia un registro de tensión y se mide una primera muestra 404 de tensión antes de abrir el aislador 150.

20 En el tiempo $t = t_1$, el aislador 150 se abre de tal manera que la entidad 102 de batería no está sometida a ninguna carga. La tensión cae instantáneamente en relación con la resistencia interna de batería. En el tiempo $t = t_2$, se mide otra muestra 406 de tensión tan pronto como sea posible después de abrir el aislador 150.

25 Luego, en los tiempos $t = t_3, t_4, \dots, t_{n-2}, t_{n-1}$, se registran más muestras 408, 410 ... 412, 414 de tensión. El número de muestras de tensión puede basarse en las capacidades del sistema 100 así como el tiempo de medición total $T=t_n-t_1$. Un tiempo de medición total más largo hace que la detección de cortocircuito interno sea más fácil, pero el tiempo de carga se vuelve más prolongado. Además, un tiempo de medición total más prolongado aumenta la precisión de la detección de cortocircuito interno dado que la estabilización de tensión de batería puede llevar varios minutos. La estabilización de tensión no se produce si la entidad de batería está sometida a carga. La estabilización de tensión de batería lleva menos tiempo si la entidad de batería no se ha cargado en gran medida. Por tanto, la medición puede realizarse cuando la batería está cargada casi completamente y la corriente de carga es bastante pequeña.

30 Además, cuando la entidad de batería es una batería cargada casi completamente hay un hinchamiento natural (es decir, la batería se vuelve más gruesa) de materiales activos en el interior de las celdas de la entidad de batería, que se está relacionado con el nivel de carga. Es posible que el cortocircuito interno se produzca sólo cuando los materiales activos hinchados entran en contacto físico entre sí.

35 Además, el periodo de tiempo de medición total también puede ser adaptativo y aprender del comportamiento de carga del usuario final. Por ejemplo, el periodo de tiempo puede ser más prolongado durante la carga durante la noche dado que el tiempo de carga aumentado no importa en esta situación de carga.

40 En el $t = t_0$, el aislador 150 está cerrado. Después de eso, en el tiempo $t > t_0$, la operación de carga normal continúa. Luego, el controlador analiza los resultados de medición y crea alertas si es necesario.

45 Además, las muestras de tensión recogidas durante el tiempo $T (t_n-t_1)$ pueden usarse para crear una aproximación de comportamiento de tensión. La aproximación puede guardarse para una comparación del comportamiento de tensión con el tiempo. La aproximación también puede compararse con los resultados de otros dispositivos similares, si los datos se almacenan en un servidor en la nube. Por ejemplo, el periodo de tiempo de medición total puede ser de 2 minutos. La tensión en el tiempo t_0 puede ser de 4,20 V y la tensión en el tiempo t_n puede ser de 4,15 V.

50 La figura 5 ilustra unos gráficos 502-516 que muestran cambios de tensión para una entidad de batería correspondiente a los diversos estados de la entidad de batería, según algunas realizaciones. Los gráficos 502-516 representan gráficamente valores de tensión (V) frente a tiempo (minutos). Un aislador correspondiente a la entidad de batería puede estar configurado para activarse cuando la batería está casi completa. Por ejemplo, cuando la capacidad de celda (C) cae a $C/10$ (es decir 320, mA).

55 El gráfico 502 corresponde a una entidad de batería nueva. De esta manera, el gráfico 502 proporciona una referencia reciente. El gráfico 504 corresponde a una entidad de batería nueva con una corriente de fuga de 100 mA. El gráfico 506 corresponde a una entidad de batería que ha experimentado 1000 ciclos de carga sin ninguna corriente de fuga. De manera similar, los gráficos 508-510 corresponden a entidades de batería que han experimentado 1000 ciclos de carga sin ninguna corriente de fuga. Sin embargo, los gráficos 512-514 corresponden a entidades de batería que han experimentado 1000 ciclos de carga y, en este caso, se encuentra que son entidades de batería cuyo uso ya no es viable. El gráfico 516 corresponde a una entidad de batería que ha experimentado 1000 ciclos de carga y se encuentra que tiene una fuga de corriente.

60

65 La figura 6 ilustra unos gráficos 602-616 que muestran cambios de tensión para una entidad de batería correspondientes a los diversos estados de la entidad de batería, según algunas realizaciones tal como se midió durante una prueba de ejemplo. Los gráficos 602-616 representan gráficamente valores de tensión medidos (V)

frente a tiempo (minutos). Los gráficos son resultados de medición de la ejecución de prueba de ejemplo, en la que se sometieron a prueba siete muestras de celda de ion-litio (ion de litio) de 3200 mAh de tamaño 18650 de un mismo fabricante y un mismo lote de producción. Las muestras de celda en la prueba eran tal como se indica en la tabla 1. El estado de cada una de las celdas se determinó antes de la prueba (es decir, era conocido)

5

Número de muestra	Signo de referencia en la figura 6	Estado de celda	Observación
1	602	Reciente	Usada como celda de referencia
1b	604	Corto interno	La misma celda que la muestra 1, con un resistor de 39 ohmios en paralelo para simular una fuga de ~ 100 mA
2	606	Antigua	1000 ciclos, la celda todavía puede usarse
3	608	Antigua	1000 ciclos con descarga profunda, la celda todavía puede usarse pero la capacidad ha descendido sustancialmente
4	610	Antigua	1000 ciclos con descarga profunda, la celda todavía puede usarse pero la capacidad ha descendido sustancialmente
5	612	Fin de vida útil	1000 ciclos, la celda no puede usarse
6	614	Fin de vida útil	1000 ciclos, la celda no puede usarse
7	616	Corto interno	1000 ciclos, cortocircuito interno

Tabla 1. Una prueba de ejemplo (relacionada con la figura 6)

En general, un aislador correspondiente a la entidad de batería puede estar configurado para activarse cuando la batería está cargada completamente. Por ejemplo, cuando la capacidad de celda (C) cae a C/20 (es decir, 160 mA). En la prueba de ejemplo la muestra de prueba 1 se usó para obtener los parámetros de prueba. La prueba se realizó durante un ciclo de carga. Una vez que el ciclo de carga estaba en fase de tensión constante (CV) y la corriente cayó por debajo de 160 mA (tasa de C/20 para la celda sometida a prueba), la celda se desconectó de la potencia de carga permitiendo que la tensión de celda se relajara. Se registró el comportamiento de tensión. La curva 602 resultante puede observarse en la figura 6.

El gráfico 602 (muestra 1) corresponde a una entidad de batería nueva. Por tanto, el gráfico 602 proporciona una referencia reciente. El gráfico 604 (muestra 1b) corresponde a una entidad de batería nueva con una corriente de fuga de 100 mA. El gráfico 606 (muestra 2) corresponde a una entidad de batería que ha experimentado 1000 ciclos de carga sin ninguna corriente de fuga. De manera similar, los gráficos 608-610 (muestras 3 y 4, respectivamente) corresponden a entidades de batería que han experimentado 1000 ciclos de carga sin ninguna corriente de fuga.

Sin embargo, los gráficos 612-614 (muestras 5 y 6, respectivamente) corresponden a entidades de batería que han experimentado 1000 ciclos de carga y, en este caso, se encuentra que son entidades de batería descargadas. El gráfico 616 (muestra 7) corresponde a una entidad de batería que ha experimentado 1000 ciclos de carga y se encuentra que tiene una fuga de corriente.

Tal como puede observarse a partir de la figura 6, la caída de tensión inicial es bastante pequeña para la muestra 1 (línea 602). La caída de tensión está en línea con la resistencia de CC de celda de 40 mohm (que se obtuvo adicionalmente de la hoja de datos y se verificó midiendo con un miliohmímetro). En efecto, puede observarse a partir del gráfico 602 que la caída de tensión después de 1 segundo es de 7,5 mV. Por tanto, la resistencia de CC es de $R = 7,5 \text{ mV} / 160 \text{ mA} = 47 \text{ mohm}$. La tensión empieza a relajarse hacia la tensión de circuito abierto de aproximadamente 4,175 V (OCV), pero podría llevar horas alcanzar un estado relajado completamente. Esto puede no ser deseable en todas las aplicaciones, aunque se aumente la precisión de determinación de cortocircuito. Para propósitos de este ejemplo, se decidió usar 600 segundos (10 minutos) como tiempo de medición. El mismo es un tiempo práctico también para usarse en general cuando se miden celdas similares a la prueba de ejemplo.

La precisión de detección de cortocircuito podría mejorarse midiendo más de tres muestras de tensión, pero en esta prueba de ejemplo se midieron tres muestras de valor de tensión $v(t_1)$, $v(t_2)$ y $v(t_3)$ con un medidor de tensión acoplado a las muestras. Los valores de tensión se midieron en tres instantes de $t_1 = -1 \text{ s}$, $t_2 = 400 \text{ s}$ y $t_3 = 600 \text{ s}$. El momento $t = 0 \text{ s}$ es el tiempo en el que el cargador está desconectado con un aislador. El tiempo con signo negativo (-1 s, por ejemplo) se refiere al tiempo antes de la desconexión.

La tabla 2 muestra los valores de tensión medidos detectados por un controlador acoplado al medidor de tensión usado. En la tabla, el primer valor de tensión v_1 corresponde a una tensión medida en el primer instante t_1 (-1 s, es decir, mientras la entidad de batería (celda de muestra) estaba conectada al cargador de batería). El segundo valor de tensión v_2 corresponde a un valor de tensión medido después de que la entidad de batería (celda de muestra) se desconectó del cargador de batería ($t_2 = 400 \text{ s}$ después de la desconexión). El tercer valor de tensión corresponde a un valor de tensión medido en el tiempo t_3 (600 s después de la desconexión).

ES 2 791 538 T3

	1	1b	2	3	4	5	6	7
v1	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200
v2	4,180	4,170	4,173	4,172	4,165	4,130	4,136	4,129
v3	4,178	4,163	4,170	4,169	4,161	4,124	4,129	4,117

Tabla 2. Valores de tensión medidos y detectados (v1, v2, v3) en los instantes t1, t2 y t3

Los valores de tensión detectados (v1, v2, v3) se usaron para determinar un indicador de una corriente de fuga interna. Un primer indicador es una pendiente de (v2, v3) y un segundo indicador es una caída de tensión (v1-v2). En particular, la pendiente relativa y la caída de tensión relativa en relación con los valores de la muestra de referencia 1 pueden usarse para determinar el indicador de una corriente de fuga interna. La tabla 3 muestra las pendientes calculadas así como los valores relativos en comparación con la muestra de celda 1.

	1	1b	2	3	4	5	6	7
Pendiente (v2, v3)	7,63E-06	3,36E-05	1,37E-05	1,68E-05	2,14E-05	3,05E-05	3,66E-05	5,95E-05
Relativa a celda de la muestra 1	1,00	4,40	1,80	2,20	2,80	4,00	4,80	7,80
Caída de tensión (v2-v1)	21,67	36,32	29,60	31,13	39,37	76,30	71,11	82,70
Relativa a celda de la muestra 1	1,00	1,68	1,37	1,44	1,82	3,52	3,28	3,82

Tabla 3. Valores de indicador determinados para el ejemplo

El primer indicador para cortocircuito es la pendiente (v2, v3) en relación con la muestra de celda de referencia 1. En la tabla 3, podemos observar que las pendientes relativas de las muestras de celdas antiguas 2, 3 y 4 están por debajo de 3,00 mientras que las celdas cortocircuitadas de manera interna y las celdas descargadas tienen una pendiente relativa de más de 4,00. Basándose en los resultados, puede establecerse un límite de ejemplo de 3,00 para indicar un problema relacionado con una corriente de fuga interna. Por ejemplo, el indicador determinado puede usarse para concluir si el problema es un cortocircuito o algún otro problema. Para que los datos de entrada recojan una correlación entre un valor de indicador y una posible causa principal del problema, pueden usarse más datos de entrada (tales como datos históricos de mediciones previas, contador de vida de ciclo, antigüedad de calendario, temperatura, etc.). Incluso sin ningún conocimiento anterior del uso de la batería o las condiciones de las celdas, pueden detectarse anomalías con el primer indicador, es decir, la pendiente relativa (comparando la pendiente de v2 a v3 ($\Delta V / \Delta t$) de una muestra de referencia con una muestra que está sometida a prueba.

La caída de tensión relativa (v2-v1) puede usarse como segundo indicador para anomalías o desviaciones en comparación con una celda reciente. El segundo indicador no podría distinguir por sí solo de manera suficiente las celdas correctas y defectuosas en todos los casos. Las caídas de tensión relativas de las muestras de celda 2, 3 y 4 están todas por debajo de 2,00 mientras que para las muestras de celda 5, 6 y 7 están por encima de 3,00. Basándose en los resultados, puede establecerse un límite de 2,00 para indicar un problema para el presente ejemplo. La muestra de celda 1b no activa el límite, aunque tenga una fuga. Sin embargo, la fuga de la muestra de celda 1b se detecta con el primer indicador de una pendiente relativa.

Resulta conveniente observar que es posible obtener el primer indicador usando dos muestras v2 y v3. Sin embargo, basándose en los experimentos, el primer indicador no es suficiente para determinar el indicador. El segundo indicador en combinación con el primero proporciona una mejor indicación global del estado de batería. En efecto, en algunas realizaciones si el primer indicador o el segundo indicador indica un posible problema se determina que la celda de batería tiene un problema y se genera el indicador del problema. Si tanto el primer indicador como el segundo indicador indican un posible problema, entonces el indicador global podría proporcionar una alerta urgente de un posible fallo.

Son posibles modificaciones a realizaciones de la presente divulgación descritas anteriormente sin apartarse del alcance de la presente divulgación tal como se define por las reivindicaciones adjuntas. Se pretende que expresiones tales como "que incluye", "que comprende", "que incorpora", "tienen", "es" usadas para describir y reivindicar la presente divulgación se interpreten de manera no exclusiva, permitiendo concretamente que artículos, componentes o elementos no descritos explícitamente también estén presentes. Ha de interpretarse además que la referencia al singular está relacionada con el plural.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (100) para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad (102) de batería, en el que el sistema (100) comprende:
 - un medidor de tensión configurado para acoplarse a la entidad (102) de batería, en el que el medidor de tensión está configurado para medir una pluralidad de valores de tensión correspondientes a la entidad (102) de batería en una pluralidad de instantes;
 - un aislador (150) configurado para acoplarse a cada uno de un cargador de batería y una entidad (220) que consume electricidad, en el que el aislador (150) está configurado para aislar eléctricamente la entidad (102) de batería con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad (220) que consume electricidad basándose en una señal de control; y
 - un controlador acoplado eléctricamente a cada uno del medidor de tensión y el aislador (150), en el que el controlador está configurado para:
 - detectar un primer valor de tensión en un primer instante mientras la entidad (102) de batería está conectada eléctricamente a cada uno del cargador de batería y la entidad (220) que consume electricidad;
 - generar la señal de control basándose en la detección del primer valor de tensión;
 - detectar un segundo valor de tensión en un segundo instante mientras la entidad (102) de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad (220) que consume electricidad, en el que el segundo instante es posterior al primer instante;
 - detectar un tercer valor de tensión en un tercer instante mientras la entidad (102) de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad (220) que consume electricidad, en el que el tercer instante es posterior al segundo instante;
 - determinar el indicador de una corriente de fuga interna basándose en cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión,
 - determinar una primera tasa de deriva entre el primer valor de tensión y el segundo valor de tensión basándose en el primer instante y el segundo instante; y
 - determinar una segunda tasa de deriva entre el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión basándose en el segundo instante y el tercer instante, en el que la determinación del indicador de la corriente de fuga interna se basa en cada una de la primera tasa de deriva y la segunda tasa de deriva.

2. Sistema (100) según la reivindicación 1, en el que el controlador está configurado para generar al menos uno de
 - la señal de control basándose en que el primer valor de tensión es al menos igual a una tensión objetivo, y
 - una alerta basándose en el indicador de la corriente de fuga interna.

3. Sistema (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pluralidad medida de valores de tensión correspondientes a la entidad de batería se miden como al menos uno de:
 - valores de tensión correspondientes a valores de tensión por toda la entidad de batería,
 - valores de tensión correspondientes a valores de tensión de al menos una entidad de celda, y
 - valores de tensión correspondientes a valores de tensión de al menos una celda.

4. Sistema (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un medidor de corriente configurado para acoplarse a la entidad (102) de batería, en el que el medidor de corriente está configurado para medir el valor de la corriente de carga que pasa a través de la entidad (102) de batería, en el que el controlador está acoplado eléctricamente al medidor de corriente, y el controlador está configurado para detectar que el valor de la corriente de carga está por debajo de un nivel predeterminado, y la generación de la señal de control se basa además en la detección de que el valor de la corriente de carga está por debajo del nivel predeterminado.

5. Sistema (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el controlador está acoplado comunicativamente al cargador de batería, y el controlador está configurado para controlar al menos un parámetro de carga del cargador de batería basándose en la indicación de la corriente de fuga interna.

6. Sistema (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el controlador está configurado para
 - determinar una primera diferencia de tensión entre el primer valor de tensión y el segundo valor

de tensión; y

- determinar una segunda diferencia de tensión entre el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión, en el que la determinación del indicador de la corriente de fuga interna se basa en cada una de la primera diferencia de tensión y la segunda diferencia de tensión.

5
7. Sistema (100) según la reivindicación 6, en el que la pluralidad de valores de tensión comprende además un primer valor de tensión previo, un segundo valor de tensión previo y un tercer valor de tensión previo, correspondiente cada uno a un periodo de tiempo previo, en el que cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión corresponden a un periodo de tiempo actual posterior al periodo de tiempo previo, comprendiendo además el sistema (100) una memoria configurada para almacenar cada uno del primer valor de tensión previo, el segundo valor de tensión previo y el tercer valor de tensión previo, y el controlador está configurado para

15
- determinar una primera diferencia de tensión previa entre el primer valor de tensión previo y el segundo valor de tensión previo;

- determinar una segunda diferencia de tensión previa entre el segundo valor de tensión previo y el tercer valor de tensión previo;

20
- realizar una primera comparación entre la primera diferencia de tensión y la primera diferencia de tensión previa; y

- realizar una segunda comparación entre la segunda diferencia de tensión y la segunda diferencia de tensión previa, en el que el indicador de la corriente de fuga interna se basa en un resultado de la primera comparación y la segunda comparación.

25
8. Sistema (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el controlador está configurado para transmitir, usando un dispositivo de comunicación, cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión, el tercer valor de tensión, el primer instante, el segundo instante, el tercer instante y un identificador asociado con la entidad (102) de batería a un servidor en la nube, y/o el controlador está configurado para recibir, usando el dispositivo de comunicación, cada uno del primer valor de tensión previo, el segundo valor de tensión previo, el tercer valor de tensión previo e instantes correspondientes del periodo de tiempo previo desde el servidor en la nube.

30
9. Sistema (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer valor de tensión comprende una pluralidad de primeras muestras de tensión correspondientes a una pluralidad de primeros instantes, el segundo valor de tensión comprende una pluralidad de segundas muestras de tensión correspondientes a una pluralidad de segundos instantes, el tercer valor de tensión comprende una pluralidad de terceras muestras de tensión correspondientes a una pluralidad de terceros instantes, en el que el controlador está configurado para

40
- determinar el primer valor de tensión basándose en la pluralidad de primeras muestras de tensión;

- determinar el segundo valor de tensión basándose en la pluralidad de segundas muestras de tensión; y

- determinar el tercer valor de tensión basándose en la pluralidad de terceras muestras de tensión.

45
10. Sistema (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el controlador está configurado para

50
- generar un modelo de circuito correspondiente a la entidad (102) de batería basándose en cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión, el tercer valor de tensión, el primer instante, el segundo instante y el tercer instante; y

- determinar una resistencia de fuga interna correspondiente a la entidad (102) de batería basándose en el modelo de circuito.

55
11. Sistema (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una memoria configurada para almacenar datos de entrenamiento que comprenden una pluralidad de primeros valores de tensión, una pluralidad de segundos valores de tensión, una pluralidad de terceros valores de tensión correspondientes a una pluralidad de periodos de tiempo diferenciados y una pluralidad de indicadores de corriente de fuga interna correspondientes a la pluralidad de periodos de tiempo diferenciados, en el que el controlador está configurado para realizar un aprendizaje automático basándose en los datos de entrenamiento, en el que la determinación del indicador de la corriente de fuga interna se basa en el aprendizaje automático.

60
12. Dispositivo que comprende una entidad de batería y un sistema (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, para determinar un indicador de una corriente de fuga interna de la entidad de batería.

65

13. Dispositivo según la reivindicación 12, en el que el dispositivo es un dispositivo móvil o un vehículo eléctrico.
- 5 14. Método de determinación de un indicador de una corriente de fuga interna de una entidad de batería, comprendiendo el método
- 10 - detectar, usando un medidor de tensión, un primer valor de tensión en un primer instante mientras la entidad de batería está conectada eléctricamente a cada uno de un cargador de batería y una entidad que consume electricidad;
- 15 - generar, usando un controlador, una señal de control basándose en la detección del primer valor de tensión;
- aislar eléctricamente, usando un aislador, la entidad de batería con respecto a cada uno de la entidad que consume electricidad y un cargador de batería basándose en la señal de control;
- 20 - detectar, usando el medidor de tensión, un segundo valor de tensión en un segundo instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad, siendo el segundo instante posterior al primer instante;
- detectar, usando el medidor de tensión, un tercer valor de tensión en un tercer instante mientras la entidad de batería está aislada eléctricamente con respecto a cada uno del cargador de batería y la entidad que consume electricidad, siendo el tercer instante posterior al segundo instante; y
- 25 - determinar, usando el controlador, el indicador de la corriente de fuga interna basándose en cada uno del primer valor de tensión, el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión y una primera tasa de deriva entre el primer valor de tensión y el segundo valor de tensión basándose en el primer instante y el segundo instante y una segunda tasa de deriva entre el segundo valor de tensión y el tercer valor de tensión basándose en el segundo instante y el tercer instante, en el que la determinación del indicador de la corriente de fuga interna se basa en cada una de la primera tasa de deriva y la segunda tasa de deriva.

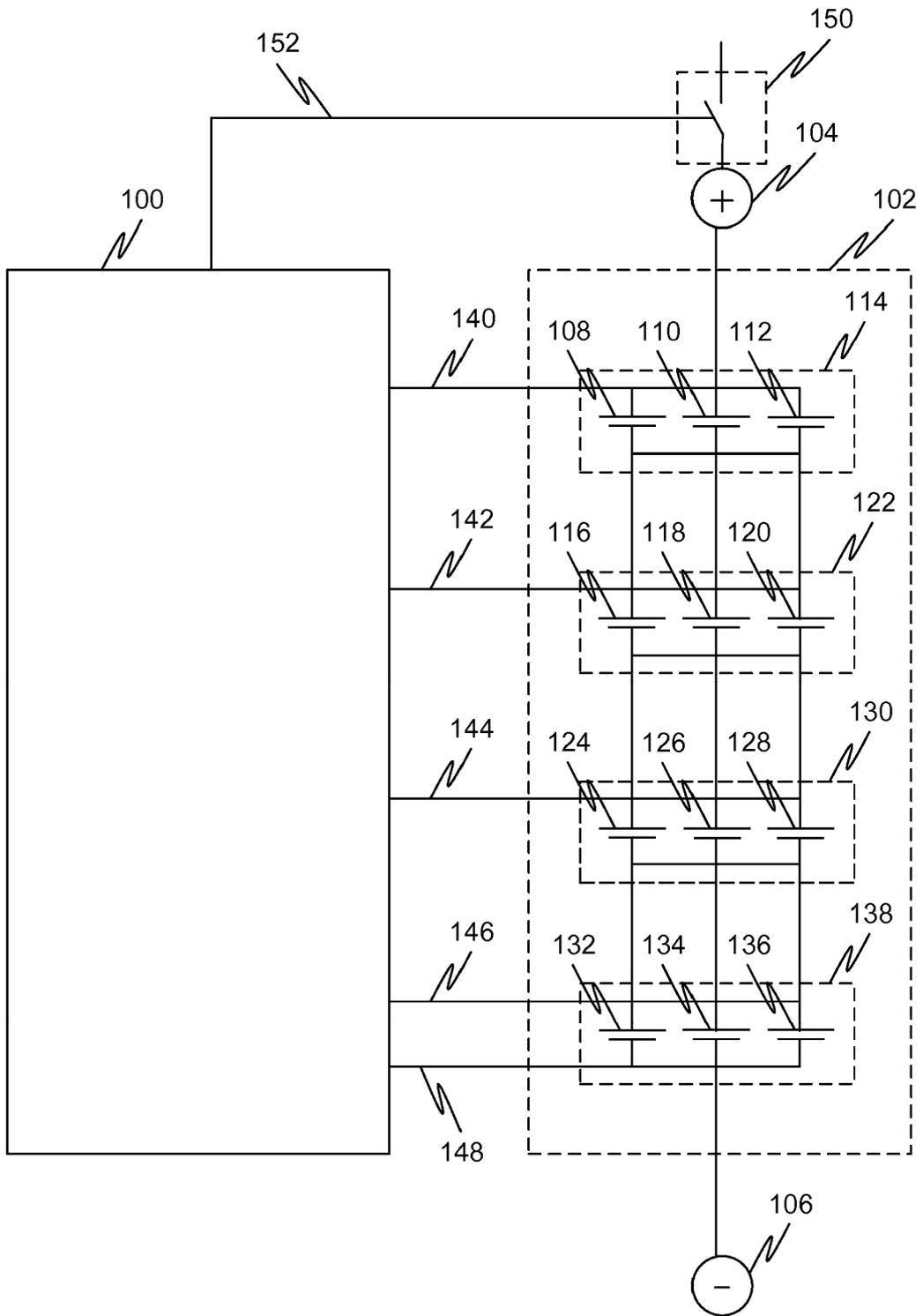


FIG. 1

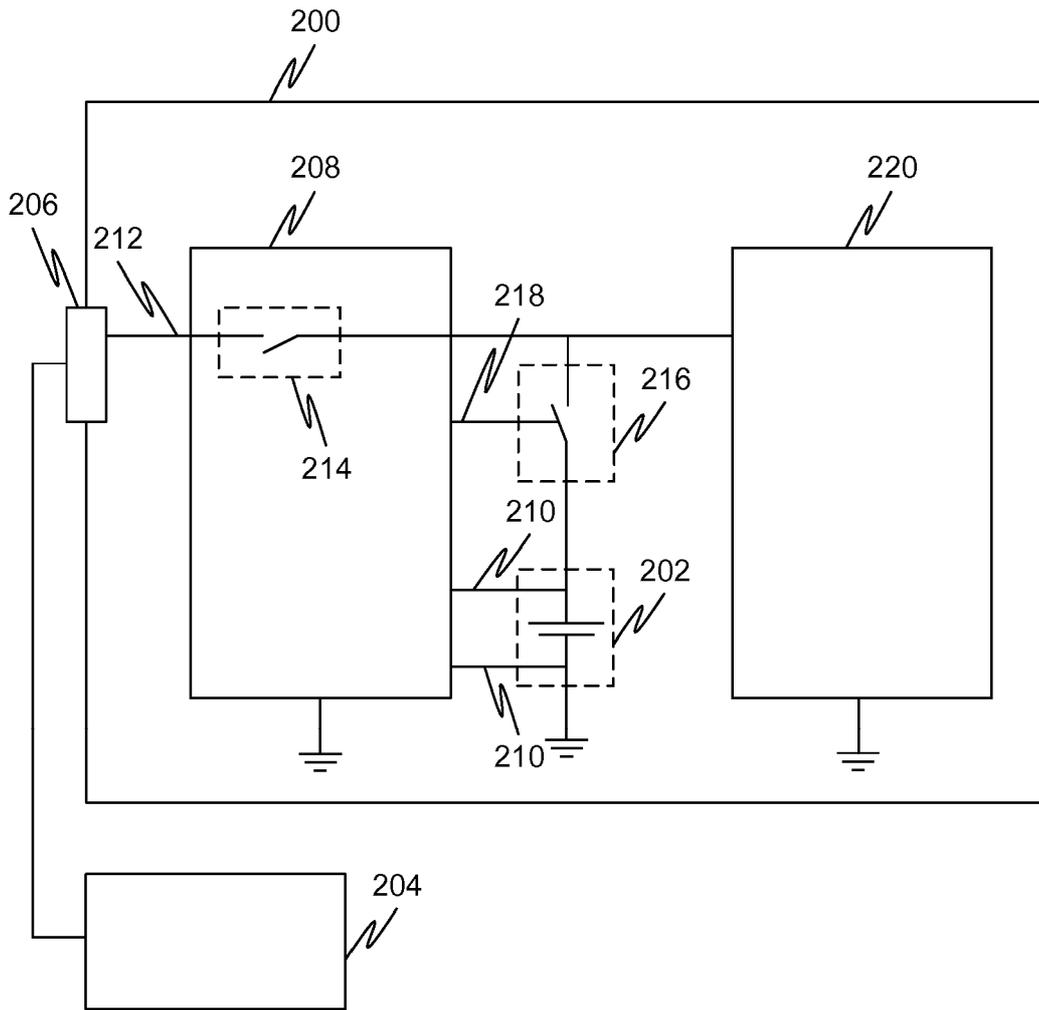


FIG. 2

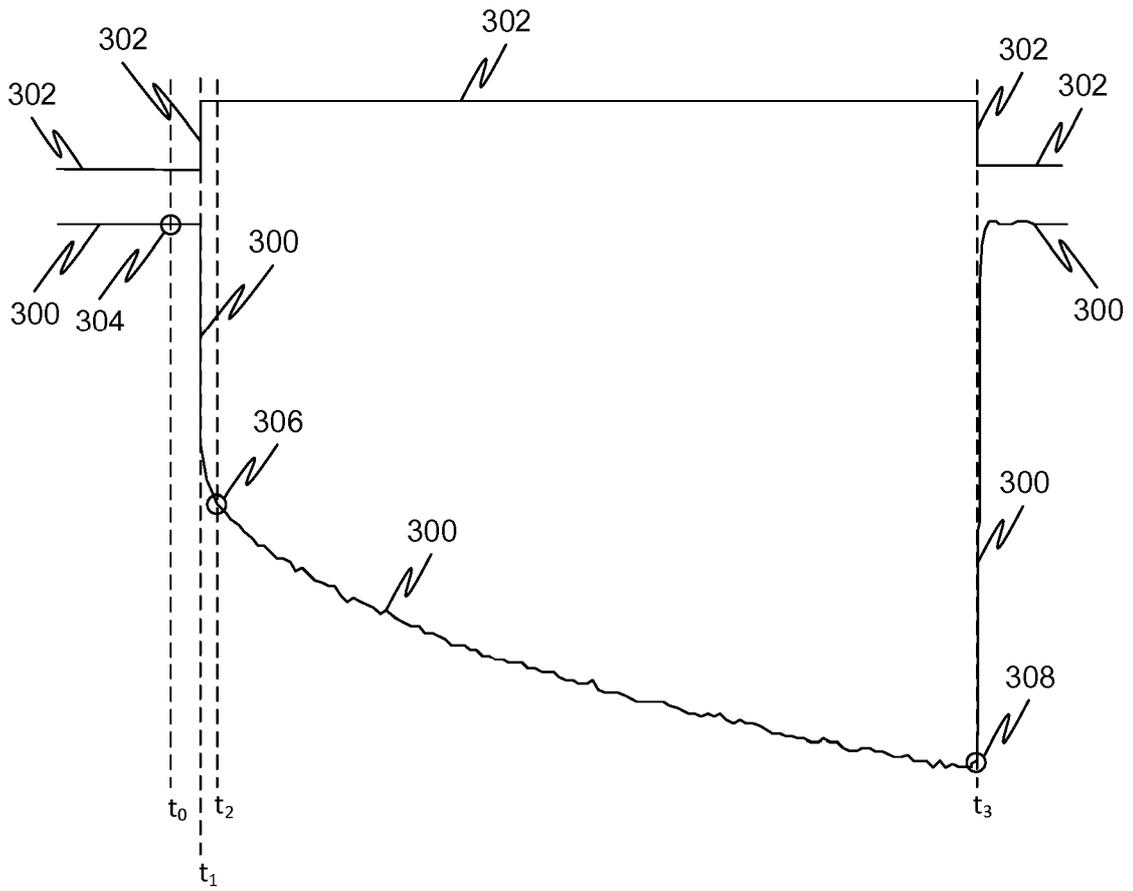


FIG. 3

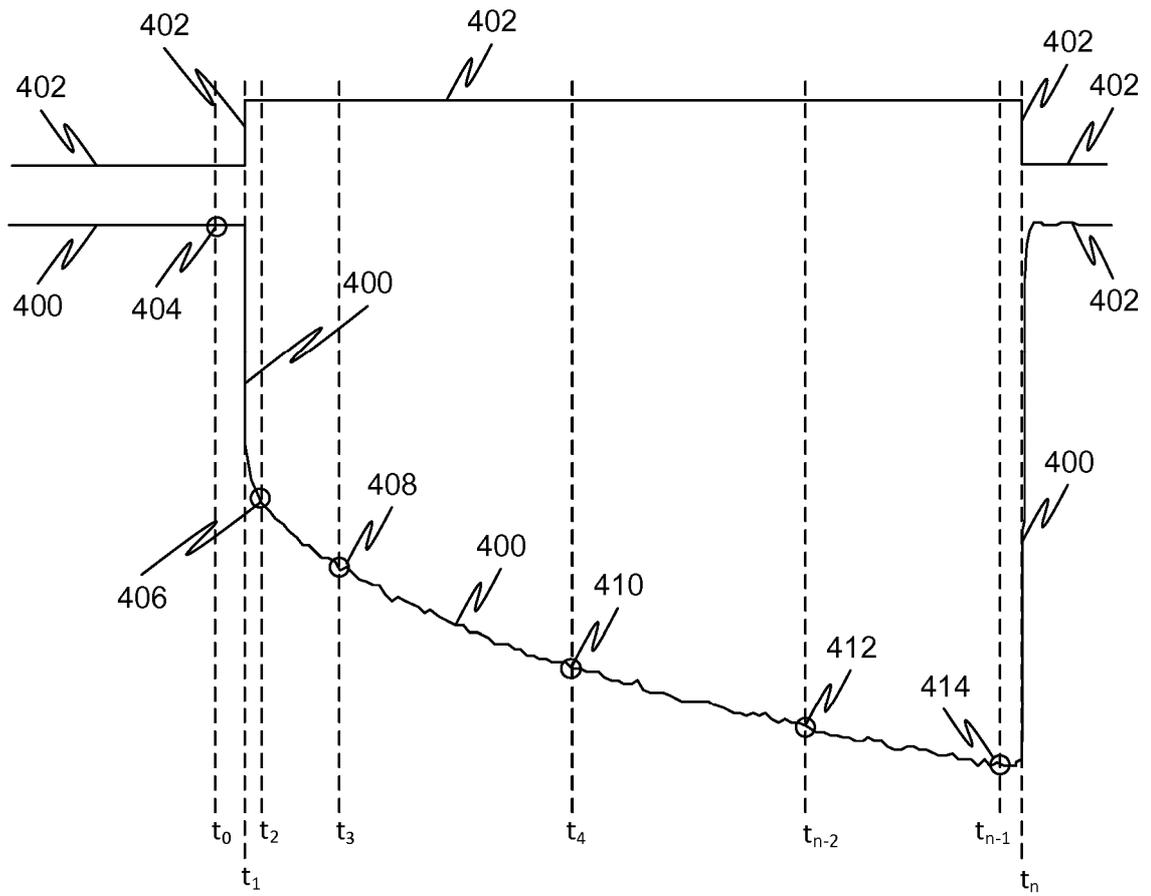


FIG. 4

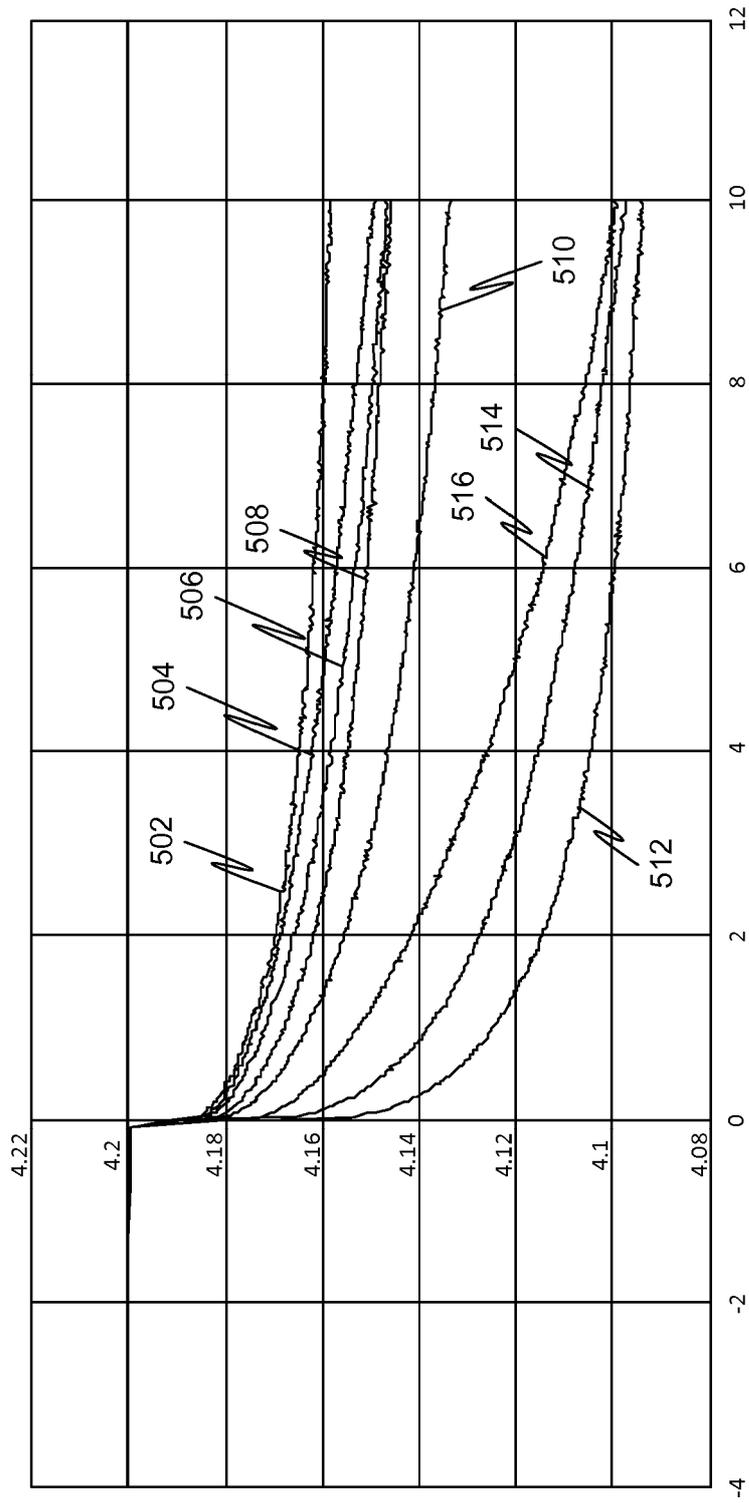


FIG. 5

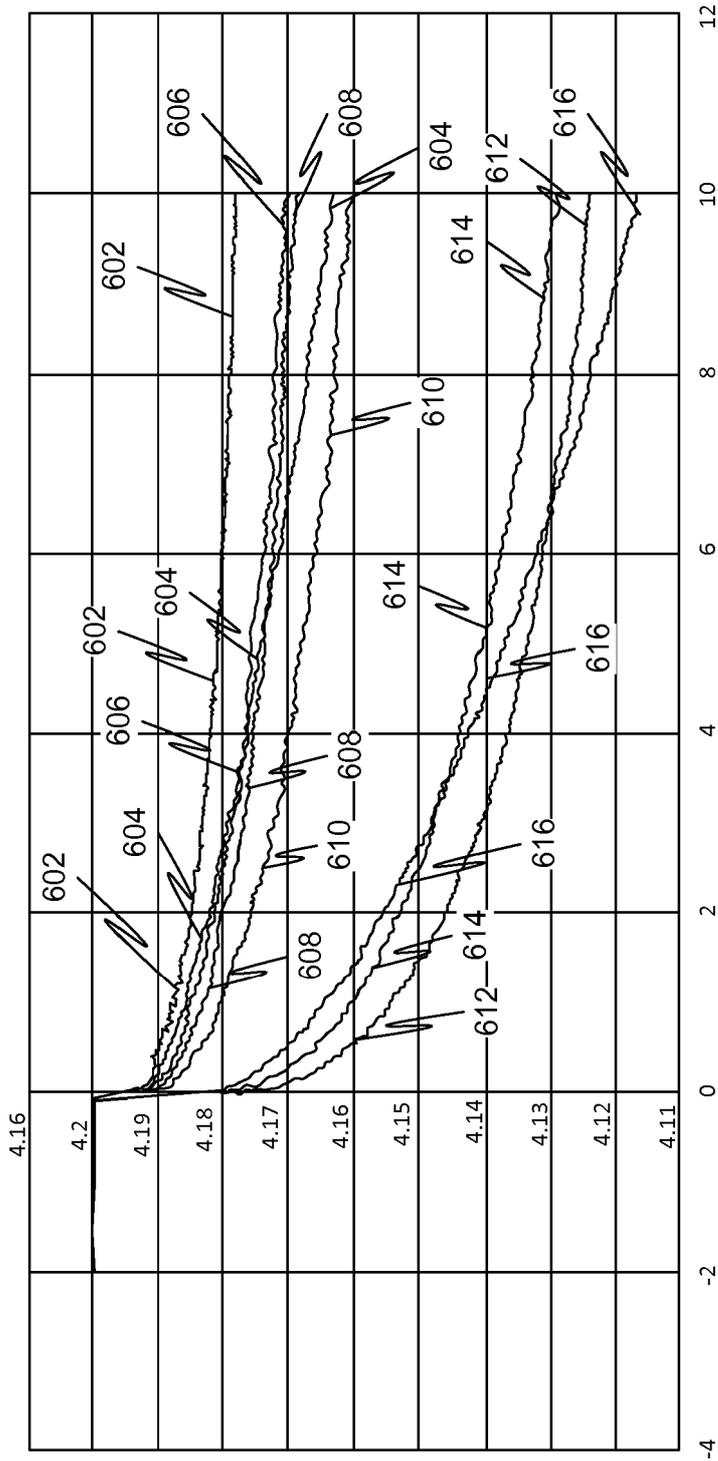


FIG. 6