

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 000 078**

51 Int. Cl.:

H01M 10/42 (2006.01)
H01M 10/48 (2006.01)
H01M 10/44 (2006.01)
G01R 31/367 (2009.01)
G01R 31/389 (2009.01)
G01R 31/36 (2010.01)
H01M 10/052 (2010.01)
G01R 31/388 (2009.01)
G06N 3/084 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.03.2020** **PCT/KR2020/004427**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.10.2020** **WO20204584**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2020** **E 20785224 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024** **EP 3876334**

54 Título: **Aparato y método de gestión de batería**

30 Prioridad:

05.04.2019 KR 20190040455

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
27.02.2025

73 Titular/es:

LG ENERGY SOLUTION, LTD. (100.00%)
Tower 1, 108, Yeoui-daero, Yeongdeungpo-gu
Seoul 07335, KR

72 Inventor/es:

LEE, KYU-CHUL y
JOE, WON-TAE

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 3 000 078 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

Aparato y método de gestión de batería

5 Sector de la técnica

La presente descripción se refiere a un aparato y método de gestión de batería y, más particularmente, a un aparato y método de gestión de batería para estimar un estado interno de una celda de batería actualizando un modelo de batería.

10 Estado de la técnica

De manera reciente, la demanda de productos electrónicos portátiles como, por ejemplo, ordenadores portátiles, videocámaras y teléfonos portátiles ha aumentado rápidamente, y vehículos eléctricos, baterías de almacenamiento de energía, robots, satélites y similares se han desarrollado seriamente. Por consiguiente, se están estudiando activamente las baterías de alto rendimiento que permiten la carga y descarga repetidas.

Las baterías comercialmente disponibles en la actualidad incluyen baterías de níquel-cadmio, baterías de níquel-hidrógeno, baterías de níquel-zinc, baterías de litio y similares. Entre ellas, las baterías de litio llaman la atención dado que casi no tienen efecto memoria en comparación con las baterías basadas en níquel y también tienen una tasa de autodescarga muy baja y alta densidad energética.

El Documento de Patente 1 describe un sistema y un método y un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio para estimar un estado de batería, que estima un modelo, calcula una señal relacionada con la batería medida en tiempo real como una función de coste, y aprende la función de coste para actualizar el valor de parámetro de modelo estimado.

Sin embargo, el Documento de Patente 1 solo describe el aprendizaje y la actualización teóricos del modelo. Es decir, el Documento de Patente 1 no describe una configuración que entrena un modelo a través de un resultado obtenido aplicando realmente un modelo entrenado y actualizado y corrige un error entre el valor de estimación teórico y el valor realmente medido. Por lo tanto, es difícil aplicar el modelo obtenido del Documento de Patente 1 a una situación de carga o descarga de celda de batería real.

Documento de Patente 1 JP 2018-059910 A

35 Objeto de la invención

Problema técnico

La presente descripción está diseñada a resolver los problemas de la técnica relacionada y, por lo tanto, la presente descripción está dirigida a proveer un aparato y un método de gestión de batería, que pueden construir un modelo de batería optimizado para una celda de batería obteniendo un parámetro del modelo de batería a través de una red neuronal y luego actualizando de manera repetida el parámetro del modelo de batería en base a una diferencia entre un valor de salida del modelo de batería que refleja el parámetro obtenido y un valor realmente medido, y controlar la carga de la batería en base al modelo de batería optimizado.

Estos y otros objetos y ventajas de la presente descripción pueden comprenderse a partir de la siguiente descripción detallada y serán aparentes de manera más completa a partir de las realizaciones a modo de ejemplo de la presente descripción. Asimismo, se comprenderá fácilmente que los objetos y las ventajas de la presente descripción pueden realizarse por los medios que se muestran en las reivindicaciones anexas y combinaciones de las mismas.

Antecedentes de la técnica adicionales se describen en los documentos US 2005/194936 A1, US 2016/003912 A1, US 6160382 A, y JP 2018 169281 A.

55 Solución técnica

La invención se refiere a un aparato de gestión de batería según la reivindicación 1.

El aparato de gestión de batería según un aspecto de la presente descripción comprende, en particular: una unidad de medición de tensión configurada para medir una tensión y una tensión de circuito abierto (OCV, por sus siglas en inglés) de una celda de batería; una unidad de medición de temperatura configurada para medir la temperatura de la celda de batería; y una unidad de control conectada a la unidad de medición de tensión y a la unidad de medición de temperatura y configurada para estimar un estado de carga (SOC, por sus siglas en inglés) de la celda de batería según la OCV medida por la unidad de medición de tensión, seleccionar múltiples frecuencias correspondientes al SOC estimado y a la temperatura medida por la unidad de medición de temperatura, calcular una impedancia de cada frecuencia para la celda de batería aplicando una corriente que tiene las múltiples frecuencias seleccionadas a

la celda de batería, obtener un valor de parámetro estimado de un modelo de batería predefinido ingresando la impedancia calculada de cada frecuencia en una red neuronal pre-aprendida, actualizar en primer lugar el modelo de batería según el valor de parámetro estimado obtenido, y actualizar en segundo lugar el modelo de batería ajustando de manera repetida el parámetro del modelo de batería hasta que una diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado calculado a través del modelo de batería actualizado en primer lugar y el valor de tensión medido por la

5 unidad de medición de tensión sea menor que un valor umbral.

Preferiblemente, las múltiples frecuencias pueden incluir frecuencias seleccionadas de una tabla de frecuencias prealmacenada que define múltiples frecuencias correspondientes a la temperatura y al SOC de la celda de batería.

10 El aparato de gestión de batería según la presente descripción puede comprender además una unidad de espectroscopía de impedancia eléctrica (EIS, por sus siglas en inglés) conectada a la unidad de control y configurada para cambiar una frecuencia de una corriente suministrada a la celda de batería en las múltiples frecuencias seleccionadas según una solicitud de la unidad de control. En un ejemplo, la corriente puede ser una

15 corriente de onda sinusoidal, una corriente de carga/descarga de impulso o una corriente de onda cuadrada.

La unidad de control puede configurarse para calcular una impedancia para la celda de batería en base a múltiples tensiones medidas mientras las múltiples corrientes cuyas frecuencias se cambian por la unidad EIS se están suministrando a la celda de batería.

20 La unidad de medición de tensión puede configurarse para medir la tensión de la celda de batería cuando una corriente que tiene una frecuencia a la cual la tensión de la celda de batería no se mide con antelación entre las múltiples frecuencias se suministra a la celda de batería, en el SOC estimado y la temperatura medida.

25 El valor de parámetro estimado puede configurarse para incluir un valor correspondiente al parámetro del modelo de batería predefinido.

La unidad de control puede configurarse para actualizar en primer lugar el modelo de batería cambiando un parámetro correspondiente al valor de parámetro estimado obtenido entre los parámetros del modelo de batería por

30 el valor de parámetro estimado obtenido.

El aparato de gestión de batería según la presente descripción puede comprender además una unidad de carga conectada a la unidad y configurada para suministrar una corriente a la celda de batería y cargar la celda de batería a una tasa C preestablecida según el SOC estimado y la temperatura medida cuando el modelo de batería se

35 actualiza en primer lugar por la unidad de control.

La unidad de control puede configurarse para actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería actualizando el parámetro del modelo de batería en base a un resultado de comparación del valor de tensión medido en el mismo punto y el valor de tensión estimado obtenido del modelo de batería actualizado en primer lugar, cuando la celda de

40 batería se carga a la tasa C preestablecida por la unidad de carga.

Preferiblemente, la unidad de control puede configurarse para cambiar una tasa C de una corriente de carga controlando la unidad de carga, cuando la diferencia de voltaje es mayor que o igual al valor umbral.

45 La unidad de control puede configurarse para aumentar la tasa C controlando la unidad de carga, cuando la diferencia de tensión es mayor que o igual al valor umbral y el valor de tensión estimado es mayor que o igual al valor de tensión medido.

La unidad de control puede configurarse para reducir la tasa C controlando la unidad de carga, cuando la diferencia de tensión es mayor que o igual al valor umbral y el valor de tensión estimado es menor que el valor de tensión

50 medido.

La unidad de control puede configurarse para actualizar el parámetro del modelo de batería hasta que una diferencia de tensión entre el valor de tensión medido de la celda de batería medida por la unidad de medición de tensión y el valor de tensión estimado obtenido usando el modelo de batería actualizado de manera secundaria en el mismo punto se convierta en menor que el valor umbral, después de que se cambie la tasa C.

55

La unidad de control puede configurarse para estimar información de estado para un electrodo negativo de la celda de batería usando el modelo de batería actualizado en segundo lugar y ajustar una magnitud de una corriente de carga aplicada a la celda de batería de modo que la información de estado estimada no alcanza una condición umbral, mientras que la celda de batería se está cargando.

60

La información de estado puede configurarse para incluir al menos una de una relación estimada de iones de litio y un potencial de electrodo negativo para el electrodo negativo de la celda de batería.

65

La unidad de control puede configurarse para ajustar la magnitud de la corriente de carga de la celda de batería de

modo que la relación de iones de litio estimada no alcanza un límite umbral superior.

La unidad de control puede configurarse para ajustar la magnitud de la corriente de carga de la celda de batería de modo que el potencial del electrodo negativo no alcanza un límite umbral inferior.

La invención también se refiere a un paquete de baterías según la reivindicación 14.

El paquete de baterías comprende el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

Un vehículo eléctrico según incluso otro aspecto de la presente descripción puede comprender el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

La invención también se refiere a un método de gestión de batería según la reivindicación 15.

El método de gestión de batería comprende: una etapa de selección de frecuencia de selección de múltiples frecuencias correspondientes a la temperatura y SOC de una celda de batería; una etapa de cálculo de impedancia de cálculo de una impedancia de cada frecuencia de la celda de batería aplicando una corriente que tiene las múltiples frecuencias seleccionadas en la etapa de selección de frecuencia a la celda de batería; una etapa de obtención de valor de parámetro estimado de obtención de un valor de parámetro estimado de un modelo de batería predefinido ingresando la impedancia de cada frecuencia calculada en la etapa de cálculo de impedancia en una red neuronal pre-aprendida; una etapa de actualización primaria del modelo de batería de actualización primaria del modelo de batería según el valor de parámetro estimado obtenido en la etapa de obtención de valor de parámetro estimado; y una etapa de actualización secundaria de modelo de batería de actualización secundaria del modelo de batería ajustando de manera repetida el parámetro del modelo de batería hasta que la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado calculado a través del modelo de batería actualizado en primer lugar en la etapa de actualización primaria de modelo de batería y un valor de tensión medido para la celda de batería se convierta en menor que un valor umbral.

Efectos ventajosos

Según un aspecto de la presente descripción, dado que el modelo de batería se actualiza de manera repetida de modo que la diferencia entre un valor de tensión estimado a partir del modelo de batería después de que el parámetro del modelo de batería para estimar un estado interno de la celda de batería a través de la red neuronal se actualiza, en primer lugar, y un valor de tensión medido es menor que un valor umbral, el estado interno de la celda de batería puede determinarse de manera más precisa.

Además, según un aspecto de la presente descripción, dado que el estado interno de la celda de batería, que no puede medirse, se estima de manera más precisa usando la relación de iones de litio estimada y/o el potencial de electrodo negativo de la superficie de electrodo negativo emitido desde el modelo de batería actualizado dos veces, la tasa C puede ajustarse adecuadamente cuando se carga, de forma rápida, la celda de batería.

Además, según un aspecto de la presente descripción, dado que el modelo de batería se construye de forma óptima para cada celda de batería, incluso en un campo técnico que usa múltiples celdas de batería, el estado interno de cada celda de batería puede estimarse de manera más precisa.

Los efectos de la presente descripción no están limitados a los efectos descritos más arriba, y otros efectos no descritos se comprenderán claramente por las personas con experiencia en la técnica a partir de la descripción de las reivindicaciones.

Descripción de las figuras

Los dibujos anexos ilustran una realización preferida de la presente descripción y, junto con la descripción anterior, sirven para proveer una mayor comprensión de las características técnicas de la presente descripción y, por consiguiente, la presente descripción no se interpreta como limitada a los dibujos.

La FIG. 1 es un diagrama que muestra, de manera esquemática, un paquete de baterías que incluye un aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques que muestra, de manera esquemática, el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

La FIG. 3 es un diagrama que muestra un ejemplo de una tabla de frecuencias almacenada con antelación en el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

La FIG. 4 es un diagrama que muestra un ejemplo de una tabla de impedancias almacenada en el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

La FIG. 5 es un diagrama que muestra un ejemplo de una relación de iones de litio estimada de un electrodo negativo, obtenida a partir de un modelo de batería, en el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

La FIG. 6 es un diagrama que muestra un ejemplo de un potencial de electrodo negativo, obtenido a partir del modelo de batería, en el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que muestra, de manera esquemática, un método de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

La FIG. 8 es un diagrama de flujo que muestra, de manera esquemática, un método de gestión de batería según otra realización de la presente descripción.

La FIG. 9 es un diagrama de flujo que muestra, de manera específica, un ejemplo de una etapa de actualización de modelo de batería en el método de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

La FIG. 10 es un diagrama de flujo que muestra, de manera específica, otro ejemplo de la etapa de actualización de modelo de batería en el método de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

Descripción detallada de la invención

Debe comprenderse que los términos usados en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones anexas no deben interpretarse como limitados a significados generales y de diccionario, sino que, más bien, deben interpretarse según los significados y conceptos correspondientes a los aspectos técnicos de la presente descripción según el principio de que el inventor puede definir términos de manera apropiada para una mejor explicación.

Por lo tanto, la descripción propuesta en la presente memoria es solo un ejemplo preferible en aras de la ilustración solamente, que no pretende limitar el alcance de la descripción, de modo que debe interpretarse que el alcance de la invención solo está limitado por las reivindicaciones.

Además, al describir la presente descripción, cuando se determina que una descripción detallada de los elementos o funciones conocidas relevantes convierte el objeto clave de la presente descripción en ambiguo, la descripción detallada se omite en la presente memoria.

Los términos que incluyen el número ordinal como, por ejemplo, "primero", "segundo" y similares, pueden usarse para distinguir un elemento de otro entre varios elementos, pero no pretenden limitar los elementos por estos términos.

A lo largo de la memoria descriptiva, cuando se hace referencia a una porción como una "que comprende" o "que incluye" un elemento, significa que la porción puede incluir otros elementos adicionales, sin exclusión de otros elementos, a menos que se establezca específicamente lo contrario. Además, el término "unidad de control" descrito en la memoria descriptiva se refiere a una unidad que procesa al menos una función u operación, y puede implementarse por hardware, software, o una combinación de hardware y software.

Además, a lo largo de la memoria descriptiva, cuando se hace referencia a una porción como "conectada" a otra porción, no se limita al caso en el que están "directamente conectadas", sino que también incluye el caso donde están "indirectamente conectadas" con otro elemento interpuesto entre las mismas.

De aquí en adelante, realizaciones preferidas de la presente descripción se describirán en detalle con referencia a los dibujos anexos.

La FIG. 1 es un diagrama que muestra, de manera esquemática, un paquete de baterías que incluye un aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

Con referencia a la FIG. 1, un aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede estar eléctricamente conectado a un módulo 10 de batería que incluye múltiples celdas 11 de batería para gestionar las múltiples celdas 11 de batería.

El aparato 100 de gestión de batería mide la tensión y la temperatura y, opcionalmente, la corriente de cada celda 11 de batería y estima un estado de carga (SOC). Además, el aparato 100 de gestión de batería optimiza un modelo de batería para cada celda 11 de batería actualizando el modelo de batería para cada celda 11 de batería. Asimismo, el aparato 100 de gestión de batería puede ajustar una corriente de carga rápida en base al modelo de batería actualizado, cuando la celda 11 de batería se carga rápidamente.

Además, el aparato 100 de gestión de batería puede incluirse en un paquete 1000 de baterías junto con el módulo

10 de batería. La FIG. 1 muestra un ejemplo en el cual un módulo 10 de batería y un aparato 100 de gestión de batería se incluyen en el paquete 1000 de baterías, pero el número del módulo 10 de batería y del aparato 100 de gestión de batería incluidos en el paquete 1000 de baterías no se limita al número que se muestra en la FIG. 1. De manera similar, el número de celdas 11 de batería incluidas en el módulo 10 de batería no se limita al número que se muestra en la FIG. 1.

Una configuración detallada del aparato 100 de gestión de batería se describirá con referencia a la FIG. 2. La FIG. 2 es un diagrama de bloques que muestra, de manera esquemática, el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción. En la FIG. 2, el módulo 10 de batería se representa con una línea de puntos dentro del aparato 100 de gestión de batería en aras de la descripción, y el módulo 10 de batería no debe interpretarse como incluido, de manera limitada, dentro del aparato 100 de gestión de batería como en la FIG. 2.

Con referencia a la FIG. 2, el aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción incluye una unidad 110 de medición de tensión, una unidad 120 de medición de temperatura y una unidad 130 de control.

La unidad 110 de medición de tensión mide la tensión y la OCV de la celda 11 de batería. Es decir, la unidad 110 de medición de tensión puede configurarse para medir la tensión de cada celda 11 de batería incluida en el módulo de batería mientras la celda 11 de batería está cargándose o descargándose o en un estado sin carga.

Por ejemplo, la unidad 110 de medición de tensión puede medir la tensión mientras una primera celda C1 de batería, una segunda celda C2 de batería, una tercera celda C3 de batería y una cuarta celda C4 de batería incluidas en el módulo de batería se están cargando o descargando o están en un estado sin carga, respectivamente.

De manera específica, en la realización de la FIG. 1, la unidad 110 de medición de tensión puede medir la tensión de la primera celda C1 de batería a través de una primera línea SL1 de detección y una segunda línea SL2 de detección y medir una tensión de la segunda celda C2 de batería a través de la segunda línea SL2 de detección y una tercera línea SL3 de detección. Además, la unidad 110 de medición de tensión puede medir una tensión de la tercera celda C3 de batería a través de la tercera línea SL3 de detección y una cuarta línea SL4 de detección y medir una tensión de la cuarta celda C4 de batería a través de la cuarta línea SL4 de detección y una quinta línea SL5 de detección. Además, la unidad 110 de medición de tensión puede medir una tensión de circuito abierto (OCV) de la celda 11 de batería. Es decir, la unidad 110 de medición de tensión puede medir tanto la tensión como la OCV de la celda 11 de batería. Por ejemplo, la unidad 110 de medición de tensión puede medir la OCV de cada una de la primera celda C1 de batería, la segunda celda C2 de batería, la tercera celda C3 de batería y la cuarta celda C4 de batería. Aquí, OCV es una tensión medida mientras las celdas C1-C4 de batería están en el estado sin carga. La unidad 110 de medición de tensión incluye un circuito de medición de tensión común.

La unidad 120 de medición de temperatura mide la temperatura de la celda 11 de batería. Es decir, la unidad 120 de medición de temperatura puede incluir un sensor de temperatura capaz de medir la temperatura de cada celda 11 de batería. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 2, la unidad 120 de medición de temperatura puede estar conectada a cada celda 11 de batería para medir la temperatura de cada celda 11 de batería. Además, la unidad 120 de medición de temperatura puede proveer un valor de temperatura medido para la temperatura de la celda 11 de batería a la unidad 130 de control. La unidad 120 de medición de temperatura incluye un sensor de temperatura común como, por ejemplo, un termopar.

La unidad 130 de control está conectada a la unidad 110 de medición de tensión y a la unidad 120 de medición de temperatura. La unidad 130 de control está conectada eléctricamente a la unidad 110 de medición de tensión y a la unidad 120 de medición de temperatura para recibir un valor de tensión para la tensión y un valor OCV para la OCV de la celda 11 de batería medidos por la unidad 110 de medición de tensión y recibir un valor de temperatura para la temperatura de la celda 11 de batería medido por la unidad 120 de medición de temperatura.

Por ejemplo, en la realización de la FIG. 2, la unidad 130 de control puede conectarse a la unidad 110 de medición de tensión y a la unidad 120 de medición de temperatura en un circuito. Sin embargo, las posiciones relativas de la unidad 130 de control, la unidad 110 de medición de tensión y la unidad 120 de medición de temperatura que se muestran en la FIG. 2 son solo ejemplos, y las posiciones relativas y la relación de conexión de la unidad 130 de control, la unidad 110 de medición de tensión y la unidad 120 de medición de temperatura según la realización de la FIG. 2 no se limitan a ello.

La unidad 130 de control estima el SOC de la celda 11 de batería según la OCV medida por la unidad 110 de medición de tensión. Aquí, SOC es un estado de carga. En general, si la celda 11 de batería está en un estado suficientemente estabilizado, la OCV de la celda 11 de batería tiene una relación correspondiente de uno a uno con el SOC. Por el contrario, si la celda 11 de batería está cargada o descargada, el SOC de la celda 11 de batería puede estimarse usando un método de integración de corriente conocido o un filtro de Kalman.

En una realización, la unidad 130 de control puede estimar el SOC de la celda 11 de batería a partir de la OCV medida por la unidad 110 de medición de tensión según la relación correspondiente entre la OCV y el SOC incluidos

en una tabla de consulta prealmacenada.

La unidad 130 de control selecciona múltiples frecuencias correspondientes al SOC estimado y a la temperatura medida. Es decir, la unidad 130 de control selecciona múltiples frecuencias correspondientes al SOC estimado de la celda 11 de batería y a la temperatura de la celda 11 de batería medida por la unidad 120 de medición de temperatura.

Por ejemplo, se supone que el SOC de la celda 11 de batería estimado por la unidad 130 de control es del 10 % y la temperatura de la celda 11 de batería medida por la unidad 120 de medición de temperatura es de 20 °C. La unidad 130 de control puede seleccionar frecuencias $F_1, F_2, \dots, F_n$ correspondientes al 10 % del SOC y una temperatura de 20 °C de la celda 11 de batería. Aquí, n es un entero positivo. Es decir, la unidad 130 de control puede seleccionar las frecuencias F_1 a F_n en base al SOC estimado y a la temperatura medida de la celda 11 de batería. En lo sucesivo, en aras de la descripción, se describirá que la unidad 130 de control selecciona cuatro frecuencias. Es decir, la siguiente descripción se basa en el caso donde n es 4.

La unidad 130 de control calcula la impedancia para cada frecuencia de la celda 11 de batería, por ejemplo, en base al SOC estimado, a la temperatura medida y a la corriente que tiene las múltiples frecuencias seleccionadas. Por ejemplo, las corrientes que tienen las frecuencias F_1, F_2, F_3 y F_4 seleccionadas en la realización anterior pueden aplicarse de manera secuencial a cada celda 11 de batería, y las impedancias para cada frecuencia de la celda 11 de batería pueden calcularse según un método de cálculo de impedancia conocido como, por ejemplo, EIS (espectroscopía de impedancia eléctrica).

La unidad 130 de control obtiene un valor de parámetro estimado del modelo de batería ingresando la impedancia calculada para cada frecuencia en una red neuronal pre-aprendida. Por ejemplo, la unidad 130 de control puede ingresar la impedancia calculada para cada frecuencia en la red neuronal pre-aprendida. Además, la unidad 130 de control puede obtener un valor relacionado con la resistencia y un valor relacionado con la capacidad como, por ejemplo, una escala de un electrodo negativo, una escala de un electrodo positivo y capacidad de litio disponible de la red neuronal pre-aprendida, y obtener valores de parámetros estimados correspondientes a algunos de los parámetros del modelo de batería procesando el valor relacionado con la resistencia obtenido y el valor relacionado con la capacidad obtenido. El valor de parámetro estimado obtenido como se describe más arriba se describirá más adelante usando una ecuación.

Aquí, la red neuronal puede ser pre-aprendida según un algoritmo de aprendizaje de propagación hacia atrás para recibir la impedancia para cada frecuencia como datos de entrada y parámetros de salida del modelo de batería predefinido como datos de salida. Como algoritmo de aprendizaje, es obvio que otros algoritmos de aprendizaje conocidos pueden emplearse además del algoritmo de aprendizaje de propagación hacia atrás.

La unidad 130 de control puede ingresar la impedancia para cada frecuencia de cada celda de batería a través de la red neuronal pre-aprendida, y obtener valores de parámetro estimados P_1, P_2, P_3, P_m correspondientes a los parámetros del modelo de batería predefinido. Aquí, m es un entero positivo. En lo sucesivo, en aras de la descripción, se supone que tres valores de parámetro estimados se obtienen por la unidad 130 de control. Es decir, la unidad 130 de control puede obtener valores de parámetro estimados P_1, P_2 y P_3 correspondientes a los parámetros del modelo de batería a través de la red neuronal.

La unidad 130 de control actualiza, en primer lugar, el modelo de batería según el valor de parámetro estimado obtenido. Por ejemplo, como en la realización anterior, la unidad 130 de control puede obtener los valores de parámetro estimados P_1, P_2 y P_3 de la red neuronal y actualizar, en primer lugar, el modelo de batería predefinido usando los valores de parámetro estimados obtenidos P_1, P_2 y P_3 . Es decir, la unidad 130 de control puede actualizar el modelo de batería actualizando el parámetro correspondiente entre los múltiples parámetros del modelo de batería a los valores de parámetro estimados obtenidos P_1, P_2 y P_3 .

Aquí, el modelo de batería puede definirse para cada celda 11 de batería. Por ejemplo, en la realización de la FIG. 2, el primer modelo de batería para la primera celda C1 de batería, el segundo modelo de batería para la segunda celda C2 de batería, el tercer modelo de batería para la tercera celda C3 de batería y el cuarto modelo de batería para la cuarta celda C4 de batería pueden definirse individualmente con antelación.

Por ejemplo, el modelo de batería puede emplear un modelo P2D de Newman. El modelo P2D es un modelo basado en física desarrollado usando la teoría de electrodos porosos y soluciones concentradas, y es un modelo que puede capturar con precisión el movimiento de los iones de litio en una batería. Por lo tanto, el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede usar el modelo P2D como el modelo de batería predefinido.

Algunos parámetros a actualizar entre los parámetros del modelo de batería se describirán usando las Ecuaciones 1 a 4 de más abajo.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k^{eff} \frac{\partial \phi_e}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(k_D^{eff} \frac{\partial \ln c_e}{\partial x} \right) + j^{Li} = 0$$

Aquí, k^{eff} es conductividad iónica electrolítica, ϕ_e es un potencial de fase de electrolito, k_D^{eff} es una conductividad difusional de electrolito, c_e es una concentración de fase electrolítica, j^{Li} es una función de sobrepotencial, y el subíndice e es una fase electrolítica.

Por ejemplo, entre los parámetros de la Ecuación 1, el parámetro actualizado por la unidad 130 de control puede ser

k^{eff} y k_D^{eff} . Es decir, el valor de parámetro estimado obtenido por la unidad 130 de control puede incluir valores correspondientes a la conductividad iónica electrolítica y a la conductividad difusional electrolítica. La unidad 130 de control puede actualizar la conductividad iónica electrolítica y la conductividad difusional electrolítica usando el valor de parámetro estimado obtenido.

Ecuación 2

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma^{eff} \frac{\partial \phi_s}{\partial x} \right) - j^{Li} = 0$$

Aquí, σ^{eff} es conductividad eléctrica efectiva, ϕ_s es un potencial de fase sólida (electrodo), y el subíndice s es una fase sólida (electrodo).

Por ejemplo, entre los parámetros de la Ecuación 2, el parámetro actualizado por la unidad 130 de control puede ser σ^{eff} . Es decir, el valor de parámetro estimado obtenido por la unidad 130 de control puede incluir un valor correspondiente a la conductividad eléctrica efectiva. La unidad 130 de control puede actualizar la conductividad eléctrica efectiva usando el valor de parámetro estimado obtenido.

Ecuación 3

$$\frac{\partial (\varepsilon_e c_e)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_e^{eff} \frac{\partial c_e}{\partial x} \right) + \frac{1 - t_+^0}{F} j^{Li}$$

Aquí, ε_e es una fracción de volumen de fase electrolítica en electrodo, D_e^{eff} es una difusividad iónica electrolítica, y t_+^0 es un número de transferencia de iones de litio.

Por ejemplo, entre los parámetros de la Ecuación 3, el parámetro actualizado por la unidad 130 de control puede ser D_e^{eff} . Es decir, el valor de parámetro estimado obtenido por la unidad 130 de control puede incluir un valor correspondiente a la difusividad iónica electrolítica. La unidad 130 de control puede actualizar la difusividad iónica electrolítica al valor de parámetro estimado obtenido.

Ecuación 4

$$\frac{\partial c_s}{\partial t} = \frac{D_s}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial c_s}{\partial r} \right)$$

Aquí, D_s puede ser un coeficiente de difusión de Li en sólido (electrodo), r es una dimensión, y C_s es una concentración de fase sólida (electrodo).

Por ejemplo, entre los parámetros de la Ecuación 4, el parámetro actualizado por la unidad 130 de control puede ser D_s . Es decir, el valor de parámetro estimado obtenido por la unidad 130 de control puede incluir un valor correspondiente al coeficiente de difusión de Li en sólido (electrodo). La unidad 130 de control puede actualizar el coeficiente de difusión de Li en sólido (electrodo) al valor de parámetro estimado obtenido.

En resumen, los valores de parámetro estimados obtenidos por la unidad 130 de control pueden incluir valores

correspondientes a la conductividad iónica electrolítica, a la conductividad difusional electrolítica, a la conductividad eléctrica efectiva, a la difusividad iónica electrolítica y al coeficiente de difusión de Li en el electrodo del modelo de batería. La unidad 130 de control puede actualizar, en primer lugar, el modelo de batería actualizando el parámetro correspondiente entre los parámetros del modelo de batería al valor de parámetro estimado obtenido.

Mientras tanto, incluso si la primera celda C1 de batería a la cuarta celda C4 de batería se producen a través del mismo proceso, se envían el mismo día y se incluyen en el mismo módulo de batería, los estados de las celdas 11 de batería pueden no ser del todo idénticos entre sí debido a varios motivos como, por ejemplo, variación de la resistencia inicial y variación de capacidad. Por lo tanto, la unidad 130 de control puede actualizar, en primer lugar, solo el primer modelo de batería usando el valor de parámetro estimado para la primera celda C1 de batería y puede no actualizar en primer lugar el segundo a cuarto modelos de batería utilizando el valor de parámetro estimado para la primera celda C1 de batería.

La unidad 130 de control se configura para actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería ajustando, de manera repetida, los parámetros del modelo de batería de modo tal que una diferencia de tensión entre el valor de tensión medido medido por la unidad 110 de medición de tensión y el valor de tensión estimado calculado usando el modelo de batería actualizado en primer lugar mientras la celda 11 de batería se está cargando se convierte en menor que un valor umbral.

De manera específica, la unidad 130 de control puede obtener el valor de tensión estimado para la celda 11 de batería procesando el valor emitido desde el modelo de batería actualizado en primer lugar mientras la celda 11 de batería está cargándose. Además, la unidad 130 de control puede actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería según la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado obtenido y el valor de tensión medido medido por la unidad 110 de medición de tensión, que es un valor realmente medido para la tensión de la celda 11 de batería.

Por ejemplo, al ver la Ecuación 2, la unidad 130 de control puede obtener φ_s^+ y φ_s^- del modelo de batería. Es decir, la unidad 130 de control puede obtener un potencial de fase de electrodo positivo y un potencial de fase de electrodo negativo del modelo de batería. Además, la unidad 130 de control puede obtener un valor de tensión estimado usando una diferencia de potencial entre φ_s^+ y φ_s^- obtenida como se describe más arriba.

La unidad 130 de control puede calcular la diferencia de tensión por una ecuación "valor de tensión estimado - valor de tensión medido!". Es decir, la unidad 130 de control puede actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería según la magnitud de un valor absoluto de la diferencia entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido. Como en la realización anterior, la unidad 130 de control puede actualizar, en segundo lugar, el primer modelo de batería según la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido para la primera celda C1 de batería, y la unidad 130 de control puede no entrenar el segundo al cuarto modelos de batería en base a la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido para la primera celda C1 de batería.

De manera específica, la unidad 130 de control puede actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería reajustando el valor de parámetro del modelo de batería actualizado usando el valor de parámetro estimado. Por ejemplo, en base a la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido, la unidad 130 de control puede actualizar, en segundo lugar, los valores de modelo de batería correspondientes a la conductividad iónica electrolítica, la conductividad difusional electrolítica, la conductividad eléctrica efectiva, la difusividad iónica electrolítica y el coeficiente de difusión de Li en el electrodo del modelo de batería actualizado usando los valores de parámetro estimados. En este caso, con el fin de ajustar finamente los parámetros del modelo de batería, la unidad 130 de control puede seleccionar un valor aproximado cercano al presente parámetro de modelo usando un algoritmo como, por ejemplo, búsqueda aleatoria, proceso gaussiano o algoritmo voraz y, en segundo lugar, actualizar el parámetro del modelo de batería usando el valor aproximado seleccionado.

El aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede actualizar, en primer lugar, el modelo de batería predefinido en base al valor de parámetro estimado obtenido usando la red neuronal, y actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería en base a la diferencia entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido. Por lo tanto, el aparato 100 de gestión de batería tiene la ventaja de obtener, de manera fiable, información de estado interno para la celda 11 de batería usando el modelo de batería actualizado de manera repetida.

Aquí, la unidad 130 de control puede incluir, de manera selectiva, procesadores conocidos en la técnica, circuitos integrados para aplicaciones específicas (ASIC, por sus siglas en inglés), otros conjuntos de chips, circuitos lógicos, registros, módems de comunicación, dispositivos de procesamiento de datos, y similares, para ejecutar lógica de control variada llevada a cabo en el aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción. Asimismo, cuando la lógica de control se implementa en software, la unidad 130 de control puede implementarse como un conjunto de módulos de programa. En este momento, el módulo de programa puede

almacenarse en una memoria y ejecutarse por un procesador. La memoria puede ubicarse dentro o fuera del procesador y puede conectarse al procesador por varios medios conocidos. Por ejemplo, la unidad 130 de control puede ser un procesador incluido en el aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción, que calcula la impedancia de la celda 11 de batería y actualiza el modelo de batería ajustando los parámetros del modelo de batería. Además, la unidad 130 de control puede estar conectada a la unidad 110 de medición de tensión y a la unidad 120 de medición de temperatura para enviar y recibir señales.

Asimismo, con referencia a la FIG. 2, el aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede además incluir una unidad 140 de medición de corriente. La unidad 140 de medición de corriente puede configurarse para medir una corriente de carga ingresada en la celda 11 de batería o una corriente de descarga emitida desde la celda 11 de batería. Por ejemplo, en la realización de la FIG. 2, la unidad 140 de medición de corriente puede conectarse a ambos extremos de una resistencia R de detección para medir la corriente de carga o la corriente de descarga. La unidad 130 de control puede determinar si la celda 11 de batería está en un estado estabilizado usando la corriente medida por la unidad 140 de medición de corriente antes de que la unidad 110 de medición de tensión mida la OCV de la celda 11 de batería. Por ejemplo, si un estado donde la corriente de carga o la corriente de descarga de la celda 11 de batería medida por la unidad 140 de medición de corriente se mantiene como 0 [A] durante un tiempo preestablecido, la unidad 130 de control puede determinar que la celda 11 de batería está en un estado estabilizado y luego medir la OCV de la celda 11 de batería usando la unidad 110 de medición de tensión. Además, la unidad 110 de medición de tensión puede medir la OCV de la celda 11 de batería después de que una señal de medición se transmita desde la unidad 130 de control.

Además, con referencia a la FIG. 2, el aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede además incluir una unidad 150 de almacenamiento. La unidad 150 de almacenamiento puede almacenar programas y datos necesarios para ejecutar la red neuronal usada para actualizar el modelo de batería, funciones relacionadas con el modelo de batería, valores de parámetro del modelo de batería, y similares. Es decir, la unidad 150 de almacenamiento puede almacenar datos necesarios para la operación y función de cada componente del aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción como, por ejemplo, la red neuronal y el modelo de batería, datos generados en el proceso de llevar a cabo la operación o función, o similares. La unidad 150 de almacenamiento no está, en particular, limitada en este aspecto siempre que sea un medio de almacenamiento de información conocido que pueda grabar, borrar, actualizar y leer datos. Como ejemplo, el medio de almacenamiento de información puede incluir RAM, memoria flash, ROM, EEPROM, registros, y similares. La unidad 150 de almacenamiento puede almacenar códigos de programa en los cuales se definen procesos ejecutables por la unidad 130 de control.

Preferiblemente, las múltiples frecuencias pueden incluir una frecuencia seleccionada de una tabla de frecuencias prealmacenada que incluye múltiples frecuencias predeterminadas según la temperatura y el SOC de la celda 11 de batería. Aquí, la tabla de frecuencias prealmacenada se prealmacena en la unidad 150 de almacenamiento, y puede ser una tabla de consulta a partir de la cual puede hacerse referencia a múltiples frecuencias según la temperatura y el SOC de la celda 11 de batería.

La FIG. 3 es un diagrama que muestra un ejemplo de una tabla de frecuencias almacenada con antelación en el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción. Con referencia a la FIG. 3, la tabla de frecuencias prealmacenada puede incluir los campos temperatura (T), SOC y frecuencia (F). Por ejemplo, las frecuencias F_{11} , F_{12} , F_{13} y F_{14} correspondientes a la temperatura T_1 °C y SOC S_1 % pueden incluirse en un primer registro. Además, las frecuencias F_{21} , F_{22} , F_{23} y F_{24} correspondientes a la temperatura T_2 °C y SOC S_2 % pueden incluirse en un segundo registro.

Por ejemplo, en la tabla de frecuencias prealmacenada, el campo temperatura y el campo SOC pueden establecerse como claves compuestas. Por consiguiente, la unidad 130 de control puede seleccionar múltiples frecuencias correspondientes a la temperatura de la celda 11 de batería medida por la unidad 120 de medición de temperatura y el SOC calculado de la celda 11 de batería mediante el uso de la tabla de frecuencias prealmacenada. Por lo tanto, múltiples registros que tiene diferentes SOC para la misma temperatura pueden existir en la tabla de frecuencias prealmacenada. Por ejemplo, como en el tercer y cuarto registros, puede haber registros que tienen diferentes SOC S_3 % y S_4 % para la temperatura T_3 °C. Sin embargo, el establecimiento del campo temperatura y del campo SOC como claves compuestas es solo un ejemplo de la tabla de frecuencias prealmacenada, y la tabla de frecuencias prealmacenada no se limita a ello.

Es decir, el aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede seleccionar múltiples frecuencias a las cuales el estado interno de la celda 11 de batería puede medirse con mayor precisión, usando la tabla de frecuencias en la cual temperatura, SOC y múltiples frecuencias se almacenan en pares. Por lo tanto, la corriente que tiene múltiples frecuencias seleccionadas se suministra a la celda 11 de batería por el aparato 100 de gestión de batería en base a la temperatura y SOC de la celda 11 de batería, antes que una corriente que tiene una frecuencia seleccionada de forma aleatoria, de modo que el estado interno de la celda 11 de batería pueda determinarse de manera más precisa.

Asimismo, con referencia a la FIG. 2, el aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente

descripción puede incluir además una unidad EIS (espectroscopía de impedancia eléctrica) conectada a la unidad 130 de control y configurada para cambiar la frecuencia de la corriente suministrada a la celda 11 de batería a las múltiples frecuencias seleccionadas por la unidad 130 de control. Es decir, la unidad 160 EIS puede conectarse eléctricamente a la unidad 130 de control para transmitir y recibir señales a/de entre sí, y puede aplicar una corriente en la forma de onda sinusoidal o impulso a la celda 11 de batería.

Por ejemplo, como en la realización anterior, se supone que la unidad 130 de control selecciona las frecuencias F_1 , F_2 , F_3 y F_4 usando la tabla de frecuencias prealmacenada. La unidad 130 de control puede enviar una señal de aplicación de frecuencia F_1 a la unidad 160 EIS. La unidad 160 EIS que recibe la señal de aplicación de frecuencia F_1 de la unidad 130 de control emite una corriente que tiene la frecuencia F_1 y, como resultado, la corriente que tiene la frecuencia F_1 puede suministrarse a la celda 11 de batería. En un ejemplo, la corriente suministrada a la celda 11 de batería es una corriente de impulso. De manera similar, la unidad 130 de control puede enviar una señal de aplicación de frecuencia F_2 , una señal de aplicación de frecuencia F_3 y una señal de aplicación de frecuencia F_4 a la unidad 160 EIS, respectivamente. En este momento, la unidad 130 de control puede enviar diferentes señales de aplicación de frecuencia a la unidad 160 EIS a un intervalo de tiempo regular. Por ejemplo, la unidad 130 de control puede enviar diferentes señales de aplicación de frecuencia a la unidad 160 EIS a un intervalo de 10 ms.

Además, la unidad 130 de control puede configurarse para calcular la impedancia para la celda 11 de batería en base a múltiples tensiones medidas mientras las múltiples corrientes cuyas frecuencias se cambian por la unidad 160 EIS se están suministrando a la celda 11 de batería. La unidad 130 de control puede configurarse para calcular la impedancia de cada celda 11 de batería en base a las múltiples tensiones medidas por la unidad 110 de medición de tensión. Es decir, la unidad 130 de control puede transmitir una señal de aplicación de frecuencia a la unidad 160 EIS, y la unidad 160 EIS puede aplicar una corriente que tiene una frecuencia específica a la celda 11 de batería en base a la señal de aplicación de frecuencia recibida. La unidad 110 de medición de tensión puede medir la tensión de cada celda 11 de batería inmediatamente después de que la corriente que tiene la frecuencia emitida desde la unidad 160 EIS se suministre a cada celda 11 de batería. Aquí, la unidad 130 de control puede transmitir múltiples señales de aplicación de frecuencia a la unidad 160 EIS, y la unidad 160 EIS puede emitir corrientes que tienen frecuencias diferentes en un intervalo de tiempo en base a las múltiples señales de aplicación de frecuencia recibidas. Por lo tanto, la unidad 110 de medición de tensión puede medir la tensión de cada celda 11 de batería cuando las corrientes que tienen una frecuencia diferente se suministran a cada celda 11 de batería. Además, la unidad 130 de control puede recibir múltiples tensiones medidas por la unidad 110 de medición de tensión y calcular la impedancia de cada celda 11 de batería en base a las múltiples tensiones recibidas. El método de medición de impedancia de cada frecuencia de la celda 11 de batería usando las características de respuesta de la celda 11 de batería después de aplicar las múltiples corrientes con diferentes frecuencias a la celda 11 de batería se conoce ampliamente con el nombre de EIS (espectroscopía de impedancia eléctrica) y, por consiguiente, no se describirá en detalle.

En la realización de la FIG. 3, como en la realización anterior, se supone que la unidad 130 de control selecciona las frecuencias F_1 , F_2 , F_3 y F_4 a través de la tabla de frecuencias prealmacenada. La unidad 130 de control puede transmitir la señal de aplicación de frecuencia F_1 a la unidad 160 EIS, la unidad 160 EIS puede aplicar la corriente que tiene la frecuencia F_1 a la celda 11 de batería, y la unidad 110 de medición de tensión puede medir una primera tensión de la celda 11 de batería a la cual se suministra la corriente que tiene la frecuencia F_1 . De manera similar, la unidad 110 de medición de tensión puede medir una segunda tensión de la celda 11 de batería a la cual se suministra la corriente que tiene la frecuencia F_2 , una tercera tensión de la celda 11 de batería a la que se suministra la corriente que tiene la frecuencia F_3 , y una cuarta tensión de la celda 11 de batería a la que se suministra la corriente que tiene la frecuencia F_4 . La unidad 130 de control puede recibir la primera a cuarta tensiones de la unidad 110 de medición de tensión, y calcular la impedancia de la celda 11 de batería usando la primera a cuarta tensiones y una corriente CA aplicada a la celda 11 de batería. Mientras tanto, la tensión puede medirse varias veces para cada frecuencia y, por consiguiente, cada una de la primera a cuarta tensiones puede incluir datos de tensión únicos o múltiples datos de tensión.

El aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede determinar, de manera más precisa, la impedancia de la celda 11 de batería suministrando una corriente que tiene cada una de las múltiples frecuencias seleccionadas en base a la temperatura y SOC de la celda 11 de batería a la celda 11 de batería.

La unidad 110 de medición de tensión puede configurarse para medir la tensión cuando una corriente que tiene una frecuencia a la cual la tensión de la celda 11 de batería no se mide con antelación entre las múltiples frecuencias se suministra a la celda 11 de batería, en el SOC estimado y la temperatura medida.

Es decir, la unidad 130 de control puede transmitir la señal de aplicación de frecuencia para algunas de las múltiples frecuencias seleccionadas de la tabla de frecuencias prealmacenada a la unidad 160 EIS. Aquí, algunas frecuencias son frecuencias no usadas que no se usan para determinar la impedancia de la celda 11 de batería. Además, la unidad 110 de medición de tensión puede medir la tensión de la celda 11 de batería cuando una corriente que tiene una frecuencia no usada se suministra a la celda 11 de batería. Esto se describirá con referencia a la FIG. 4.

La FIG. 4 es un diagrama que muestra un ejemplo de una tabla de impedancias almacenada en el aparato de

gestión de batería según una realización de la presente descripción. Con referencia a la FIG. 4, la tabla de impedancias puede incluir un número de identificación (ID), temperatura (T), estado de carga (SOC) e impedancia (I) de la celda 11 de batería como campos. La tabla de impedancias puede almacenarse en la unidad 150 de almacenamiento.

5 El campo impedancia (I) puede incluir un valor para la impedancia de cada frecuencia calculada por la unidad 130 de control. Además, el número de impedancias (I) es idéntico al número de las múltiples frecuencias determinadas con antelación según la temperatura y SOC de la celda 11 de batería en la tabla de frecuencias prealmacenada.

10 Por ejemplo, en el primer registro 401 de la FIG. 4, los campos impedancia (I) están todos vacíos. Es decir, con referencia a la FIG. 3, esto se debe a que las impedancias no se calculan para las frecuencias F_{11} , F_{12} , F_{13} y F_{14} correspondientes a la temperatura T_1 °C y al SOC S_1 % incluidos en el primer registro 401. En este caso, como en la realización anterior, la unidad 130 de control puede transmitir la señal de aplicación de frecuencia para cada una de las frecuencias F_{11} , F_{12} , F_{13} y F_{14} a la unidad 160 EIS mientras la temperatura y el SOC de la celda 11 de batería son T_1 °C y S_1 %, respectivamente. Además, la unidad 160 EIS puede emitir cada una de las corrientes que tienen las frecuencias F_{11} , F_{12} , F_{13} y F_{14} , y la unidad 110 de medición de tensión puede medir la tensión de la celda 11 de batería cuando diferentes corrientes que tienen las frecuencias F_{11} , F_{12} , F_{13} y F_{14} se aplican a la celda 11 de batería.

20 En el segundo registro 402 de la FIG. 4, los campos impedancia (I) se registran solo parcialmente. Es decir, con referencia a la FIG. 3, en el caso del segundo registro 402 de la FIG. 4, las señales de aplicación de frecuencia para las frecuencias F_{21} y F_{22} entre las frecuencias F_{21} , F_{22} , F_{23} y F_{24} correspondientes a la temperatura T_2 °C y al SOC S_2 % se transmiten a la unidad 160 EIS en el pasado, y las impedancias I_{21} e I_{22} se calculan con antelación en base a la tensión medida cuando las corrientes que tienen las frecuencias F_{21} y F_{22} se aplican a la celda 11 de batería. En este caso, mientras las impedancias I_{21} , I_{22} , I_{23} e I_{24} para las frecuencias F_{21} , F_{22} , F_{23} y F_{24} se están calculando, el proceso de cálculo de impedancia finaliza antes de que las impedancias I_{23} e I_{24} se calculen debido a cualquier motivo. En este caso, la unidad 130 de control puede registrar la impedancia ya calculada en la tabla de impedancias. Además, durante el proceso de cálculo de impedancia, la unidad 130 de control puede no calcular la impedancia ya calculada de manera repetida con referencia a la tabla de impedancias. Es decir, en el segundo registro de la FIG. 4, la unidad 130 de control puede omitir el cálculo de I_{21} e I_{22} y solo calcular I_{23} e I_{24} . Por consiguiente, la unidad 130 de control puede transmitir solo las señales de aplicación de frecuencia F_{23} y F_{24} a la unidad 160 EIS. Además, la unidad 160 EIS puede emitir las corrientes que tienen las frecuencias F_{23} y F_{24} , respectivamente, y la unidad 110 de medición de tensión puede medir la tensión de la celda 11 de batería cuando cada una de las corrientes que tiene las frecuencias F_{23} y F_{24} se aplica a la celda 11 de batería.

35 El aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede evitar que la impedancia se calcule de manera repetida en las mismas condiciones almacenando la tabla de frecuencias y la tabla de impedancias y registrando los valores ya medidos. Por lo tanto, el tiempo requerido para actualizar el modelo de batería se acorta, de modo que el modelo de batería puede actualizarse de manera rápida incluso en la situación de carga rápida de la celda 11 de batería.

40 Preferiblemente, el valor de parámetro estimado es un valor obtenido usando la red neuronal y puede incluir un valor correspondiente al parámetro del modelo de batería predefinido. Es decir, la unidad 130 de control puede obtener el valor de parámetro estimado procesando los valores emitidos desde la red neuronal, y el valor de parámetro estimado obtenido puede corresponder a algunos de los parámetros del modelo de batería predefinido.

45 Por consiguiente, la unidad 130 de control puede configurarse para actualizar, en primer lugar, el modelo de batería cambiando el parámetro correspondiente al valor de parámetro estimado obtenido entre los parámetros del modelo de batería al valor de parámetro estimado obtenido.

50 En la presente descripción, dado que el modelo de batería se actualiza en base a la temperatura, SOC e impedancia de la celda 11 de batería a través de la red neuronal pre-aprendida, el aparato 100 de gestión de batería tiene la ventaja de determinar, de manera más precisa, el estado interno de cada celda 11 de batería usando el modelo de batería optimizado para cada celda 11 de batería.

55 Con referencia a la FIG. 2, el aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede incluir además una unidad 170 de carga conectada a la unidad 130 de control y configurada para suministrar una corriente a la celda 11 de batería. Es decir, la unidad 170 de carga para suministrar corriente a la celda 11 de batería puede incluirse dentro del aparato 100 de gestión de batería o puede proveerse fuera del aparato 100 de gestión de batería.

60 Tanto la unidad 170 de carga incluida dentro del aparato 100 de gestión de batería como la unidad 170 de carga provista fuera del aparato 100 de gestión de batería pueden conectarse eléctricamente a la unidad 130 de control y suministrar corriente a la celda 11 de batería.

65 En una realización, la unidad 170 de carga provista fuera del aparato 100 de gestión de batería puede conectarse a la unidad 130 de control usando un conector. El conector incluye una línea de comunicación, de modo que la unidad

170 de carga pueda comunicarse con la unidad 130 de control.

La unidad 170 de carga puede configurarse para cargar la celda 11 de batería a una tasa C preestablecida según el SOC estimado y la temperatura medida si el modelo de batería se actualiza, en primer lugar, por la unidad 130 de control. Es decir, si el modelo de batería se actualiza, en primer lugar, por la unidad 130 de control, la unidad 170 de carga puede cargar la celda 11 de batería a la tasa C preestablecida según el SOC estimado y la temperatura medida de la celda 11 de batería según la solicitud de la unidad 130 de control. Si el modelo de batería se actualiza completamente en primer lugar, la unidad 170 de carga puede recibir una señal de carga de batería que incluye la tasa C reestablecida de la unidad 130 de control. En este momento, la unidad 170 de carga puede cargar la celda 11 de batería a la tasa C preestablecida. La tasa C preestablecida se almacena en la unidad 150 de almacenamiento, y la unidad 130 de control puede transmitir la tasa C preestablecida a la unidad 170 de carga junto con la señal de carga de batería.

Cuando la celda 11 de batería se carga a la tasa C preestablecida, la unidad 130 de control puede configurarse para actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería actualizando el parámetro del modelo de batería en base a la diferencia de tensión entre el valor de tensión medido y el valor de tensión estimado obtenido del modelo de batería actualizado en primer lugar en el mismo punto temporal. Es decir, la unidad 110 de medición de tensión puede medir la tensión de la celda 11 de batería en un primer punto temporal cuando la celda de batería se carga a la tasa C preestablecida, y transmitir el valor de tensión medido a la unidad 130 de control. La unidad 130 de control puede obtener el valor de tensión estimado usando el modelo de batería actualizado en el primer punto temporal y comparar el valor de tensión estimado obtenido con el valor de tensión medido recibido. Además, la unidad 130 de control puede actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería según el resultado de la comparación.

Como en el ejemplo previo, la unidad 130 de control puede actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería según la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido. Aquí, la diferencia de tensión puede calcularse usando una ecuación "valor de tensión estimado - valor de tensión medido".

En una realización, se supone que la unidad 170 de carga está cargando la celda 11 de batería a una tasa C 4C, el valor de tensión medido se mide como 4,05 [V] y el valor de tensión estimado se obtiene como 4,1 [V] en base al mismo punto temporal. La unidad 130 de control puede actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería según la magnitud de un valor absoluto de la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido. Es decir, la unidad 130 de control puede actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería para corregir el error de 0,05 [V]. De manera específica, la unidad 130 de control puede actualizar el parámetro actualizado en primer lugar usando el valor de parámetro estimado entre los parámetros incluidos en el modelo de batería con el fin de corregir el error de 0,05 [V].

Según la presente descripción, el aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería en base a la diferencia de tensión entre el valor de tensión medido y el valor de tensión estimado mientras se carga la celda 11 de batería a la tasa C preestablecida. Al actualizar el modelo de batería múltiples veces como se describe más arriba, el aparato 100 de gestión de batería tiene la ventaja de mejorar la fiabilidad del valor de salida del modelo de batería y determinar, de manera precisa, el estado interno de la celda 11 de batería.

La unidad 130 de control puede configurarse para cambiar la tasa C de la corriente de carga controlando la unidad de carga, si la diferencia de tensión es mayor que o igual a un valor umbral.

Aquí, el valor umbral es un valor umbral para el valor absoluto de la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido, y puede ser un valor prealmacenado en la unidad 150 de almacenamiento.

Si la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido es mayor que o igual al valor umbral, la unidad 130 de control puede determinar esto como un SOC anormal y transmitir una señal a la unidad 170 de carga para cambiar la tasa C. Es decir, la unidad 130 de control ordena a la unidad 170 de carga que cambie la tasa C y, de esta manera, se ajusta la magnitud de la corriente suministrada a la celda 11 de batería.

Por el contrario, si la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido es menor que el valor umbral, la unidad 130 de control puede determinar que el valor de tensión estimado se encuentra dentro de un rango normal y no actualiza el modelo de batería actualizado otra vez.

El aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede reducir el tiempo requerido para optimizar el modelo de batería terminando la actualización secundaria del modelo de batería si la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido es menor que el valor umbral establecido, aunque el valor de tensión estimado estimado por la unidad 130 de control y el valor de tensión medido medido por la unidad 110 de medición de tensión no sean completamente iguales. Además, si la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido es mayor que o igual al valor umbral, el aparato 100 de gestión de batería puede corregir la diferencia de tensión ajustando la magnitud de la corriente suministrada a la celda 11 de batería.

Preferiblemente, la unidad de control puede configurarse para aumentar la tasa C controlando la unidad de carga, si la diferencia de tensión es mayor que o igual al valor umbral y el valor de tensión estimado es mayor que o igual al valor de tensión medido.

Por ejemplo, se supone que el valor de tensión estimado es de 4,1 [V], el valor de tensión medido es de 4,05 [V], y el valor umbral se establece en 0,05 [V] en base al mismo punto temporal que en el ejemplo previo. La unidad 130 de control puede calcular 0,05 [V] como el valor absoluto de la diferencia de tensión entre el valor de tensión medido y el valor de tensión estimado. En este caso, dado que el valor umbral y la diferencia de tensión calculada son iguales y el valor de tensión estimado es mayor que o igual al valor de tensión medido, la unidad 130 de control puede transmitir una señal de aumento de tasa C a la unidad 170 de carga para aumentar la tasa C. Es decir, aunque la celda 11 de batería se cargue a la tasa C preestablecida, dado que el valor de tensión medido no alcanza el valor de tensión estimado, la unidad 130 de control puede determinar que el valor límite de carga de la celda 11 de batería no se ha alcanzado aún y transmitir la señal de aumento de tasa C a la unidad 170 de carga.

Por el contrario, si la diferencia de tensión es mayor que o igual al valor umbral y el valor de tensión estimado es menor que el valor de tensión medido, la unidad de control puede configurarse para reducir la tasa C controlando la unidad de carga.

Por ejemplo, se supone que el valor de tensión estimado es de 4 [V], el valor de tensión medido es de 4,1 [V], y el valor umbral se establece en 0,05 [V]. La unidad 130 de control puede calcular 0,1 [V] como el valor absoluto de la diferencia de tensión entre el valor de tensión medido y el valor de tensión estimado. En este caso, dado que la diferencia de tensión calculada supera el valor umbral y el valor de tensión estimado es menor que el valor de tensión medido, la unidad 130 de control puede transmitir una señal de reducción de tasa C a la unidad 170 de carga para reducir la tasa C. Es decir, si la celda 11 de batería se carga a la tasa C preestablecida, dado que el valor de tensión medido supera el valor de tensión estimado, la unidad 130 de control puede determinar que la tasa C preestablecida se aproxima a o supera el valor límite de carga de la celda 11 de batería y reducir la tasa C controlando la unidad 170 de carga.

El aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede aumentar o reducir la tasa C teniendo en cuenta la totalidad de la diferencia de tensión, el valor umbral, el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido. Por lo tanto, el aparato 100 de gestión de batería puede evitar la sobrecarga o sobredescarga de la celda 11 de batería con antelación en el proceso de optimización de los parámetros del modelo de batería ajustando la corriente aplicada a la celda 11 de batería.

La unidad 130 de control puede configurarse para ajustar los parámetros del modelo de batería hasta que la diferencia de tensión entre el valor de tensión medido de la celda 11 de batería medido por la unidad 110 de medición de tensión y el valor de tensión estimado obtenido usando el modelo de batería aprendido al mismo tiempo se convierta en menor que el valor umbral, después de que se cambia la tasa C. La unidad 130 de control puede actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería ajustando los parámetros del modelo de batería hasta que la diferencia de tensión se convierta en menor que el valor umbral. De manera específica, entre los parámetros del modelo de batería, el parámetro actualizado al valor de parámetro estimado en el proceso de actualización en primer lugar puede actualizarse en segundo lugar.

En una realización, la unidad 130 de control puede comparar una primera diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado obtenido usando el modelo de batería actualizado en primer lugar en un primer punto temporal y el valor de tensión medido de la celda 11 de batería medido en el primer punto temporal con el valor umbral. Si la primera diferencia de tensión es mayor que o igual al valor umbral, la unidad 130 de control puede ajustar la magnitud de la corriente de carga. Además, la unidad 130 de control puede comparar una segunda diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado obtenido usando el modelo de batería actualizado en primer lugar en un segundo punto temporal y el valor de tensión medido de la celda 11 de batería medido en el segundo punto temporal con el valor umbral. Si la segunda diferencia de tensión es mayor que o igual al valor umbral, la unidad 130 de control puede actualizar en segundo lugar el modelo de batería cambiando los parámetros del modelo de batería actualizado en primer lugar. Preferiblemente, la unidad 130 de control puede ajustar, de manera repetida, los parámetros del modelo de batería hasta que se satisfaga la condición de que la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido sea menor que el valor umbral.

Según la presente descripción, dado que el aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción actualiza el modelo de batería hasta que la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido se convierta en menor que el valor umbral, es posible mejorar aún más la fiabilidad del valor de tensión estimado que es una salida del modelo de batería.

Mientras se carga la celda de batería, la unidad 130 de control puede estimar información de estado sobre el electrodo negativo de la celda de batería usando el modelo de batería actualizado en segundo lugar. Por ejemplo, la información de estado sobre el electrodo negativo de la celda 11 de batería puede incluir al menos uno de una relación estimada de iones de litio y un potencial de electrodo negativo sobre el electrodo negativo de la celda 11 de

batería.

Es decir, el modelo de batería actualizado en segundo lugar puede configurarse para determinar no solo el valor de tensión estimado de la celda 11 de batería sino también al menos uno de una concentración de iones de litio de superficie y un potencial de electrodo negativo del electrodo negativo de la celda 11 de batería. Aquí, la concentración de iones de litio de superficie es C_s de la Ecuación 4, y el potencial de electrodo negativo es ϕ_s de la Ecuación 2.

La unidad 130 de control puede configurarse para ajustar la magnitud de la corriente de carga aplicada a la celda de batería de modo que la información de estado estimada sobre el electrodo negativo de la celda de batería no alcance una condición umbral. Por ejemplo, la unidad 130 de control puede configurarse para ajustar la magnitud de la corriente de carga de la celda 11 de batería de modo que la relación de iones de litio estimada no alcance un límite umbral superior. Además, la unidad 130 de control puede configurarse para ajustar la magnitud de la corriente de carga de la celda 11 de batería de modo que el potencial de electrodo negativo no alcance un límite umbral inferior. Es decir, la unidad 130 de control puede ajustar la magnitud de la corriente de carga de la celda 11 de batería en base a la relación de iones de litio estimada o al potencial de electrodo negativo obtenido.

Aquí, la relación de iones de litio estimada y el potencial de electrodo negativo sobre el electrodo negativo de la celda 11 de batería son factores que se consideran esencialmente cuando la celda 11 de batería se carga rápidamente. Si la relación de iones de litio estimada es igual a o mayor que el valor umbral o el potencial de electrodo negativo tiene un potencial negativo, la unidad 130 de control puede determinar que el chapado de litio (Li) ocurre en la celda 11 de batería. Es decir, la unidad 130 de control puede determinar que iones de litio se combinan entre sí y se precipitan como litio en el electrodo negativo de la celda 11 de batería. El litio es un metal que reacciona de manera violenta con agua, y cuando el litio se precipita por la combinación de iones de litio dentro de la celda 11 de batería, puede ocurrir una hinchazón que provoca el inflado de la celda 11 de batería debido a la humedad penetrada en la celda 11 de batería, y la celda 11 de batería puede explotar. Por lo tanto, la unidad 130 de control puede obtener al menos uno de la relación de iones de litio estimada y el potencial de electrodo negativo para el electrodo negativo de la celda 11 de batería del modelo de batería actualizado en segundo lugar, y determinar la tasa C correspondiente al estado interno de la celda 11 de batería, mientras se carga la celda 11 de batería. Además, la unidad 130 de control puede cambiar la tasa C de la corriente de carga actualmente aplicada a la celda de batería por la tasa C determinada controlando la unidad 170 de carga.

La FIG. 5 es un diagrama que muestra un ejemplo de una relación de iones de litio estimada de un electrodo negativo, obtenida a partir de un modelo de batería, en el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción. La FIG. 6 es un diagrama que muestra un ejemplo de un potencial de electrodo negativo, obtenido a partir del modelo de batería, en el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

Con referencia a la FIG. 5, la unidad 130 de control puede determinar la relación de iones de litio estimada para el electrodo negativo de la celda 11 de batería a partir del modelo de batería actualizado en segundo lugar. Aquí, la relación de iones de litio estimada es un valor estimado por el modelo de batería actualizado en segundo lugar y puede calcularse usando una ecuación "concentración de iones de litio estimada $\div$ valor umbral de concentración de iones de litio". Es decir, la relación de iones de litio estimada puede ser una relación de la concentración de iones de litio estimada con respecto al valor umbral de concentración de iones de litio. Aquí, la concentración de iones de litio estimada es C_s de la Ecuación 4, y el valor umbral de concentración de iones de litio es un valor umbral en el que ocurre el chapado de litio en el electrodo negativo, que se establece con antelación a través de experimentos.

En la realización de la FIG. 5, la relación de iones de litio estimada de la celda 11 de batería se acerca a 1 a medida que aumenta el tiempo de carga. Por lo tanto, dado que la concentración de iones de litio estimada de la celda 11 de batería está alcanzando el valor umbral de concentración de iones de litio mediante la carga, si la concentración de iones de litio estimada aumenta hasta un valor preestablecido cercano al valor umbral de concentración de iones de litio, la unidad 130 de control puede transmitir una señal de reducción de tasa C a la unidad 170 de carga de modo que la tasa C de carga de la celda 11 de batería se reduzca.

Además, con referencia a la FIG. 6, la unidad 130 de control puede determinar el potencial de electrodo negativo para la celda 11 de batería a partir del modelo de batería actualizado en segundo lugar. Aquí, el potencial de electrodo negativo es un valor estimado por el modelo de batería actualizado en segundo lugar, que es ϕ_s de la Ecuación 2. En la realización de la FIG. 6, el potencial de electrodo negativo de la celda 11 de batería se aproxima a 0 [V] a medida que aumenta el tiempo de carga. Por lo tanto, si el potencial de electrodo negativo cae hasta un valor preestablecido cercano a 0 [V], la unidad 130 de control puede transmitir una señal de reducción de tasa C a la unidad 170 de carga de modo tal que la tasa C de carga de la celda 11 de batería se reduce. Es decir, la unidad 130 de control puede reducir la tasa C de la corriente de carga aplicada a la celda 11 de batería controlando la unidad 170 de carga.

El aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción puede medir, de manera más precisa, el estado interno de la celda 11 de batería y determinar una corriente de carga optimizada para la celda 11

de batería estimando la relación de iones de litio estimada y el potencial de electrodo negativo, los cuales son sustancialmente imposibles de medir de forma directa en la celda 11 de batería, usando el modelo de batería actualizado en segundo lugar. Por consiguiente, el aparato 100 de gestión de batería tiene la ventaja de llevar a cabo, de forma rápida y segura, la carga rápida de la celda 11 de batería ajustando, de manera adecuada, la tasa C de carga cuando la celda 11 de batería se carga rápidamente.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que muestra, de manera esquemática, un método de gestión de batería según una realización de la presente descripción. El método de gestión de batería puede ejecutarse por el aparato 100 de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

Con referencia a la FIG. 7, el método de gestión de batería según una realización de la presente descripción incluye una etapa (E100) de selección de frecuencia, una etapa (E200) de cálculo de impedancia, una etapa (E300) de obtención de valor de parámetro estimado, una etapa (E400) de actualización primaria del modelo de batería y una etapa (E500) de actualización secundaria del modelo de batería.

La etapa (E100) de selección de frecuencia es una etapa de selección de múltiples frecuencias correspondientes a la temperatura y SOC de la celda 11 de batería, y puede llevarse a cabo por la unidad 130 de control.

La unidad 130 de control puede seleccionar múltiples frecuencias correspondientes a la temperatura y SOC presentes de la celda 11 de batería usando la tabla de frecuencias prealmacenada en la unidad 150 de almacenamiento. El método de cálculo de la temperatura y SOC presentes se describe más arriba.

La etapa (E200) de cálculo de impedancia es una etapa de cálculo de impedancia para cada frecuencia de la celda 11 de batería aplicando una corriente que tiene las múltiples frecuencias seleccionadas en la etapa (E100) de selección de frecuencia a la celda 11 de batería, y puede llevarse a cabo por la unidad 130 de control y la unidad 160 EIS.

En primer lugar, la unidad 130 de control puede transmitir las múltiples frecuencias seleccionadas en la etapa (E100) de selección de frecuencia a la unidad 160 EIS. Además, la unidad 160 EIS puede aplicar diferentes corrientes correspondientes a las múltiples frecuencias recibidas a la celda 11 de batería a intervalos de tiempo regulares.

Además, la unidad 130 de control puede también transmitir las múltiples frecuencias seleccionadas en la etapa de selección de frecuencia una a una a la unidad 160 EIS a intervalos de tiempo regulares. En este caso, si la unidad 160 EIS recibe la frecuencia de la unidad 130 de control, la unidad 160 EIS puede aplicar inmediatamente la corriente que tiene la frecuencia recibida a la celda 11 de batería.

La unidad 110 de medición de tensión puede medir la tensión de la celda 11 de batería al menos una vez cuando múltiples corrientes que tienen frecuencias diferentes se suministran a la celda 11 de batería. Además, la unidad 110 de medición de tensión puede transmitir un valor de tensión para la tensión medida a la unidad 130 de control. La unidad 130 de control puede calcular la impedancia de la celda 11 de batería en base al valor de tensión recibido de la unidad 110 de medición de tensión.

La etapa (E300) de obtención de valor de parámetro estimado es una etapa de obtención del valor de parámetro estimado del modelo de batería predefinido ingresando la impedancia para cada frecuencia calculada en la etapa (E200) de cálculo de impedancia en la red neuronal pre-aprendida, y puede llevarse a cabo por la unidad 130 de control.

De manera específica, la etapa (E300) de obtención de valor de parámetro estimado es una etapa de obtención de un valor estimado de un parámetro del modelo de batería predefinido en base a la temperatura, SOC e impedancia de la celda 11 de batería usando la red neuronal pre-aprendida.

Es decir, la unidad 130 de control puede ingresar la temperatura de la celda 11 de batería recibida de la unidad 120 de medición de temperatura, el SOC estimado en base a la OCV de la celda 11 de batería recibida de la unidad 110 de medición de tensión y la impedancia calculada en la etapa (E200) de cálculo de impedancia a través de la red neuronal pre-aprendida. Además, la unidad 130 de control puede obtener un valor relacionado con la resistencia de salida y la capacidad de la red neuronal, y procesar el valor obtenido relacionado con la resistencia y capacidad para obtener un valor de parámetro estimado.

La etapa (E400) de actualización primaria del modelo de batería es una etapa de actualización primaria del modelo de batería usando el valor de parámetro estimado obtenido, y puede llevarse a cabo por la unidad 130 de control.

La unidad 130 de control puede cambiar algunos de los parámetros del modelo de batería por los valores de parámetro estimados obtenidos en la etapa (E300) de obtención de valor de parámetro estimado. Es decir, dado que el valor de parámetro estimado obtenido usando la red neuronal corresponde a algunos de los parámetros del modelo de batería, la unidad 130 de control puede actualizar en primer lugar el modelo de batería cambiando algunos de los parámetros del modelo de batería por el valor de parámetro estimado obtenido.

La etapa (E500) de actualización secundaria de modelo de batería es una etapa de actualización secundaria del modelo de batería ajustando, de manera repetida, los parámetros del modelo de batería hasta que la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado calculado a través del modelo de batería actualizada en primer lugar en la etapa (E400) de actualización primaria de modelo de batería y el valor de tensión medido para la celda 11 de batería se convierta en menor que el umbral, y puede llevarse a cabo por la unidad 130 de control.

De manera específica, la etapa (E500) de actualización secundaria de modelo de batería es una etapa de actualización secundaria del modelo de batería ajustando los parámetros del modelo de batería una vez más en base a la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado calculado usando el modelo de batería actualizado en primer lugar y el valor de tensión medido, que es un valor real de la celda 11 de batería, mientras se carga la celda 11 de batería a una tasa C preestablecida.

La unidad 130 de control puede obtener un potencial de fase de electrodo positivo y un potencial de fase de electrodo negativo del modelo de batería obtenido en la etapa (E400) de actualización primaria de modelo de batería, y obtener el valor de tensión estimado para la celda 11 de batería a través de la diferencia entre el potencial de fase de electrodo positivo obtenido y el potencial de fase de electrodo negativo obtenido. Además, la unidad 110 de medición de tensión puede medir la tensión de la celda 11 de batería y transmitir el valor de tensión medido a la unidad 130 de control. La unidad 130 de control puede ajustar los parámetros del modelo de batería si la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido es mayor que o igual al valor umbral.

Además, la unidad 130 de control puede obtener el valor de tensión estimado usando el modelo de batería cuando los parámetros del modelo de batería se ajustan, y repetir la etapa (E500) de actualización secundaria del modelo de batería hasta que la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado obtenido y el valor de tensión medido se convierta en menor que el valor umbral. Preferiblemente, el punto temporal de estimación del valor de tensión estimado y el punto temporal de medición del valor de tensión medido son iguales.

La FIG. 8 es un diagrama de flujo que muestra, de manera esquemática, un método de gestión de batería según otra realización de la presente descripción. El método de gestión de batería que se muestra en la FIG. 8 puede incluir además una etapa (E110) de comprobación de estado y una etapa (E120) de medición de temperatura y estimación de SOC de la celda 11 de batería, en comparación con el método de gestión de batería que se muestra en la FIG. 7. Es decir, en el método de gestión de batería que se muestra en las FIGS. 7 y 8, la etapa (E100) de selección de frecuencia, la etapa (E200) de cálculo de impedancia, la etapa (E300) de obtención de valor de parámetro estimado, la etapa (E400) de actualización primaria de modelo de batería y la etapa (E500) de actualización secundaria de modelo de batería son iguales entre sí.

El método de gestión de batería que se muestra en la FIG. 8 puede también ejecutarse por el aparato de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

La etapa (E110) de comprobación de estado de la celda 11 de batería es una etapa de comprobación de si la celda 11 de batería está en un estado estabilizado en el que puede medirse la OCV.

La unidad 140 de medición de corriente puede medir la corriente de la celda 11 de batería y transmitir el valor de corriente para la corriente medida a la unidad 130 de control. La unidad 130 de control puede recibir el valor de corriente de la unidad 140 de medición de corriente, y puede determinar que la celda 11 de batería está en un estado estabilizado si el valor de corriente recibido es de 0 [A] o se encuentra dentro de un rango normal desde 0 [A] y un estado sin carga o un estado de carga baja de la celda 11 de batería continúa durante un tiempo preestablecido.

La etapa (E120) de medición de temperatura y estimación de SOC es una etapa de medición de la temperatura y estimación del SOC de la celda 11 de batería en un estado estabilizado.

Si se determina que la celda 11 de batería está en un estado estabilizado en la etapa (E110) de comprobación de estado de la celda 11 de batería, la unidad 120 de medición de temperatura puede medir la temperatura de la celda 11 de batería, y la unidad 110 de medición de tensión puede medir la OCV de la celda 11 de batería.

La unidad 130 de control puede recibir el valor de temperatura de la celda 11 de batería de la unidad 120 de medición de temperatura y el valor OCV de la celda 11 de batería de la unidad 110 de medición de tensión. La unidad 130 de control puede estimar el SOC de la celda 11 de batería correspondiente al valor OCV mediante referencia a una tabla de consulta de OCV-SOC en base al valor OCV recibido.

Después de eso, según se describe más arriba con referencia a la FIG. 7, puede llevarse a cabo la etapa (E100) de selección de frecuencia.

La FIG. 9 es un diagrama de flujo que muestra, de manera específica, un ejemplo de una etapa de actualización secundaria de modelo de batería en el método de gestión de batería según una realización de la presente

descripción.

Con referencia a la FIG. 9, después de la etapa (E400) de actualización primaria del modelo de batería, la etapa de actualización secundaria del modelo de batería puede incluir una primera etapa (E510) de comparación, una etapa (E520) de ajuste de tasa C, una segunda etapa (E530) de comparación y una etapa (E540) de ajuste de parámetro de modelo de batería.

La primera etapa (E510) de comparación es una etapa de comparación del valor de tensión estimado obtenido usando el modelo de batería actualizado en la etapa (E400) de actualización primaria de modelo de batería y el valor de tensión medido, que es un valor de tensión medido realmente de la celda 11 de batería, mientras se carga la celda 11 de batería a la tasa C preestablecida. Aquí, el punto temporal de estimación del valor de tensión estimado y el punto temporal de medición del valor de tensión medido son iguales.

La unidad 130 de control puede determinar si la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido es menor que el valor umbral preestablecido.

La etapa (E520) de ajuste de tasa C se lleva a cabo cuando la diferencia de tensión es mayor que o igual al valor umbral preestablecido y es una etapa de ajuste de la tasa C de carga de la celda 11 de batería en base a la diferencia de tensión.

Si la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido es mayor que o igual al valor umbral preestablecido, y el valor de tensión estimado es mayor que o igual al valor de tensión medido, la unidad 130 de control puede transmitir una señal de aumento de tasa C a la unidad 170 de carga.

Por el contrario, si la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido es mayor que o igual al valor umbral preestablecido, y el valor de tensión estimado es menor que el valor de tensión medido, la unidad 130 de control puede transmitir una señal de reducción de tasa C a la unidad 170 de carga.

La unidad 170 de carga puede ajustar la tasa C de carga según la señal de aumento de tasa C o la señal de reducción de tasa C recibida de la unidad 130 de control. Es decir, la unidad 130 de control puede ajustar la tasa C de la corriente de carga aplicada a la celda 11 de batería controlando la unidad 170 de carga.

La segunda etapa (E530) de comparación es una etapa de comparación de la diferencia de tensión entre el valor de tensión medido de la celda 11 de batería medido después de que la tasa C se ajusta y el valor de tensión estimado obtenido usando el modelo de batería actualizado. Aquí, el punto temporal de estimación del valor de tensión estimado y el punto temporal de medición del valor de tensión medido son iguales.

Después de la etapa (E520) de ajuste de tasa C, la unidad 110 de medición de tensión puede medir un segundo valor de tensión medido para la tensión de la celda 11 de batería, y transmitir el segundo valor de tensión medido a la unidad 130 de control. Es decir, en la primera etapa (E510) de comparación, la diferencia de tensión entre el primer valor de tensión medido de la celda 11 de batería antes de que la tasa C se ajuste y el primer valor de tensión estimado emitido desde el modelo de batería se compara, pero en la segunda etapa (E530) de comparación, la diferencia de tensión entre el segundo valor de tensión medido de la celda 11 de batería después de que la tasa C se ajusta y el primer valor de tensión estimado pueden compararse.

La etapa (E540) de ajuste de parámetro de modelo de batería es una etapa de actualización secundaria del modelo de batería ajustando los parámetros del modelo de batería en base al resultado de la comparación de la segunda etapa (E530) de comparación.

Si la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido es mayor que o igual al valor umbral preestablecido, la unidad 130 de control puede actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería ajustando los parámetros del modelo de batería.

De manera opcional, después de la segunda etapa (E530) de comparación, a diferencia de la primera etapa (E510) de comparación, aunque la diferencia de tensión sea mayor que o igual al valor umbral preestablecido, la tasa C puede no ajustarse.

Después de completar la etapa (E540) de ajuste de parámetro de modelo de batería, la segunda etapa (E530) de comparación puede llevarse a cabo otra vez. En este caso, en la segunda etapa (E530) de comparación, la diferencia de tensión entre el segundo valor de tensión medido de la celda 11 de batería y el segundo valor de tensión estimado obtenido usando el modelo de batería que tiene el parámetro ajustado pueden compararse. La segunda etapa (E530) de comparación y la etapa (E540) de ajuste de parámetro de modelo de batería pueden llevarse a cabo de manera repetida hasta que la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido sea menor que el valor umbral.

La FIG. 10 es un diagrama de flujo que muestra, de manera específica, otro ejemplo de la etapa de actualización

secundaria de modelo de batería en el método de gestión de batería según una realización de la presente descripción.

La principal diferencia entre la etapa de actualización secundaria de modelo de batería que se muestra en la FIG. 10 y la etapa de actualización secundaria de modelo de batería que se muestra en la FIG. 9 es si la etapa (E520) de ajuste de tasa C se lleva a cabo después de la segunda etapa (E530) de comparación y la etapa (E540) de ajuste de parámetro de modelo de batería.

En el método de gestión de batería que se muestra en la FIG. 9, la etapa (E520) de ajuste de tasa C se lleva a cabo después de la primera etapa (E510) de comparación, y entonces no se ajusta la tasa C. Sin embargo, en el método de gestión de batería que se muestra en la FIG. 10, después de que la primera etapa (E510) de comparación y la etapa (E520) de ajuste de tasa C se llevan a cabo, la etapa (E520) de ajuste de tasa C puede llevarse a cabo después de la segunda etapa (E530) de comparación y la etapa (E540) de ajuste de parámetro de modelo de batería.

Es decir, con referencia a la FIG. 10, si la diferencia de tensión entre el valor de tensión estimado y el valor de tensión medido es mayor que o igual al valor umbral en la segunda etapa (E530) de comparación, la tasa C puede ajustarse después de que el parámetro de modelo de batería se ajusta en la etapa (E540) de ajuste de parámetro de modelo de batería.

En una realización, como en el ejemplo previo, la diferencia de tensión entre el primer valor de tensión estimado y el segundo valor de tensión medido puede compararse en la segunda etapa (E530) de comparación. Además, si la diferencia de tensión es mayor que o igual al valor umbral, los parámetros del modelo de batería pueden ajustarse y la tasa C puede ajustarse. Después de eso, en la segunda etapa (E530) de comparación, la diferencia de tensión entre el segundo valor de tensión estimado obtenido usando el modelo de batería que tiene el parámetro ajustado y un tercer valor de tensión medido, que es la tensión de la celda 11 de batería cargada a la tasa C ajustada, puede compararse.

Según el método de gestión de batería que se muestra en la FIG. 10, dado que tanto el parámetro y la tasa C del modelo de batería se ajustan durante el procesamiento repetido, el modelo de batería puede actualizarse de manera más adaptativa a la celda 11 de batería.

El paquete 1000 de baterías según la presente descripción puede incluir el aparato 100 de gestión de batería según la presente descripción descrita más arriba. Además, el paquete 1000 de baterías según la presente descripción puede además incluir una celda 11 de batería, varios componentes eléctricos (incluidos un BMS, un relé, un fusible, o similares) y una caja de paquete, además del aparato 100 de gestión de batería.

Además, como otra realización de la presente descripción, el aparato 100 de gestión de batería puede montarse a varios dispositivos que usan energía eléctrica como, por ejemplo, un vehículo eléctrico, un sistema de almacenamiento de energía (ESS, por sus siglas en inglés), y similares.

En particular, el aparato 100 de gestión de batería según la presente descripción puede incluirse en un vehículo eléctrico. Es decir, el vehículo eléctrico según la presente descripción puede incluir el aparato 100 de gestión de batería según la presente descripción. Aquí, el aparato 100 de gestión de batería puede incluirse en el paquete 1000 de baterías o puede implementarse como un dispositivo separado del paquete 1000 de baterías.

Por ejemplo, al menos una parte del aparato 100 de gestión de batería puede implementarse por una unidad de control electrónico (ECU, por sus siglas en inglés) de un vehículo. Además, el vehículo según la presente descripción puede incluir una carrocería de vehículo o equipo electrónico, que se provee normalmente en el vehículo, además del aparato 100 de gestión de batería. Por ejemplo, el vehículo según la presente descripción puede incluir un contactor, un inversor, un motor, al menos una ECU y similares, además del aparato 100 de gestión de batería según la presente descripción. Sin embargo, la presente descripción no está limitada en particular en términos de componentes del vehículo diferente del aparato 100 de gestión de batería.

Las realizaciones de la presente descripción descritas más arriba pueden no implementarse solo a través de un aparato y un método, sino que pueden implementarse a través de un programa que realiza una función correspondiente a la configuración de las realizaciones de la presente descripción o un medio de grabación en el que se graba el programa. El programa o medio de grabación puede implementarse fácilmente por las personas con experiencia en la técnica a partir de la descripción de más arriba de las realizaciones.

La presente descripción se ha descrito en detalle. Sin embargo, debe comprenderse que la descripción detallada y los ejemplos específicos, aunque indican realizaciones preferidas de la descripción, se proveen a modo de ilustración solamente, dado que varios cambios y modificaciones dentro del alcance de la descripción serán aparentes para las personas con experiencia en la técnica a partir de la presente descripción detallada. En este aspecto, el alcance de la invención se define por las reivindicaciones anexas.

Además, muchas sustituciones, modificaciones y cambios pueden realizarse en la presente descripción descrita más

arriba por las personas con experiencia en la técnica, estando limitada la invención por las reivindicaciones anexas únicamente.

Signos de referencia

- 5
- 10: módulo de batería
- 11: celda de batería
- 10
- 100: aparato de gestión de batería
- 110: unidad de medición de tensión
- 120: unidad de medición de temperatura
- 15
- 130: unidad de control
- 140: unidad de medición de corriente
- 20
- 150 unidad de almacenamiento
- 160: unidad EIS
- 170: unidad de carga
- 25
- 1000: paquete de baterías

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (100) de gestión de batería, que comprende:

5 una unidad (110) de medición de tensión configurada para medir una tensión y una tensión de circuito abierto, "OCV", de una celda (11) de batería;

una unidad (120) de medición de temperatura configurada para medir la temperatura de la celda de batería; y

10 una unidad (130) de control conectada a la unidad de medición de tensión y a la unidad de medición de temperatura y configurada para:

estimar el estado de carga, "SOC", de la celda de batería según la OCV medida por la unidad de medición de tensión,

15 seleccionar múltiples frecuencias correspondientes al SOC estimado y a la temperatura medida por la unidad de medición de temperatura,

20 calcular una impedancia de cada frecuencia para la celda de batería aplicando una corriente que tiene las múltiples frecuencias seleccionadas a la celda de batería,

obtener un valor de parámetro estimado de un modelo de batería predefinido ingresando la impedancia calculada de cada frecuencia en una red neuronal pre-aprendida,

25 actualizar, en primer lugar, el modelo de batería según el valor de parámetro estimado obtenido,

comparar una primera diferencia de tensión con un valor umbral, en donde la primera diferencia de tensión es entre el valor de tensión estimado calculado a través del modelo de batería actualizado en primer lugar y el valor de tensión medido medido por la unidad de medición de tensión,

30 repetir la comparación de una segunda diferencia de tensión con el valor umbral y actualizar en segundo lugar el modelo de batería hasta que la segunda diferencia de tensión sea menor que un valor umbral, en donde la segunda diferencia de tensión es entre el valor de tensión estimado calculado a través del modelo de batería actualizado en segundo lugar, y el valor de tensión medido medido por la unidad de medición de tensión.

35 2. El aparato de gestión de batería según la reivindicación 1,

en donde las múltiples frecuencias incluyen frecuencias seleccionadas de una tabla de frecuencias prealmacenada que define múltiples frecuencias correspondientes a la temperatura y al SOC de la celda de batería.

40 3. El aparato de gestión de batería según la reivindicación 1, que además comprende:

45 una unidad de espectroscopía de impedancia eléctrica, "EIS", conectada a la unidad de control y configurada para cambiar una frecuencia de una corriente suministrada a la celda de batería en las múltiples frecuencias seleccionadas según una solicitud de la unidad de control,

en donde la unidad de control se configura para calcular una impedancia para la celda de batería en base a múltiples tensiones medidas mientras las múltiples corrientes cuyas frecuencias se cambian por la unidad EIS se están suministrando a la celda de batería.

50 4. El aparato de gestión de batería según la reivindicación 3,

55 en donde la unidad de medición de tensión se configura para medir la tensión de la celda de batería cuando una corriente que tiene una frecuencia a la cual la tensión de la celda de batería no se mide con antelación entre las múltiples frecuencias se suministra a la celda de batería, en el SOC estimado y a la temperatura medida.

5. El aparato de gestión de batería según la reivindicación 1,

60 en donde el valor de parámetro estimado se configura para incluir un valor correspondiente al parámetro del modelo de batería predefinido, y

en donde la unidad de control se configura para actualizar en primer lugar el modelo de batería cambiando un parámetro correspondiente al valor de parámetro estimado obtenido entre los parámetros del modelo de batería por el valor de parámetro estimado obtenido.

65 6. El aparato de gestión de batería según la reivindicación 1, que además comprende:

una unidad (170) de carga conectada a la unidad de control y configurada para suministrar una corriente a la celda de batería y cargar la celda de batería a una tasa C preestablecida según el SOC estimado y la temperatura medida cuando el modelo de batería se actualiza en primer lugar por la unidad de control,

5 en donde la unidad de control se configura para actualizar, en segundo lugar, el modelo de batería actualizando el parámetro del modelo de batería en base a un resultado de comparación del valor de tensión medido medido en el mismo punto y el valor de tensión estimado obtenido del modelo de batería actualizado en primer lugar, cuando la celda de batería se carga a la tasa C preestablecida por la unidad de carga.

10 7. El aparato de gestión de batería según la reivindicación 6,

en donde la unidad de control se configura para cambiar una tasa C de una corriente de carga controlando la unidad de carga, cuando la diferencia de tensión es mayor que o igual al valor umbral.

15 8. El aparato de gestión de batería según la reivindicación 7,

en donde la unidad de control se configura para:

20 aumentar la tasa C controlando la unidad de carga, cuando la diferencia de tensión es mayor que o igual al valor umbral y el valor de tensión estimado es mayor que o igual al valor umbral medido, y

reducir la tasa C controlando la unidad de carga, cuando la diferencia de tensión es mayor que o igual al valor umbral y el valor de tensión estimado es menor que el valor de tensión medido.

25 9. El aparato de gestión de batería según la reivindicación 7,

en donde la unidad de control se configura para actualizar el parámetro del modelo de batería hasta que la diferencia de tensión entre el valor de tensión medido de la celda de batería medido por la unidad de medición de tensión y el valor de tensión estimado obtenido usando el modelo de batería actualizado en segundo lugar en el mismo punto se convierte en menor que el valor umbral, después de que se cambia la tasa C.

30 10. El aparato de gestión de batería según la reivindicación 1,

35 en donde la unidad de control se configura para estimar información de estado para un electrodo negativo de la celda de batería usando el modelo de batería actualizado en segundo lugar y ajustar una magnitud de una corriente de carga aplicada a la celda de batería de modo que la información de estado estimada no alcanza una condición umbral, mientras que la celda de batería se está cargando.

40 11. El aparato de gestión de batería según la reivindicación 10,

en donde la información de estado se configura para incluir al menos uno de una relación estimada de iones de litio y un potencial de electrodo negativo para el electrodo negativo de la celda de batería.

45 12. El aparato de gestión de batería según la reivindicación 11,

en donde la unidad de control se configura para ajustar la magnitud de la corriente de carga de la celda de batería de modo que la relación de iones de litio estimada no alcanza un límite umbral superior.

50 13. El aparato de gestión de batería según la reivindicación 11,

en donde la unidad de control se configura para ajustar la magnitud de la corriente de carga de la celda de batería de modo que el potencial de electrodo negativo no alcanza un límite umbral inferior.

55 14. Un paquete (1000) de baterías, que comprende el aparato de gestión de batería según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

15. Un método de gestión de batería, que comprende:

60 una etapa de medición de tensión de medición de una tensión y una tensión de circuito abierto, "OCV", de una celda (11) de batería;

una etapa de medición de temperatura de medición de la temperatura de la celda de batería;

65 una etapa de estimación de estado de carga, "SOC", de estimación del SOC de la celda de batería según la OCV;

una etapa (E100) de selección de frecuencia de selección de múltiples frecuencias correspondientes a la

temperatura y SOC de una celda de batería;

5 una etapa (E200) de cálculo de impedancia de cálculo de una impedancia de cada frecuencia de la celda de batería aplicando una corriente que tiene las múltiples frecuencias seleccionadas en la etapa de selección de frecuencia a la celda de batería;

10 una etapa (E300) de obtención de valor de parámetro estimado de obtención de un valor de parámetro estimado de un modelo de batería predefinido ingresando la impedancia de cada frecuencia calculada en la etapa de cálculo de impedancia en una red neuronal pre-aprendida;

una etapa (E400) de actualización primaria de modelo de batería de actualización primaria del modelo de batería según el valor de parámetro estimado obtenido en la etapa de obtención de valor de parámetro estimado; y

15 una etapa (E500) de actualización secundaria de modelo de batería que comprende:

comparar (E510) una primera diferencia de tensión con un valor umbral, en donde la primera diferencia de tensión es entre el valor de tensión estimado calculado a través del modelo de batería actualizado en primer lugar y el valor de tensión medido medido por la unidad de medición de tensión, y

20 repetir (E530) la comparación de una segunda diferencia de tensión con el valor umbral y actualizar (E540) en segundo lugar el modelo de batería hasta que la segunda diferencia de tensión sea menor que un valor umbral, en donde la segunda diferencia de tensión es entre el valor de tensión estimado calculado a través del modelo de batería actualizado en segundo lugar, y el valor de tensión medido medido por la unidad de medición de tensión.

FIG. 1

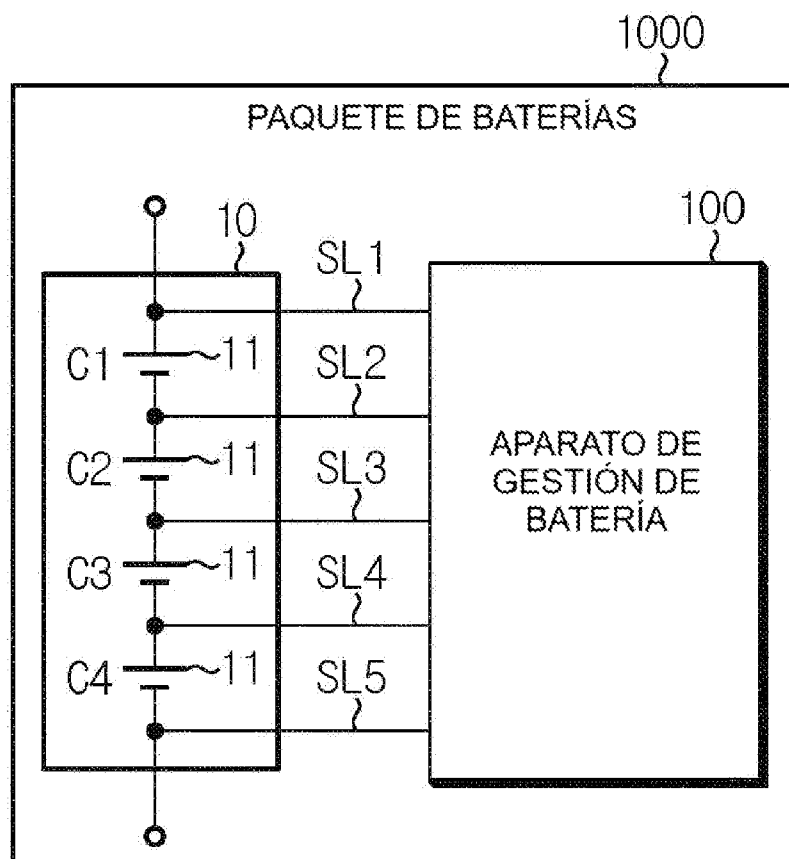


FIG 2

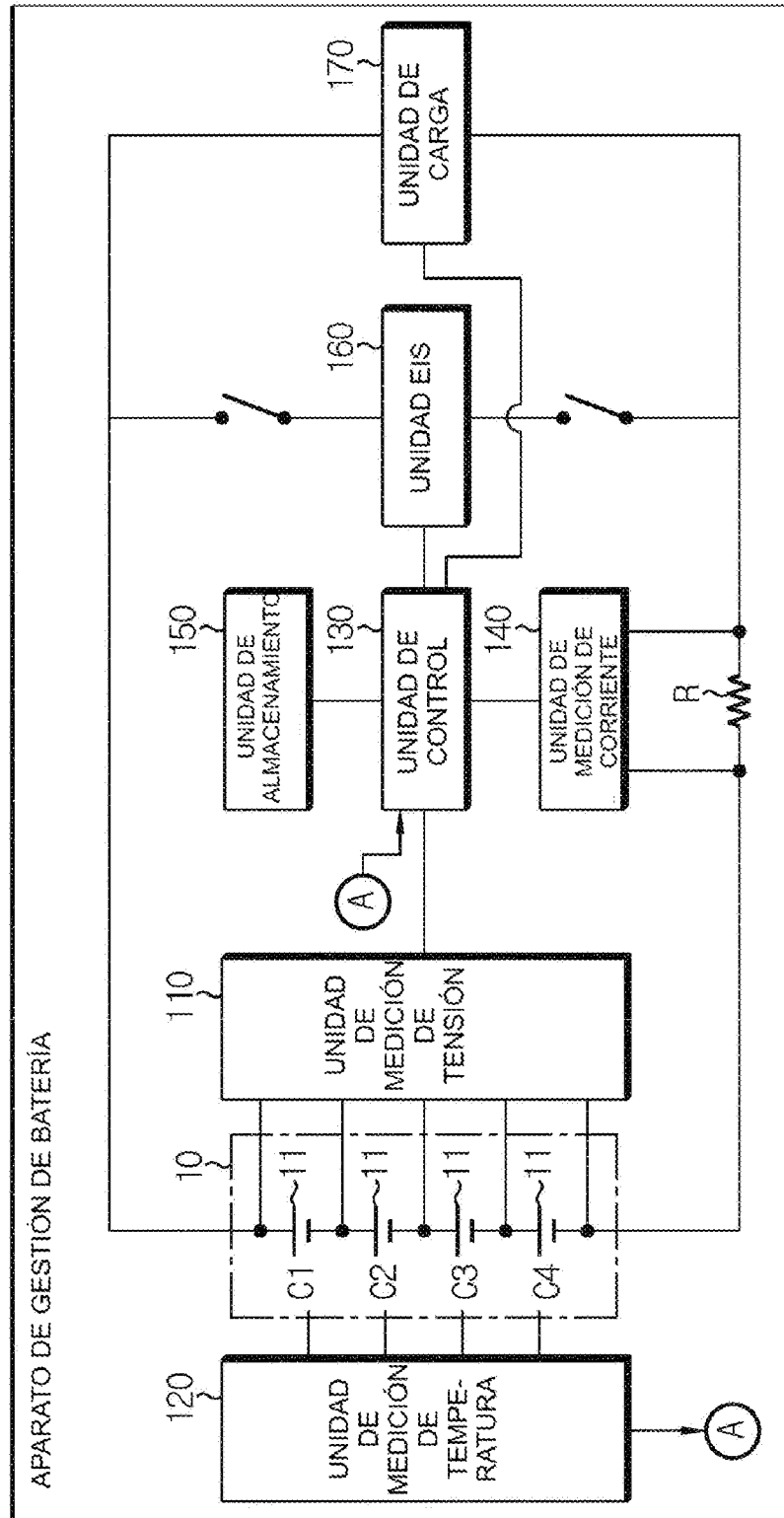


FIG. 3

TEMPERATURA (T)	ESTADO DE CARGA (SOC)	FRECUENCIA (F)			
T_1	S_1	F_{11}	F_{12}	F_{13}	F_{14}
T_2	S_2	F_{21}	F_{22}	F_{23}	F_{24}
T_3	S_3	F_{31}	F_{32}	F_{33}	F_{34}
T_4	S_4	F_{41}	F_{42}	F_{43}	F_{44}
$\vdots$					

FIG. 4

NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN (ID)	TEMPERATURA (T)	ESTADO DE CARGA (SOC)	IMPEDANCIA (I)			
ID_1	T_1	S_1				
ID_2	T_2	S_2	I_{21}	I_{22}		
$\vdots$	$\vdots$					

FIG. 5

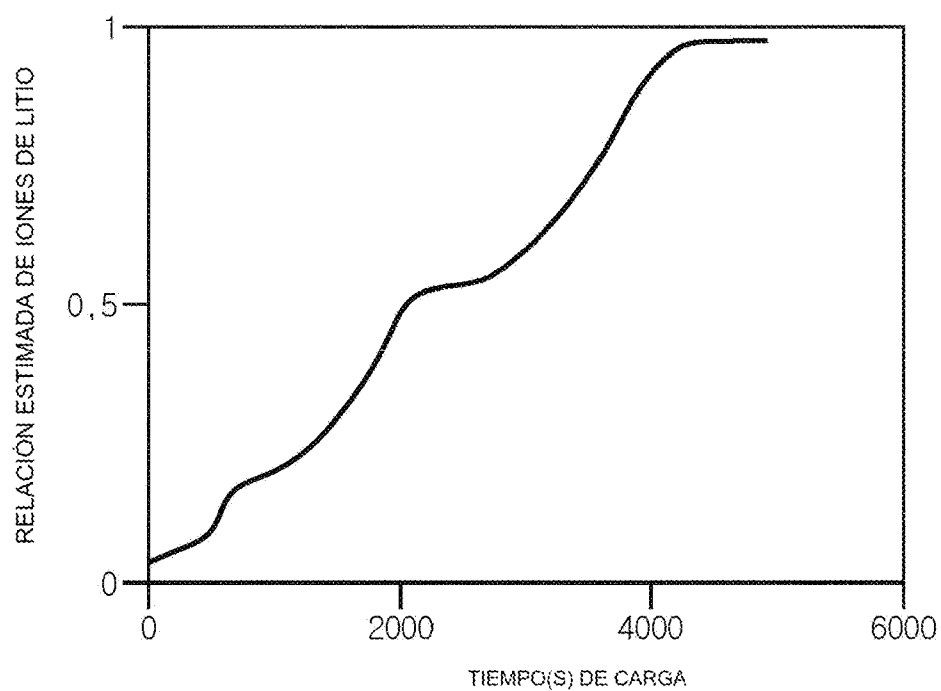


FIG. 6

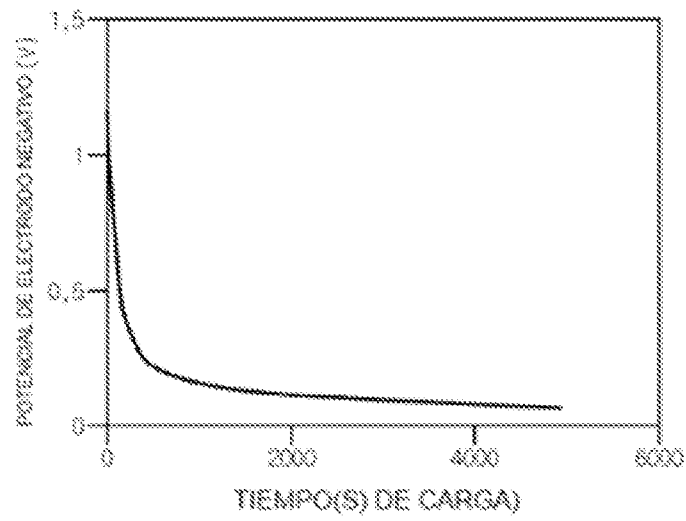


FIG. 7

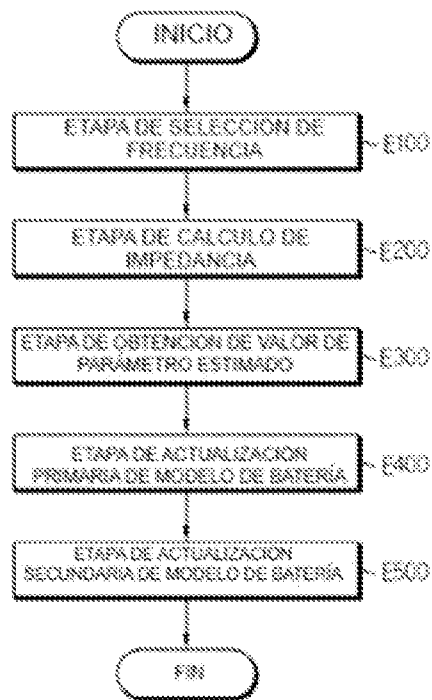


FIG. 8

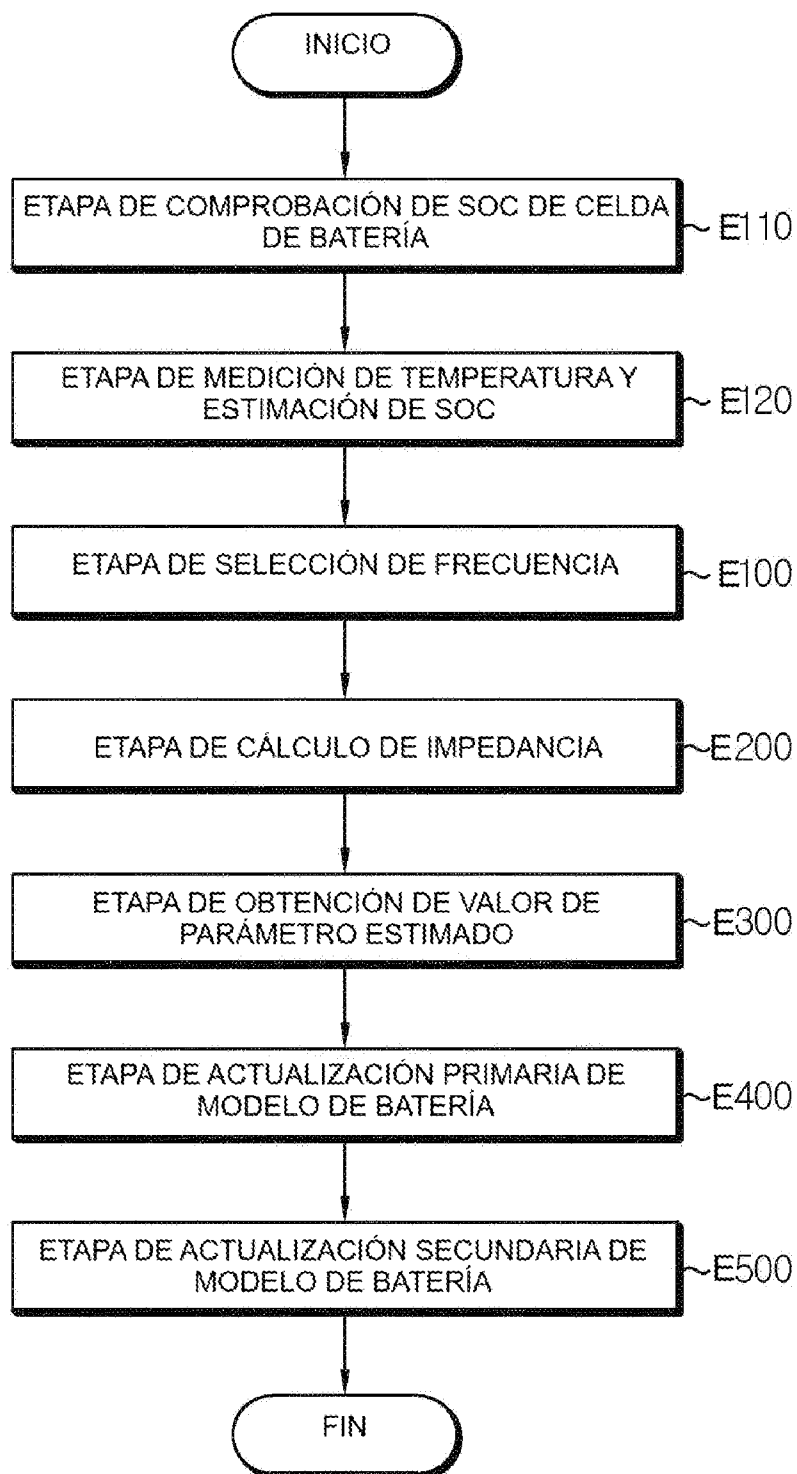


FIG. 9

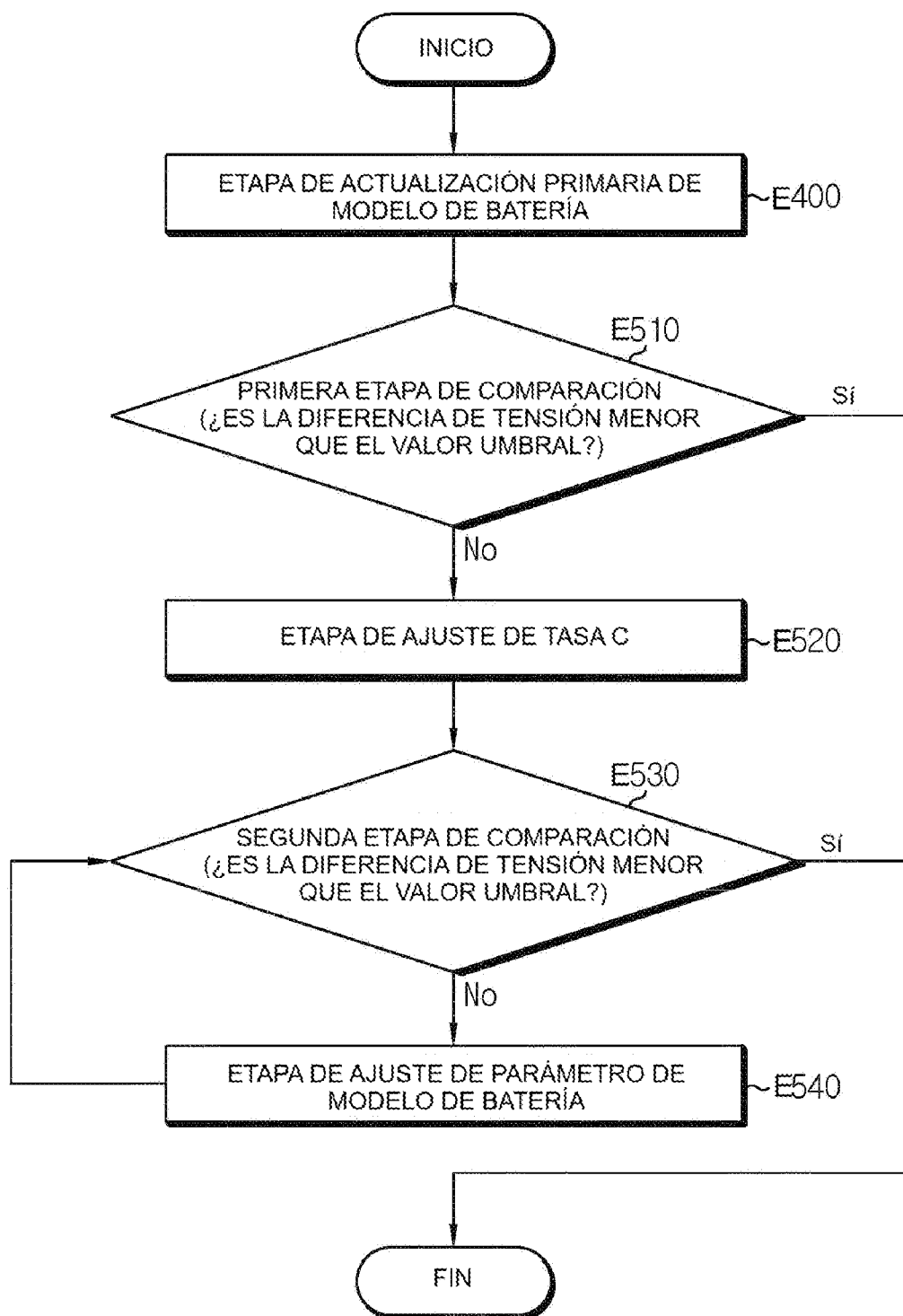


FIG. 10

