

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 456**

51 Int. Cl.:

G01R 31/367 (2009.01)

G01R 31/374 (2009.01)

G01R 31/3842 (2009.01)

G01R 31/387 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.01.2019** **PCT/KR2019/001182**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2019** **WO19172527**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2019** **E 19763308 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2024** **EP 3674728**

54 Título: **Método y aparato para estimar un perfil de SOC-OCV**

30 Prioridad:

07.03.2018 KR 20180027135

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.12.2024

73 Titular/es:

LG ENERGY SOLUTION, LTD. (100.0%)
Tower 1, 108, Yeoui-daero, Yeongdeungpo-gu
Seoul 07335, KR

72 Inventor/es:

YOON, DU-SEONG;
LIM, JIN-HYUNG;
KO, YO-HAN;
KIM, YONG-JUN;
KIM, HYEONG-SEOK;
NAM, GI-MIN;
SEO, SE-WOOK;
JOE, WON-TAE y
CHAE, SU-HYUN

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 991 456 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para estimar un perfil de SOC-OCV

5 **Sector de la técnica**

La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente coreana n.º 10-2018-0027135, presentada en la República de Corea el 7 de marzo de 2018.

10 La presente divulgación se refiere a un método para estimar un perfil de estado de carga-tensión de circuito abierto (SOC-OCV) de una batería secundaria, y más particularmente, a un método y aparato para estimar un perfil de SOC-OCV que refleje una tasa de degradación de una batería secundaria en función de un perfil de SOC-OCV de media celda almacenado previamente.

15 **Estado de la técnica**

Las baterías secundarias generan energía eléctrica a través de reacciones de oxidación y reducción electroquímicas y se usan en una amplia gama de aplicaciones. Las baterías están ampliando gradualmente su aplicación a, por ejemplo, dispositivos portátiles tales como teléfonos móviles, ordenadores portátiles, cámaras digitales, cámaras de vídeo, tabletas y herramientas eléctricas y diversos tipos de dispositivos alimentados por electricidad, tales como bicicletas eléctricas, motocicletas eléctricas, vehículos eléctricos y vehículos eléctricos híbridos.

25 Una batería incluye tres elementos básicos: un electrodo negativo (ánodo) que incluye un material que se oxida emitiendo electrones durante la descarga; un electrodo positivo (cátodo) que incluye un material que se reduce al aceptar electrones durante la descarga; y un electrolito que permite que los iones se muevan entre el electrodo negativo y el electrodo positivo. Las baterías se pueden clasificar en baterías primarias, que no se pueden reutilizar después de haberse descargado, y baterías secundarias, que se pueden recargar repetidamente.

30 Un sistema que incluye una batería secundaria incluye un aparato de gestión acoplado a la batería secundaria, y el aparato de gestión generalmente tiene la función de indicar la cantidad disponible restante a través del estado de carga (SOC) de la batería secundaria. El aparato de gestión almacena un perfil de SOC-OCV que representa una relación entre la tensión de circuito abierto (OCV) y el SOC, y determina el SOC correspondiente a la OCV medida o estimada actualmente de la batería secundaria a partir del perfil de SOC-OCV.

35 El perfil de SOC-OCV se genera mediante mediciones experimentales y se almacena en un dispositivo de memoria provisto en el aparato de gestión. Es decir, con la repetición de la carga y descarga de la batería secundaria varias veces, se recopilan datos de SOC cuando se mide cada OCV y se genera un perfil de SOC-OCV que representa una correlación entre OCV y SOC en función de los datos recopilados y se almacena en el dispositivo de memoria.

40 Sin embargo, a medida que la batería secundaria se degrada, es necesario medir nuevamente la OCV y el SOC de la batería secundaria y generar un nuevo perfil de SOC-OCV que refleje la tasa de degradación en función de los datos medidos. Sin embargo, generar un nuevo perfil de SOC-OCV requiere mucho tiempo y no es fácil actualizar el nuevo perfil de SOC-OCV.

45 Los documentos JP 2012 137330 A, US 2017/146610 A1 y KR 20130136800 A divulgan la técnica anterior.

En particular, el documento JP2012 137330 A divulga un método de estimación de características OCV para estimar, mediante un ordenador, una característica OCV que corresponde a una relación entre la cantidad de electricidad que pasa a través de una batería secundaria y una tensión de circuito abierto. El método comprende: una etapa de obtención de característica de OCP para obtener una primera característica de OCP de electrodo positivo que indica una relación entre una primera cantidad de electricidad, es decir, la cantidad de electricidad que pasa a través de la batería secundaria en un primer punto de tiempo prescrito, y un potencial de circuito abierto de electrodo positivo, y una primera característica de OCP de electrodo negativo que indica una relación entre la primera cantidad de electricidad de la batería secundaria y un potencial de circuito abierto de electrodo negativo; una etapa de obtención de capacitancia reducida para obtener una capacitancia reducida que corresponde a una cantidad reducida de capacitancia cargable/descargable de la batería secundaria reducida desde el primer punto de tiempo hasta un segundo punto de tiempo prescrito; y una etapa de estimación para estimar una característica de OCV de la batería secundaria alcanzada en el segundo punto de tiempo usando la característica de OCP del primer electrodo positivo, la característica de OCP del primer electrodo negativo y la capacitancia reducida así obtenida.

60

Objeto de la invención**Problema técnico**

65 La presente divulgación está diseñada para resolver el problema convencional descrito anteriormente y, por lo tanto, la presente divulgación está dirigida a proporcionar un método y un aparato para estimar un perfil de estado de carga-

tensión de circuito abierto (SOC-OCV) en el que un perfil de SOC-OCV aplicado durante la degradación se estima en un tiempo corto, y el perfil de SOC-OCV existente se actualiza al perfil de SOC-OCV estimado.

Solución técnica

Para resolver el problema descrito anteriormente, un aparato para estimar un perfil de estado de carga-tensión de circuito abierto (SOC-OCV) que refleja una degradación de una batería secundaria según la presente divulgación incluye una unidad de almacenamiento que almacena un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo en el inicio de su vida útil (BOL), un intervalo disponible de electrodo positivo de BOL definido por un valor de SOC mínimo permitido $p_{i,0}$ que indica un umbral de descarga inferior de la batería secundaria y un valor de SOC máximo permitido $p_{f,0}$ que indica un umbral de carga superior de la batería secundaria, un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL, un intervalo disponible de electrodo negativo de BOL definido por un valor de SOC mínimo permitido, indicando $n_{i,0}$ un umbral de descarga inferior de la batería secundaria e indicando un valor de SOC máximo permitido $n_{f,0}$ un umbral de carga superior de la batería secundaria, un perfil de SOC-OCV de BOL de celda completa y una capacidad total de BOL de celda completa y una unidad de control que estima un perfil de SOC-OCV de celda completa a la mitad de su vida (MOL), que es cuando la batería secundaria se degrada, en donde la unidad de control incluye un módulo de determinación de intervalo disponible configurado para calcular una capacidad total de celda completa de MOL mientras una batería secundaria está completamente cargada o completamente descargada entre un límite inferior de tensión de descarga y un límite superior de tensión de carga cuando la batería secundaria está en MOL, y determinar un intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y un intervalo disponible de electrodo negativo de MOL de tal manera que una relación entre una capacidad total de celda completa de MOL y la capacidad total de celda completa de MOL sea igual a cada una de una relación entre el intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y el intervalo disponible de electrodo positivo de BOL y una relación entre el intervalo disponible de electrodo negativo de MOL y el intervalo disponible de electrodo negativo de BOL, en donde el módulo de determinación de intervalo disponible está configurado además para: determinar, como valor invariable, un valor de SOC máximo permitido del intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y un valor de SOC mínimo permitido del intervalo disponible de electrodo negativo de MOL en función del intervalo disponible de electrodo positivo de BOL y el intervalo disponible de electrodo negativo de BOL; y determinar el intervalo disponible de electrodo positivo en el MOL y el intervalo disponible de electrodo negativo en el MOL calculando un valor de SOC mínimo permitido (p_i) en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y un valor de SOC máximo permitido (n_f) en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL usando la siguiente Ecuación:

(Ecuación)

$$p_i = p_{f,0} - \frac{(p_{f,0} - p_{i,0})Q_f}{Q_{f,0}}$$

$$n_f = n_{i,0} + \frac{(n_{f,0} - n_{i,0})Q_f}{Q_{f,0}}$$

donde:

$p_{f,0}$ es el valor de SOC máximo permitido de la media celda del electrodo positivo en BOL,

$p_{i,0}$ es el valor de SOC mínimo permitido de la media celda del electrodo positivo en BOL,

$n_{f,0}$ es el valor de SOC máximo permitido de la media celda del electrodo negativo en BOL,

$n_{i,0}$ es el valor de SOC mínimo permitido de la media celda del electrodo negativo en BOL,

$Q_{f,0}$ es la capacidad total de la celda completa en BOL, y

Q_f es la capacidad total de la celda completa en MOL,

en donde el intervalo disponible de electrodo positivo de MOL está definido por el valor de SOC máximo permitido de electrodo positivo de MOL p_f y el valor de SOC mínimo permitido de electrodo positivo de MOL p_i y el intervalo disponible de electrodo negativo de MOL está definido por el valor de SOC máximo permitido de electrodo negativo de MOL n_f y el valor de SOC mínimo permitido de electrodo negativo de MOL n_i , y un módulo de gestión de perfiles configurado para estimar, como perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL, un perfil diferencial correspondiente a una diferencia entre una parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo correspondiente al intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y una parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo correspondiente al intervalo disponible de electrodo negativo de MOL, y actualizar el perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL almacenado en la unidad de almacenamiento al perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL estimado.

El módulo de determinación de intervalo disponible se puede configurar para calcular una cantidad de corriente integrada acumulando e integrando una corriente de una batería secundaria mientras la batería secundaria está completamente cargada o completamente descargada entre el límite inferior de tensión de descarga y el límite superior de tensión de carga, y determinar la cantidad de corriente integrada calculada como la capacidad total de celda

completa de MOL.

La batería secundaria puede ser una batería secundaria de litio que incluye un material de electrodo positivo a base de Ni-Mn-Co en un electrodo positivo y grafito en un electrodo negativo.

Para resolver el problema descrito anteriormente, un método para estimar un perfil de SOC-OCV que refleja una tasa de degradación de una batería secundaria según la presente divulgación incluye el almacenamiento de un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL, un intervalo disponible de electrodo positivo de BOL definido por un valor de SOC mínimo permitido $p_{i,0}$ que indica un umbral de descarga inferior de la batería secundaria y un valor de SOC máximo permitido $p_{f,0}$ que indica un umbral de carga superior de la batería secundaria, un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL, un intervalo disponible de electrodo negativo de BOL definido por un valor de SOC mínimo permitido, indicando $n_{i,0}$ un umbral de descarga inferior de la batería secundaria e indicando un valor de SOC máximo permitido $n_{f,0}$ un umbral de carga superior de la batería secundaria, un perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL y una capacidad total de celda completa de BOL, la estimación de un perfil de SOC-OCV de célula completa en la mitad de vida útil, que es cuando la batería secundaria se degrada, el cálculo de una capacidad total de celda completa MOL mientras la batería secundaria está completamente cargada o completamente descargada entre un límite inferior de tensión de descarga y un límite superior de tensión de carga cuando la batería secundaria está en MOL, la determinación de un intervalo disponible de MOL de electrodo positivo y un intervalo disponible de MOL de electrodo negativo de manera que una relación entre una capacidad total de celda completa MOL y la capacidad total de celda completa BOL sea igual a cada una de una relación entre el intervalo disponible de MOL de electrodo positivo y el intervalo disponible de electrodo positivo BOL y una relación entre el intervalo disponible de MOL de electrodo negativo y el intervalo disponible de electrodo negativo de BOL, la determinación, como valor invariable, de un valor de SOC máximo permitido del intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y un valor de SOC mínimo permitido del intervalo disponible de electrodo negativo de MOL en función del intervalo disponible de electrodo positivo de BOL y el intervalo disponible de electrodo negativo de BOL, y la determinación del intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y el intervalo disponible de electrodo negativo de MOL calculando del valor de SOC mínimo permitido (p_i) en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el valor de SOC máximo permitido (n_f) en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL usando la siguiente Ecuación:

(Ecuación)

$$p_i = p_{f,0} - \frac{(p_{f,0} - p_{i,0}) Q_f}{Q_{f,0}}$$

$$n_f = n_{i,0} + \frac{(n_{f,0} - n_{i,0}) Q_f}{Q_{f,0}}$$

donde:

$p_{f,0}$ es el valor de SOC máximo permitido de la media celda del electrodo positivo en BOL,
 $p_{i,0}$ es el valor de SOC mínimo permitido de la media celda del electrodo positivo en BOL,
 $n_{f,0}$ es el valor de SOC máximo permitido de la media celda del electrodo negativo en BOL,
 $n_{i,0}$ es el valor de SOC mínimo permitido de la media celda del electrodo negativo en BOL,

$Q_{f,0}$ es la capacidad total de la celda completa en BOL, y

Q_f es la capacidad total de la celda completa en MOL,

en donde el intervalo disponible de electrodo positivo de MOL está definido por el valor de SOC máximo permitido de electrodo positivo de MOL p_f y el valor de SOC mínimo permitido de electrodo positivo de MOL p_i y el intervalo disponible de electrodo negativo de MOL está definido por el valor de SOC máximo permitido de electrodo negativo de MOL n_f y el valor de SOC mínimo permitido de electrodo negativo de MOL n_i ; la estimación, como perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL, un perfil diferencial correspondiente a una diferencia entre una parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo correspondiente al intervalo disponible de electrodo positivo de MOL determinado y una parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo correspondiente al intervalo disponible de electrodo negativo de MOL determinado, y la actualización de un perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL previamente almacenado al perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL estimado.

Efectos ventajosos

Según la presente divulgación, se estima un perfil de estado de carga (SOC)-tensión de circuito abierto (OCV) de celda completa que refleja la tasa de degradación en función del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo almacenado previamente y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo, y el perfil existente se actualiza al perfil de SOC-OCV de celda completa estimado, actualizando de ese modo rápidamente el perfil de

SOC-OCV.

Además, según la presente divulgación, un perfil de SOC-OCV no se genera mediante experimentos de larga duración, sino que, se genera un perfil de SOC-OCV en función de datos almacenados previamente (es decir, un perfil de SOC-OCV de media celda) y datos medidos (es decir, capacidad total de celda completa), reduciendo de ese modo el tiempo necesario para generar el perfil de SOC-OCV.

Descripción de las figuras

La Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático que muestra un aparato para estimar un perfil de estado de carga (SOC)-tensión de circuito abierto (OCV) según una realización de la presente divulgación.

La Figura 2 es un diagrama que muestra un perfil de SOC-OCV de celda completa de inicio de vida útil (BOL), un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL en forma de gráfico.

La Figura 3 es un diagrama que muestra el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL preprocesado y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL y un perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL en forma de gráfico.

La Figura 4 es un diagrama que muestra un intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y un intervalo disponible de electrodo negativo de MOL que ha cambiado en un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL cuando una batería secundaria llega a la mitad de su vida útil (MOL) a medida que la batería secundaria se degrada en un número mayor de ciclos de carga/descarga que un valor preestablecido.

La Figura 5 es un diagrama que muestra un perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL en forma de gráfico.

La Figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un método para estimar un perfil de SOC-OCV según una realización de la presente divulgación.

Descripción detallada de la invención

En lo sucesivo, las realizaciones de la presente divulgación se describirán en detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Antes de la descripción, se debería entender que no se debe interpretar que los términos o las palabras que se usan en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas están limitados a significados generales y del diccionario, sino que se deben interpretar en función de los significados y conceptos correspondientes a los aspectos técnicos de la presente divulgación basándose en el principio de que el inventor puede definir los términos apropiadamente para una mejor explicación. Por lo tanto, las realizaciones descritas en el presente documento y las ilustraciones que se muestran en los dibujos son únicamente una realización de la presente divulgación, pero no pretenden describir exhaustivamente los aspectos técnicos de la presente divulgación.

En las realizaciones descritas a continuación, una batería secundaria se refiere a una batería secundaria de litio. En el presente documento, la batería secundaria de litio se refiere colectivamente a las baterías secundarias en las que los iones de litio actúan como iones de trabajo durante la carga y descarga, provocando reacciones electroquímicas en el electrodo positivo y el electrodo negativo.

Paralelamente, aunque el nombre de la batería secundaria cambia dependiendo del tipo de electrolito o separador usado en la batería secundaria de litio, del tipo de envoltura usado para envolver la batería secundaria y de la estructura interna o externa de la batería secundaria de litio, se debe interpretar que la batería secundaria de litio engloba cualquier batería secundaria que use iones de litio como iones de trabajo.

La presente divulgación también puede aplicarse a baterías secundarias distintas de la batería secundaria de litio. Por consiguiente, se debe interpretarse que la presente divulgación cubre cualquier tipo de batería secundaria a la que se puedan aplicar los aspectos técnicos de la presente divulgación, aunque los iones de trabajo no sean iones de litio.

Adicionalmente, la batería secundaria no está limitada al número de componentes. Por consiguiente, se debe interpretar que la batería secundaria incluye una única celda que incluye un conjunto de electrodo positivo/separador/electrodo negativo y un electrolito en un material de envoltura, así como un conjunto de celdas, un módulo que incluye conjuntos conectados en serie y/o en paralelo, un paquete que incluye módulos conectados en serie y/o en paralelo, y un sistema de batería que incluye paquetes conectados en serie y/o en paralelo.

La Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático que muestra un aparato para estimar un perfil de estado de carga (SOC)-tensión de circuito abierto (OCV) según una realización de la presente divulgación.

Con referencia a la Figura 1, el aparato 100 para estimar un perfil de SOC-OCV según una realización de la presente divulgación es un aparato que estima y actualiza un perfil de SOC-OCV a medida que una batería secundaria 200 se degrada, e incluye una unidad de medición de tensión 110, una unidad de medición de corriente 120, una unidad de almacenamiento 130, y opcionalmente, una unidad de comunicación 140 y una unidad de control 150.

La unidad de medición de tensión 110 incluye un circuito de medición de tensión conocido (por ejemplo, un amplificador

diferencial), y mide periódicamente la tensión de la batería secundaria 200 en un intervalo de tiempo preestablecido, y transmite el valor de tensión medido a la unidad de control 150.

5 La unidad de medición de corriente 120 incluye una resistencia de detección o un sensor Hall, y mide periódicamente la corriente de la batería secundaria 200 en un intervalo de tiempo preestablecido, y transmite el valor de corriente medido a la unidad de control 150.

10 La unidad de almacenamiento 130 es un medio de almacenamiento capaz de grabar y borrar datos eléctricamente, magnéticamente, ópticamente o cuántico-mecánicamente, y puede incluir al menos uno de una RAM, una ROM, una EPROM, una memoria flash, un registro y un dispositivo de disco. La unidad de almacenamiento 130 se puede conectar a la unidad de control 150 a través de un bus de datos para permitir que la unidad de control 150 acceda a ella.

15 La unidad de almacenamiento 130 puede almacenar programas que incluyen varias lógicas de control que son ejecutadas por la unidad de control 150, parámetros y/o datos predefinidos creados cuando se ejecutan las lógicas de control, y pueden actualizar o borrar los programas o datos. La unidad de almacenamiento 130 se puede dividir en dos o más, lógica o físicamente, y se puede integrar en la unidad de control 150.

20 La unidad de almacenamiento 130 almacena un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL, un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL y un perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL. El perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL se graba previamente en la unidad de almacenamiento 130 como datos (por ejemplo, una tabla de búsqueda o una función) que indica una relación entre el OCV y el SOC medido en la media celda del electrodo positivo a través de una prueba en el punto de venta de la batería secundaria 200 (es decir, al inicio de su vida útil, en lo sucesivo denominado "BOL") antes de que la batería secundaria se degrade. El perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL se graba previamente en la unidad de almacenamiento 130 como datos (por ejemplo, una tabla de búsqueda o una función) que indica una relación entre el OCV y el SOC medido en la media celda del electrodo negativo durante la prueba cuando la batería secundaria está en BOL. El SOC tiene un valor entre 0 y 1, y 1 indica que la media celda está cargada hasta el máximo (es decir, al 100 %) del intervalo disponible.

30 En la presente divulgación, la media celda de electrodo positivo se refiere a una batería fabricada usando el electrodo positivo que constituye la celda completa y un metal de litio para su electrodo positivo y electrodo negativo, respectivamente. Adicionalmente, la media celda de electrodo negativo se refiere a una batería fabricada usando el electrodo negativo que constituye la celda completa y un metal de litio para su electrodo positivo y electrodo negativo, respectivamente. La media celda del electrodo positivo y la media celda del electrodo negativo tienen sustancialmente la misma estructura de batería y electrolito, solo se diferencian en el tipo de electrodo, en comparación con la celda completa.

40 La unidad de almacenamiento 130 puede grabar previamente un perfil de SOC-OCV de celda completa. El perfil de SOC-OCV de celda completa son datos (por ejemplo, una tabla de búsqueda o una función) que indican una relación entre OCV y SOC cuando la batería secundaria 200 está en BOL o en uso (es decir, en la Mitad de su vida útil, en adelante denominado "MOL"). El valor de SOC varía entre 0 y 1, y 1 indica que la celda completa está cargada al máximo (es decir, al 100 %) del intervalo disponible.

45 La unidad de almacenamiento 130 puede almacenar un valor de corriente integrado correspondiente a la capacidad total de la celda completa en BOL (capacidad total de celda completa de BOL). El valor de corriente integrado correspondiente a la capacidad total de celda completa de BOL es un valor que se obtiene acumulando e integrando la corriente de la batería secundaria 200 mientras la batería secundaria 200 está completamente cargada o completamente descargada entre el límite inferior de tensión de descarga y el límite superior de tensión de carga, y puede medirse previamente a través de pruebas y almacenarse previamente en la unidad de almacenamiento 130.

50 El perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL se generan a través de la prueba de carga/descarga y se almacenan previamente en la unidad de almacenamiento 130. El perfil de SOC-OCV de celda completa en BOL también se genera a través de la prueba de carga/descarga y se almacena previamente en la unidad de almacenamiento 130, y cuando la batería secundaria 200 se degrada (es decir, cuando la batería secundaria está en MOL), se cambia o actualiza a un nuevo perfil de SOC-OCV de celda completa generado por la unidad de control 150.

60 La unidad de comunicación 140 es un componente que puede proporcionarse opcionalmente en el aparato 100 y realiza una función de comunicación con un dispositivo externo 300. La unidad de comunicación 140 puede comunicarse con el dispositivo externo 300 a través de una comunicación por red de área del controlador (CAN) o usando otro protocolo de comunicación cableado o inalámbrico conocido.

65 Cuando la batería secundaria 200 está montada en un vehículo eléctrico o un vehículo eléctrico híbrido, el dispositivo externo 300 puede ser una unidad de control electrónico (ECU) encargada de controlar el componente eléctrico del vehículo.

La unidad de comunicación 140 puede transmitir el perfil de SOC-OCV de celda completa almacenado en la unidad de almacenamiento 130 al dispositivo externo 300 bajo el control de la unidad de control 150.

- 5 La unidad de control 150 incluye un procesador y controla toda la función del aparato 100 para estimar un perfil de SOC-OCV. La unidad de control 150 estima un perfil de SOC-OCV de celda completa MOL de la batería secundaria que refleja la tasa de degradación según la lógica descrita a continuación, y cambia o actualiza el perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL existente almacenado en la unidad de almacenamiento 130 al perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL estimado. Preferentemente, la unidad de control 150 vuelve a estimar un perfil de SOC-OCV de celda completa en un ciclo predeterminado y actualiza periódicamente el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL existente almacenado en la unidad de almacenamiento 130.

La unidad de control 150 puede acceder a la unidad de comunicación 140 a través de un bus de datos, y la unidad de control 150 y la unidad de comunicación 140 pueden estar integradas en una sola placa. La unidad de control 150 puede medir el OCV a través de la unidad de medición de tensión 110 antes de que la batería secundaria 200 se cargue y descargue, y determinar el estado de carga (es decir, SOC) de la batería secundaria correspondiente a la OCV medida usando el perfil de SOC-OCV de celda completa grabado en la unidad de almacenamiento 130. Por ejemplo, el perfil de SOC-OCV puede ser una tabla de búsqueda, y la unidad de control 150 puede determinar un valor de SOC correlacionando el SOC correspondiente a la OCV de la tabla de búsqueda.

Según unas realizaciones, la unidad de control 150 puede transmitir el SOC de la batería secundaria 200 determinado usando el perfil de SOC-OCV de celda completa actualizado almacenado en la unidad de almacenamiento 130 al dispositivo externo 300 a través de la unidad de comunicación 140. El dispositivo externo 300 puede ser un controlador de un dispositivo de carga al que se suministra energía eléctrica desde la batería secundaria 200, tal como la ECU, pero la presente divulgación no está limitada a ello.

La unidad de control 150 incluye un módulo de determinación de intervalo disponible 151, un módulo de gestión de perfiles 152 y un módulo de estimación SOC 153. En un ejemplo, el módulo de determinación de intervalo disponible 151, el módulo de gestión de perfiles 152 y el módulo de estimación de SOC 153 pueden ser un módulo de programa operado por el procesador. En otro ejemplo, el módulo de determinación de intervalo disponible 151, el módulo de gestión de perfiles 152 y el módulo de estimación de SOC 153 pueden ser un conjunto de chips de circuito integrado desarrollado para ejecutar la lógica de control como se describe más adelante, por ejemplo, un conjunto de chips ASIC.

Cuando la batería secundaria 200 entra en MOL, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 determina un intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y un intervalo disponible de electrodo negativo de MOL (véase $p_e \sim p_i$, $n_f \sim n_i$ en la Figura 4) que ha cambiado como se describe más adelante en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL, respectivamente. El módulo de gestión de perfiles 152 estima un perfil diferencial generado a partir de una diferencia entre la parte del perfil de SOC-OCV de electrodo positivo de BOL correspondiente al intervalo disponible de electrodo positivo de MOL determinado y la parte del perfil de SOC-OCV de electrodo negativo de BOL correspondiente al intervalo disponible de electrodo negativo de MOL determinado como un perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL en MOL (es decir, reflejando la tasa de degradación), y cambia o actualiza el perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL existente almacenado en la unidad de almacenamiento 130 al perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL estimado.

En lo sucesivo, se describirá con más detalle la lógica de control para estimar el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL por la unidad de control 150 con referencia a las Figuras 2 a 5.

La Figura 2 es un diagrama que muestra el perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL, el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL en forma de gráfico.

Con referencia a la Figura 2, tres perfiles, a saber, el perfil de SOC-OCV de celda completa BOL, el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL se obtienen a través de pruebas y se almacenan previamente en la unidad de almacenamiento 130.

En la Figura 2, el eje Y indica un valor OCV, y el valor OCV aumenta a medida que este asciende. Adicionalmente, el eje X indica la capacidad, y la capacidad puede indicarse en mAh, una unidad de la cantidad de corriente integrada a lo largo del tiempo. En cada perfil de SOC-OCV, el punto final izquierdo corresponde a 1 SOC y el punto final derecho corresponde a 0 SOC. La capacidad en el eje X tiene una magnitud que se reduce de izquierda a derecha.

En cada perfil de SOC-OCV, la capacidad del punto final izquierdo corresponde a un valor de corriente integrado obtenido acumulando e integrando la corriente de carga mientras la media celda o celda completa completamente descargada se carga al máximo. Adicionalmente, en cada perfil de SOC-OCV, la capacidad del punto final derecho corresponde a un valor obtenido restando un valor de corriente integrado obtenido acumulando e integrando la

corriente de descarga mientras la media celda o celda completa completamente cargada se descarga hasta el límite inferior de la tensión de descarga de la capacidad del punto final izquierdo.

En un ejemplo, en el perfil de SOC-OCV de media celda del electrodo positivo de BOL, cuando la capacidad del punto final izquierdo es de 1000 mAh (correspondiente a 1 SOC) y el valor de corriente integrado de la corriente de descarga es de 600 mAh mientras la media celda del electrodo positivo en un estado completamente cargado se descarga hasta el límite inferior de la tensión de descarga, la capacidad del punto final derecho puede ser de 400 mAh (correspondiente a 0 SOC).

En otro ejemplo, en el perfil de SOC-OCV de media celda del electrodo negativo de BOL, cuando la capacidad del punto final izquierdo es de 1040 mAh (correspondiente a 1 SOC), y el valor de corriente integrado de la corriente de descarga es de 590 mAh mientras la media celda del electrodo negativo en un estado completamente cargado se descarga hasta el límite inferior de la tensión de descarga, la capacidad del punto final derecho puede ser de 450 mAh (correspondiente a 0 SOC).

En otro ejemplo más, en el perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL, cuando la capacidad del punto final izquierdo es de 1000 mAh (correspondiente a 1 SOC) y el valor de corriente integrado de la corriente de descarga es de 500 mAh mientras la celda completa en un estado completamente cargada se descarga hasta el límite inferior de la tensión de descarga, la capacidad del punto final derecho puede ser de 500 mAh (correspondiente a 0 SOC).

Según la presente divulgación, el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo y/o el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo se pueden preprocesar mediante un desplazamiento en la dirección del eje X de modo que una diferencia entre el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo sea la más cercana al perfil de SOC-OCV de celda completa.

Además, al menos uno del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL puede desplazarse hacia la izquierda o hacia la derecha de modo que un perfil diferencial generado a partir de una diferencia entre el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL sea más similar al perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL.

El preprocesamiento (es decir, el desplazamiento) del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo/electrodo negativo de BOL lo puede realizar el módulo de gestión de perfiles 152 de la unidad de control 150.

La Figura 3 es un ejemplo de diagrama que muestra el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL preprocesado y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL y el perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL en forma de gráfico.

El gráfico que muestra el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL según la Figura 3 está preprocesado mediante un desplazamiento hacia la izquierda en comparación con la Figura 2. Adicionalmente, en la Figura 3, $Q_{+,0}$ denota la capacidad total de media celda de electrodo positivo de BOL preprocesado y $Q_{-,0}$ denota la capacidad total de media celda de electrodo negativo de BOL preprocesado. La capacidad total corresponde a una diferencia entre los valores de capacidad correspondientes al punto final izquierdo y al punto final derecho en el perfil de la media celda. En el perfil de BOL, los resultados de $(p_{f,0} - p_{i,0}) \times Q_{+,0}$ y $(n_{f,0} - n_{i,0}) \times Q_{-,0}$ son los mismos.

En el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL preprocesado, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 puede determinar un valor de SOC correspondiente al punto más a la izquierda del perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL como un valor de SOC máximo permitido $p_{f,0}$, y un valor de SOC correspondiente al punto más a la derecha del perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL como valor de SOC mínimo permitido $p_{i,0}$.

De igual manera, en el perfil de SOC-OCV de media celda del electrodo negativo de BOL, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 puede determinar un valor de SOC correspondiente al punto más a la izquierda del perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL como un valor de SOC máximo permitido $n_{f,0}$, y un valor de SOC correspondiente al punto más a la derecha del perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL como valor de SOC mínimo permitido $n_{i,0}$.

Es decir, $p_{i,0}$ y $p_{f,0}$ son los valores de SOC de los puntos que se encuentran entre sí cuando el punto final derecho y el punto final izquierdo del perfil de SOC-OCV de celda completa se proyectan sobre el perfil de SOC-OCV de media celda del electrodo positivo, y $n_{i,0}$ y $n_{f,0}$ son los valores de SOC de puntos que se encuentran entre sí cuando el punto final derecho y el punto final izquierdo del perfil de SOC-OCV de celda completa se proyectan sobre el perfil de SOC-OCV de media celda del electrodo negativo.

El valor de SOC mínimo permitido $p_{i,0}$, $n_{i,0}$ es un valor de capacidad que indica el umbral de descarga inferior y por seguridad de la batería secundaria, se establece más alto que un umbral máximo teórico de descarga. Es decir, incluso en una situación en la que la batería secundaria alcanza el valor de SOC mínimo permitido $p_{i,0}$, $n_{i,0}$, es sustancialmente

posible descargar la batería secundaria, pero cuando la batería secundaria se descarga hasta el umbral máximo teórico de descarga, la vida útil y las características de la batería secundaria se degradan y, en consecuencia, por seguridad de la batería secundaria, cuando la batería secundaria se descarga hasta la tensión correspondiente al valor de SOC mínimo permitido $p_{i,0}$, $n_{i,0}$, la descarga se detiene.

5 De igual manera, el valor de SOC máximo permitido $p_{f,0}$, $n_{f,0}$ es un valor de SOC que indica el umbral de carga superior y, por seguridad de la batería secundaria, se establece por debajo de un umbral de carga teórico. Es decir, incluso en una situación en la que la batería secundaria alcanza el valor de SOC máximo permitido $p_{f,0}$, $n_{f,0}$, es sustancialmente posible cargar la batería secundaria, pero cuando la batería secundaria está cargada hasta el umbral de carga teórico, la vida útil y las características de la batería secundaria se degradan y, en consecuencia, por seguridad de la batería secundaria, cuando la batería secundaria se carga hasta la tensión correspondiente al valor de SOC máximo permitido $p_{f,0}$, $n_{f,0}$, la carga se detiene.

15 Cuando el valor de SOC mínimo permitido $p_{i,0}$, $n_{i,0}$ y el valor de SOC máximo permitido $p_{f,0}$, $n_{f,0}$ se determinan, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 determina el intervalo disponible de electrodo positivo de BOL en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL como el intervalo de $p_{f,0} \sim p_{i,0}$, y establece el intervalo disponible del BOL de electrodo negativo en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL en el intervalo de $n_{f,0} \sim n_{i,0}$.

20 Por consiguiente, el intervalo disponible del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL correspondiente al perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL cuando la batería secundaria 200 está en BOL se determina como el intervalo del valor de SOC mínimo permitido $p_{i,0}$, $n_{i,0} \sim$ el valor de SOC máximo permitido SOC $p_{f,0}$, $n_{f,0}$.

25 Cuando se determinan el intervalo disponible de electrodo positivo de BOL y el intervalo disponible de electrodo negativo de BOL, el módulo de gestión de perfiles 152 determina la capacidad de celda completa de BOL $Q_{f,0}$. La capacidad de celda completa $Q_{f,0}$ corresponde a una diferencia entre dos valores de capacidad correspondientes al punto final izquierdo y al punto final derecho del perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL. En el perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL, el valor de SOC del punto extremo izquierdo correspondiente al valor de SOC máximo permitido $p_{f,0}$, $n_{f,0}$ se establece como un valor de SOC máximo y el valor de SOC del punto final derecho correspondiente al valor de SOC mínimo permitido $p_{i,0}$, $n_{i,0}$ se establece como un valor de SOC mínimo.

30 Cuando el valor de SOC máximo y el valor de SOC mínimo se establecen en el intervalo de capacidad de celda completa, mientras la celda completa está cargada o descargada en BOL, el módulo de estimación de SOC 153 puede acumular e integrar la cantidad de corriente medida por la unidad de medición de corriente 120, y determinar un valor de SOC en el momento actual usando una relación relativa de la cantidad de corriente integrada sobre la base de la capacidad de celda completa $Q_{f,0}$.

35 Preferentemente, el perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL se puede usar hasta que el número de ciclos de carga/descarga de la batería secundaria 200 alcance un valor preestablecido.

40 La Figura 4 es un ejemplo de diagrama que muestra un intervalo disponible de MOL de electrodo positivo que ha cambiado y un intervalo disponible de MOL de electrodo negativo que ha cambiado en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL cuando la batería secundaria entra en MOL a medida que la batería secundaria se degrada en un número mayor de ciclos de carga/descarga que el valor preestablecido.

La Figura 5 es un diagrama que muestra el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL en forma de gráfico.

50 Con referencia a las Figuras 4 y 5, cuando la batería secundaria entra en MOL a medida que la batería secundaria se degrada, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 mide periódicamente la tensión y la corriente de la batería secundaria 200 usando la unidad de medición de tensión 110 y la unidad de medición de corriente 120 mientras la batería secundaria 200 está completamente cargada o completamente descargada entre el límite inferior de tensión de descarga y el límite superior de tensión de carga, y graba datos asociados con la tensión y la corriente medidos en la unidad de almacenamiento 130.

Adicionalmente, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 determina un valor de corriente integrado integrando la corriente medida repetidamente durante la carga completa o la descarga completa entre el límite inferior de tensión de descarga y el límite superior de tensión de carga.

60 En el presente documento, el valor de corriente integrado corresponde a la capacidad total de celda completa de MOL Q_f de la batería secundaria 200 en MOL. La capacidad total de celda completa de MOL Q_f puede determinarse mediante cualquier método conocido en la técnica distinto del método descrito en el presente documento.

65 El módulo de determinación de intervalo disponible 151 determina un intervalo disponible de electrodo positivo de MOL que ha cambiado y un intervalo disponible de electrodo negativo de MOL que ha cambiado $p_f \sim p_i$, $n_f \sim n_i$ en el perfil

de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL de la batería secundaria 200 en MOL, respectivamente, en función de la capacidad total de celda completa de MOL calculada Q_f . En este caso, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 determina el intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y el intervalo disponible de electrodo negativo de MOL $p_e \sim p_i$, $n_f \sim n_i$ en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL, respectivamente, de tal manera que una relación entre la capacidad total de celda completa de MOL Q_f y la capacidad total de celda completa de BOL $Q_{f,0}$ es igual a una relación entre el intervalo disponible de electrodo positivo de MOL $p_f \sim p_i$ y el intervalo disponible de electrodo positivo de BOL $p_{f,0} \sim p_{i,0}$ y una relación entre el intervalo disponible de electrodo negativo de MOL $n_f \sim n_i$ y el intervalo disponible de electrodo negativo de BOL $n_{f,0} \sim n_{i,0}$.

Para determinar el intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y el intervalo disponible de electrodo negativo de MOL, es necesario determinar el punto de comienzo y el punto final (es decir, el valor de SOC máximo permitido y el valor de SOC mínimo permitido del intervalo disponible, y la lógica para determinar el punto de comienzo y el punto final del intervalo disponible es la siguiente.

La presente divulgación asume que, aunque la batería secundaria 200 se degrada, el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL no cambian de forma. Es decir, asumiendo que no hay cambios en un valor de diferencia de capacidades correspondientes al punto final izquierdo y al punto final derecho del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y un valor de diferencia de capacidades correspondientes al punto final izquierdo y al punto final derecho del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL. Adicionalmente, la presente divulgación asume que no hay cambios en el valor de SOC máximo permitido $p_{f,0}$ de media celda de electrodo positivo en BOL y el valor de SOC mínimo permitido $n_{i,0}$ de media celda de electrodo negativo en BOL. Esta asunción puede aplicarse a una batería secundaria de litio que incluye un material de electrodo positivo a base de Ni-Mn-Co en el electrodo positivo y grafito en el electrodo negativo.

Adicionalmente, se puede derivar la siguiente expresión relacional a través de la asunción anterior.

$$\begin{aligned} Q_+ &= Q_{+,0} & Q_- &= Q_{-,0} \\ Q_+ &= Q_f / (p_f - p_i) & Q_- &= Q_f / (n_f - n_i) \\ p_f &= p_{f,0} & n_i &= n_{i,0} \end{aligned}$$

En el presente documento, Q_+ es la capacidad total de media celda de electrodo positivo en MOL, $Q_{+,0}$ es la capacidad total de media celda de electrodo positivo en BOL, Q_- es la capacidad total de media celda de electrodo negativo en MOL, y $Q_{-,0}$ es la capacidad total de media celda de electrodo negativo en BOL. Adicionalmente, Q_f es la capacidad total de celda completa de MOL, p_e es el valor de SOC máximo permitido de media celda de electrodo positivo en MOL, y p_i es el valor de SOC mínimo permitido (un valor entre 0 y 1) de media celda de electrodo positivo en MOL, n_f es el valor de SOC máximo permitido (un valor entre 0 y 1) de media celda de electrodo negativo en MOL, y n_i es el valor de SOC mínimo permitido de media celda de electrodo negativo en MOL. Adicionalmente, $p_{f,0}$ es el valor de SOC máximo permitido de media celda de electrodo positivo en BOL, y $n_{i,0}$ es el valor de SOC mínimo permitido de media celda de electrodo negativo en BOL.

Adicionalmente, la condición en la que una relación entre la capacidad total de celda completa de MOL Q_f y la capacidad total de celda completa de BOL $Q_{f,0}$ es igual a una relación entre el intervalo disponible $p_e \sim p_i$, $n_f \sim n_i$ en MOL y el intervalo disponible $p_{f,0} \sim p_{i,0}$, $n_{f,0} \sim n_{i,0}$ determinado en BOL, puede expresarse como Ecuación 1.

[Ecuación 1]

$$\begin{aligned} Q_{f,0} : Q_f &= (p_{f,0} - p_{i,0}) : (p_f - p_i) \\ Q_{f,0} : Q_f &= (n_{f,0} - n_{i,0}) : (n_f - n_i) \end{aligned}$$

Una expresión matemática para encontrar p_i y n_f usando la expresión relacional anterior y la Ecuación 1 anterior se expresa como la siguiente Ecuación 2.

[Ecuación 2]

$$p_i = p_{f,0} - \frac{(p_{f,0} - p_{i,0})Q_f}{Q_{f,0}}$$

$$n_f = n_{i,0} + \frac{(n_{f,0} - n_{i,0})Q_f}{Q_{f,0}}$$

En el presente documento, p_i es el valor de SOC mínimo permitido determinado nuevamente en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo BOL (es decir, determinado nuevamente en MOL) a medida que la batería secundaria 200 se degrada, y n_f es el valor de SOC máximo permitido determinado nuevamente en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL (es decir, (determinado nuevamente en MOL) a medida que la batería secundaria 200 se degrada. Adicionalmente, p_f es el valor de SOC máximo permitido en MOL determinado en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL, y está preestablecido en función del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL preprocesado y tiene el mismo valor que $p_{f,0}$. n_i es el valor de SOC mínimo permitido en MOL determinado en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL, y está preestablecido en función del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL preprocesado y tiene el mismo valor que $n_{i,0}$. Adicionalmente, $(p_f - p_i) \times Q_+$ y $(n_f - n_i) \times Q_-$ son iguales.

Dado que cada factor sustituido en el lado derecho de la Ecuación 2 es conocido, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 calcula p_i , n_f en los intervalos disponibles del electrodo positivo y del electrodo negativo que han cambiado en MOL usando la Ecuación 2 anterior y determina los intervalos disponibles del electrodo positivo y del electrodo negativo $p_f \sim p_i$ y $n_f \sim n_i$ que han cambiado en MOL, respectivamente, en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL.

El módulo de gestión de perfiles 152 comprueba los intervalos correspondientes a los intervalos disponibles que han cambiado en cada uno de los perfiles SOC-OCV de media celda de BOL y SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL, calcula una diferencia entre el intervalo disponible comprobado (en lo sucesivo denominado 'intervalo disponible de electrodo positivo') del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo y el intervalo disponible comprobado (en lo sucesivo denominado 'intervalo disponible de electrodo negativo') del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo, y estima un perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL en MOL (véase la Figura 5). En este caso, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 puede desplazarse hacia la izquierda o hacia la derecha, una parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo correspondiente al intervalo disponible de electrodo negativo y la parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo correspondiente al intervalo disponible de electrodo positivo para hacer que los intervalos de capacidad (es decir, intervalos del eje X) de los dos intervalos disponibles se superpongan, de modo que el valor de SOC mínimo permitido n_i del intervalo disponible de electrodo negativo y el valor de SOC mínimo permitido p_i del intervalo disponible de electrodo positivo sean iguales entre sí. Adicionalmente, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 puede calcular un perfil correspondiente a una diferencia entre la parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo correspondiente al intervalo disponible de electrodo positivo que ha cambiado y la parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo correspondiente al intervalo disponible de electrodo negativo que ha cambiado, y generar el perfil calculado como un perfil de SOC-OCV de celda completa en MOL.

Con referencia a la Figura 5, se puede observar que el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL muestra una capacidad total menor (es decir, la longitud horizontal del gráfico) que el perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL. Adicionalmente, en la Figura 5, la parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo correspondiente al intervalo disponible de electrodo negativo se desplaza hacia la izquierda de modo que el valor de SOC mínimo permitido n_i del intervalo disponible de electrodo negativo y el valor de SOC mínimo permitido p_i del intervalo disponible de electrodo positivo sean iguales entre sí.

A medida que la batería secundaria 200 se degrada, el módulo de gestión de perfiles 152 puede generar y actualizar el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL que refleja la capacidad reducida.

El módulo de gestión de perfiles 152 puede comprobar el intervalo de capacidad total de la celda completa en el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL estimado y restablecer el valor de SOC máximo permitido correspondiente al punto más a la izquierda en "1" y el valor de SOC mínimo permitido correspondiente al punto más a la derecha en "0". Adicionalmente, el módulo de gestión de perfiles 152 actualiza el perfil de SOC-OCV de celda completa existente almacenado en la unidad de almacenamiento 130 y el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL generado. Por ejemplo, cuando el perfil de SOC-OCV de celda completa existente se graba en la unidad de almacenamiento 130 en forma de una tabla de búsqueda, el módulo de gestión de perfiles 152 restablece el valor de SOC correspondiente a cada OCV usando datos de coordenadas que forman el perfil de SOC-OCV generado.

Cuando el perfil de SOC-OCV de celda completa almacenado en la unidad de almacenamiento 130 se actualiza, como

se ha descrito anteriormente, el módulo de estimación de SOC 153 de la unidad de control 150 puede estimar el SOC de la batería secundaria 200 usando el perfil de SOC-OCV de celda completa actualizado mientras la batería secundaria está completamente descargada.

5 En concreto, el módulo de estimación de SOC 153 mide el OCV de la batería secundaria 200 usando la unidad de medición de tensión 110 antes de que comience la carga/descarga de la batería secundaria 200, y determina un valor de SOC correspondiente al OCV medido a partir del perfil de SOC-OCV actualizado (correlación de tabla de búsqueda) almacenado en la unidad de almacenamiento 130. Posteriormente, el módulo de estimación de SOC 153 puede
10 calcular una cantidad de corriente integrada integrando la corriente durante la carga/descarga de la batería secundaria 200, calcular una variación del SOC mediante una relación entre la cantidad de corriente integrada y la capacidad total de la celda completa Q_f , y estimar una relación relativa entre la capacidad restante y la capacidad total de la batería secundaria 200 sumando la variación calculada de SOC al valor de SOC determinado a partir del OCV, a saber, un valor de SOC actual.

15 El módulo de estimación de SOC 153 puede grabar el valor de SOC actual estimado en la unidad de almacenamiento 130, o transmitirlo al dispositivo externo 300 a través de la unidad de comunicación 140. El dispositivo externo 300 puede controlar la carga y descarga de la batería secundaria 200 adecuadamente con referencia al valor de SOC actual transmitido. Por ejemplo, cuando el valor de SOC actual llega a 1, el dispositivo externo 300 interrumpe la carga y, por el contrario, cuando el valor de SOC actual llega a 0, el dispositivo externo 300 interrumpe la descarga. La
20 interrupción de la carga y descarga se puede implementar apagando el interruptor instalado en la línea por donde fluye la corriente de carga o la corriente de descarga.

Paralelamente, la unidad de control 150 puede incluir selectivamente un procesador, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un conjunto de chips, un circuito lógico, un registro, un módem de comunicación y un dispositivo de
25 procesamiento de datos conocidos en la técnica para ejecutar las diversas lógicas de control divulgadas en el presente documento.

Adicionalmente, cuando la lógica de control se implementa en el software, el módulo de determinación de intervalo disponible 151, el módulo de gestión de perfiles 152 y el módulo de estimación de SOC 153 incluidos en la unidad de
30 control 150 pueden implementarse en forma de programa. En este caso, cada módulo puede almacenarse en la unidad de almacenamiento 130 en forma de programas y conjuntos de instrucciones que son ejecutados por el procesador.

La Figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un método para estimar un perfil de SOC-OCV según una realización de la presente divulgación.

35 Con referencia a la Figura 6, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 monitoriza si llega un ciclo de actualización de perfil preestablecido (S10). El ciclo de actualización de perfil se puede preestablecer en función del número de veces que se ha usado la batería secundaria (el número de ciclos de carga y descarga) y el período durante el cual se ha usado la batería secundaria, y se puede almacenar en la unidad de almacenamiento 130. La información
40 sobre cuántas veces se ha usado la batería secundaria o durante cuánto tiempo se ha usado la batería secundaria se graba en la unidad de almacenamiento 130 y se hará referencia a ella. Aunque no se muestra en los dibujos, la unidad de control 150 puede incluir además un módulo para contar el número de veces que se ha usado la batería secundaria (cuando la carga y la descarga forman un ciclo, el número de repeticiones del ciclo) y grabarlo en la unidad de almacenamiento 130, o un módulo para contar el período durante el cual se ha usado la batería secundaria (el período
45 durante el cual se acumula el tiempo de carga y el tiempo de descarga) y grabarlo en la unidad de almacenamiento 130. La llegada del ciclo de actualización indica que la batería secundaria 200 entra en MOL desde BOL.

Posteriormente, cuando llega el ciclo de actualización de perfil, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 mide repetidamente la tensión y la corriente de la batería secundaria 200 usando la unidad de medición de tensión
50 110 y la unidad de medición de corriente 120 mientras la batería secundaria 200 está completamente cargada o completamente descargada, y almacena los datos de tensión y corriente medidos en la unidad de almacenamiento 130 (S20). En el presente documento, la carga completa se refiere a la carga de la batería secundaria 200 desde el límite inferior de tensión de descarga hasta el límite superior de tensión de carga, y la descarga completa se refiere a la descarga de la batería secundaria 200 desde el límite superior de tensión de carga hasta el límite inferior de tensión
55 de descarga.

Posteriormente, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 determina la capacidad total de celda completa de MOL Q_f de la batería secundaria 200 en MOL integrando la corriente de la batería secundaria 200 mientras la
60 batería secundaria 200 está completamente descargada o completamente cargada (S30).

Posteriormente, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 determina los intervalos disponibles del electrodo positivo y del electrodo negativo $p_e \sim p_i$, $n_f \sim n_i$ que han cambiado en MOL en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL, respectivamente, de tal manera que una relación entre la capacidad total de celda completa Q_f en el MOL y la
65 capacidad total de celda completa $Q_{f,0}$ en BOL sea igual a una relación entre el intervalo disponible $p_f \sim p_i$, $n_f \sim n_i$ en MOL y el intervalo disponible $p_{f,0} \sim p_{i,0}$, $n_{f,0} \sim n_{i,0}$ determinado en BOL (S40). En este caso, el módulo de determinación

de intervalo disponible 151 calcula la incógnita p_i , n_f sustituyendo los factores conocidos $p_{f,0}$, $p_{i,0}$, Q_f , $Q_{f,0}$, $n_{i,0}$, $n_{f,0}$ en la Ecuación 2 anterior y determina los intervalos disponibles del electrodo positivo y del electrodo negativo $p_f \sim p_i$ y $n_f \sim n_i$, que han cambiado en MOL en función de la p_i , n_f calculada.

Posteriormente, el módulo de gestión de perfiles 152 genera un perfil diferencial correspondiente a una diferencia entre la parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y la parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL correspondiente al intervalo disponible determinado que ha cambiado del electrodo positivo y del electrodo negativo, y estima el perfil diferencial generado como un perfil de SOC-OCV de celda completa en MOL (véase la Figura 5) (S50).

Preferentemente, antes de generar el perfil diferencial, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 puede desplazarse hacia la izquierda o hacia la derecha, la parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo correspondiente al intervalo disponible de electrodo negativo que ha cambiado y/o la parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo correspondiente al intervalo disponible de electrodo positivo que ha cambiado para hacer que los intervalos de capacidad (es decir, intervalos del eje X) de los dos intervalos disponibles se superpongan, de modo que el valor de SOC mínimo permitido n_i del intervalo disponible de electrodo negativo que ha cambiado y el valor de SOC mínimo permitido p_i del intervalo disponible de electrodo positivo sean iguales entre sí, o el valor de SOC máximo permitido n_f del intervalo disponible de electrodo negativo que ha cambiado y el valor de SOC máximo permitido p_f del intervalo disponible de electrodo positivo sean iguales entre sí.

El módulo de gestión de perfiles 152 comprueba el intervalo de capacidad de la celda completa en el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL a partir del perfil diferencial y restablece el valor de SOC máximo permitido correspondiente al punto final izquierdo del perfil en "1" y el valor de SOC mínimo permitido correspondiente al punto final derecho del perfil en "0". Adicionalmente, el módulo de gestión de perfiles 152 actualiza el perfil de SOC-OCV de celda completa existente almacenado en la unidad de almacenamiento 130 al perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL estimado (S60). Por ejemplo, cuando el perfil de SOC-OCV de celda completa existente se graba en la unidad de almacenamiento 130 en forma de una tabla de búsqueda, el módulo de gestión de perfiles 152 restablece el valor de SOC asignado a cada valor de OCV usando el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL actualizado.

Paralelamente, el módulo de determinación de intervalo disponible 151 de la unidad de control 150 puede monitorizar si llega el siguiente ciclo de actualización de perfil y cuándo llega el ciclo de actualización de perfil, el proceso posterior a S10 podrá repetirse nuevamente.

Se intenta cargar y descargar una batería secundaria de litio en 3 ciclos, en donde la batería secundaria de litio incluye un material de electrodo positivo de NCM (níquel, cobalto, manganeso) y un material de electrodo negativo de grafito, y que tiene la especificación de la capacidad total de celda completa de BOL $Q_{f,0}$ correspondiente a 50,6496 Ah, el intervalo de tensión disponible de 4,2 ~ 2,5 V y el intervalo de corriente disponible de 0 ~ 150 A. En el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL de la batería secundaria de litio usada en la prueba, la capacidad total $Q_{+,0}$ de la media celda de electrodo positivo de BOL es de 54,7831 Ah, $p_{f,0}$ es 1 y $p_{i,0}$ es 0,075451 y el perfil tiene la forma de perfil mostrada en la Figura 2. Adicionalmente, en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL de la batería secundaria de litio usada en la prueba, la capacidad total $Q_{-,0}$ de la media celda de electrodo negativo de BOL es de 63,7795 Ah, $n_{f,0}$ es 0,79971 y $n_{i,0}$ es 0,0055728 y el perfil tiene la forma de perfil mostrada en la Figura 2.

Paralelamente, la capacidad total de celda completa de MOL Q_f de la batería secundaria de litio cargada y descargada en 400 ciclos se mide como 46,237 Ah.

Cuando los factores $p_{f,0}$, $p_{i,0}$, $Q_{f,0}$, $n_{i,0}$, $n_{f,0}$ y la capacidad total de celda completa de MOL Q_f que se puede obtener a partir del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL de la batería secundaria de litio se sustituyen en la Ecuación 2, p_i se calcula como 0,155997 y $n_{f,i}$ se calcula como 0,730524. Por consiguiente, el intervalo disponible de electrodo positivo de MOL se determina como el intervalo de $p_f \sim p_i$ en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL, y el intervalo disponible de electrodo negativo de MOL se determina como el intervalo de $n_f \sim n_i$ en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL. El perfil diferencial generado a partir de una diferencia entre la parte del perfil de SOC-OCV de electrodo positivo de BOL correspondiente al intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y la parte del perfil de SOC-OCV de electrodo negativo de BOL correspondiente al intervalo disponible de electrodo negativo de MOL determinado se estima en la forma del perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL que se muestra en la Figura 5.

En la batería secundaria de litio, el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL obtenido a través de la prueba de carga/descarga real correspondiente a 400 ciclos coincide sustancialmente con el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL estimado. Es decir, la batería secundaria de litio se carga y descarga repetidamente varias veces hasta 400 ciclos, se recopilan datos de SOC en el momento de la medición de cada OCV, se genera un perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL que indica una correlación entre OCV y SOC en función de los datos recopilados, y se comparan el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL generado y el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL estimado según la presente divulgación, y como resultado de la comparación, los dos perfiles coinciden

sustancialmente.

5 Paralelamente, al menos una de las lógicas de control ilustradas en la Figura 6 puede combinarse, y las lógicas de control combinadas pueden escribirse en sistemas de código legible por ordenador y grabarse en un medio de grabación legible por ordenador. El medio de grabación no se limita a un tipo específico e incluye cualquier tipo al que pueda acceder el procesador incluido en el ordenador. Por ejemplo, el medio de grabación puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consiste en una ROM, una RAM, un registro, un CD-ROM, una cinta magnética, un disco duro, un disquete y un dispositivo óptico de registro de datos. Adicionalmente, los sistemas de código pueden modularse a una señal portadora e incluirse en una portadora de comunicación en un punto temporal específico y
10 puede almacenarse y ejecutarse en ordenadores conectados a través de una red de manera distribuida. Adicionalmente, los programas funcionales, códigos y segmentos para implementar las lógicas de control combinadas pueden ser fácilmente inferidos por programas del campo técnico al que pertenece la presente divulgación.

15 El aparato 100 para estimar un perfil de SOC-OCV según la presente divulgación puede incluirse como parte de un sistema denominado sistema de gestión de batería (BMS). Adicionalmente, el BMS puede montarse en diversos tipos de dispositivos operados eléctricamente que pueden funcionar usando energía eléctrica suministrada desde la batería secundaria 200.

20 Según un aspecto, el dispositivo accionado eléctricamente puede ser un teléfono móvil, un ordenador portátil, un dispositivo informático móvil, incluyendo una tableta o un dispositivo multimedia portátil, incluyendo una cámara digital, una cámara de vídeo y un dispositivo reproductor de audio/vídeo.

25 Según otro aspecto, el dispositivo accionado eléctricamente puede ser un dispositivo alimentado por electricidad que puede moverse con electricidad, tal como un vehículo eléctrico, un vehículo eléctrico híbrido, una bicicleta eléctrica, una motocicleta eléctrica, una locomotora eléctrica, un barco eléctrico y una aeronave eléctrica, o una herramienta eléctrica que incluye un motor, tal como un taladro eléctrico y una amoladora eléctrica.

30 Según otro aspecto más, el dispositivo accionado eléctricamente puede ser un sistema de almacenamiento de alimentación de gran capacidad instalado en una red eléctrica para almacenar energía renovable o alimentación redundante, o un sistema de alimentación ininterrumpida para suministrar alimentación a varios tipos de dispositivos de comunicación de información, incluyendo un servidor informático o un dispositivo de comunicación móvil en una situación de emergencia tal como un apagón.

35 Al describir diversas realizaciones de la presente divulgación, los componentes designados "unidad" o "módulo" deben entenderse como elementos que se clasifican funcionalmente en lugar de físicamente. Por consiguiente, cada componente puede combinarse selectivamente con otro componente o puede dividirse en subcomponentes para una ejecución eficiente de la lógica o lógicas de control. Sin embargo, es evidente para los expertos en la materia que, aunque los componentes se combinen o dividan, si se puede reconocer una igualdad de funciones, se debe interpretar que los componentes combinados o divididos están dentro del alcance de la presente divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (100) para estimar un perfil de estado de carga-tensión de circuito abierto, SOC-OCV, que refleja una tasa de degradación de una batería secundaria (200), que comprende:

una unidad de almacenamiento (130) configurada para almacenar:

un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo en el inicio de su vida útil, BOL,
un intervalo disponible de electrodo positivo de BOL definido por un valor de SOC mínimo permitido $p_{i,0}$ que indica un umbral de descarga inferior de la batería secundaria (200) y un valor de SOC máximo permitido $p_{f,0}$ que indica un umbral de carga superior de la batería secundaria (200);
un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL;
un intervalo disponible de electrodo negativo de BOL definido por un valor de SOC mínimo permitido $n_{i,0}$ que indica un umbral de descarga inferior de la batería secundaria (200) y un valor de SOC máximo permitido $n_{f,0}$ que indica un umbral de carga superior de la batería secundaria (200);
un perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL; y
una capacidad total de celda completa de BOL; y

una unidad de control (150) configurada para estimar un perfil de SOC-OCV de celda completa en la mitad de su vida útil, MOL, que es cuando la batería secundaria (200) se degrada, incluyendo la unidad de control (150):
un módulo de determinación de intervalo disponible (151) configurado para:

calcular una capacidad total de celda completa de MOL mientras la batería secundaria (200) está completamente cargada o completamente descargada entre un límite inferior de tensión de descarga y un límite superior de tensión de carga cuando la batería secundaria (200) está en MOL; y
determinar un intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y un intervalo disponible de electrodo negativo de MOL de tal manera que una relación entre una capacidad total de celda completa de MOL y la capacidad total de celda completa de BOL sea igual a cada una de entre una relación entre el intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y el intervalo disponible de electrodo positivo de BOL y una relación entre el intervalo disponible de electrodo negativo de MOL y el intervalo disponible de electrodo negativo de BOL,

en donde el módulo de determinación de intervalo disponible (151) está configurado además para

determinar, como valor invariable, un valor de SOC máximo permitido del intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y un valor de SOC mínimo permitido del intervalo disponible de electrodo negativo de MOL en función del intervalo disponible de electrodo positivo de BOL y el intervalo disponible de electrodo negativo de BOL; y
determinar el intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y el intervalo disponible de electrodo negativo de MOL calculando un valor de SOC mínimo permitido (p_i) en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y un valor de SOC máximo permitido (n_f) en el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL usando la siguiente Ecuación:

(Ecuación)

$$p_i = p_{f,0} - \frac{(p_{f,0} - p_{i,0}) Q_f}{Q_{f,0}}$$

$$n_f = n_{i,0} + \frac{(n_{f,0} - n_{i,0}) Q_f}{Q_{f,0}}$$

donde:

$p_{f,0}$ es el valor de SOC máximo permitido de la media celda del electrodo positivo en BOL,
 $p_{i,0}$ es el valor de SOC mínimo permitido de la media celda del electrodo positivo en BOL,
 $n_{f,0}$ es el valor de SOC máximo permitido de la media celda del electrodo negativo en BOL,
 $n_{i,0}$ es el valor de SOC mínimo permitido de la media celda del electrodo negativo en BOL,
 $Q_{f,0}$ es la capacidad total de la celda completa en BOL, y
 Q_f es la capacidad total de la celda completa en MOL,

en donde el intervalo disponible de electrodo positivo de MOL está definido por el valor de SOC máximo permitido de electrodo positivo de MOL p_f y el valor de SOC mínimo permitido de electrodo positivo de MOL p_i y el intervalo disponible de electrodo negativo de MOL está definido por el valor de SOC máximo permitido de electrodo negativo de MOL n_f y el valor de SOC mínimo permitido de electrodo negativo de MOL n_i ,

y
un módulo de gestión de perfiles (152) configurado para
estimar, como perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL, un perfil diferencial correspondiente a una diferencia
entre:

una parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo correspondiente al intervalo disponible
de electrodo positivo de MOL; y
una parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo correspondiente al intervalo disponible
de electrodo negativo de MOL; y

actualizar el perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL almacenado en la unidad de almacenamiento (130)
para que sea el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL estimado.

2. El aparato (100) para estimar un perfil de SOC-OCV según la reivindicación 1, en donde el módulo de determinación
de intervalo disponible (151) está configurado además para:

calcular una cantidad de corriente integrada acumulando e integrando una corriente de una batería secundaria
(200) mientras la batería secundaria (200) está completamente cargada o completamente descargada entre el
límite inferior de tensión de descarga y el límite superior de tensión de carga; y
determinar la cantidad de corriente integrada calculada como la capacidad total de celda completa de MOL.

3. El aparato (100) para estimar un perfil de SOC-OCV según la reivindicación 1, en donde la batería secundaria (200)
es una batería secundaria de litio que incluye:

un material de electrodo positivo a base de Ni-Mn-Co en un electrodo positivo; y
grafito en un electrodo negativo.

4. Un sistema de gestión de batería que comprende el aparato (100) para estimar un perfil de SOC-OCV según una
cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.

5. Un método para estimar un perfil de estado de carga-tensión de circuito abierto, SOC-OCV, que refleja una tasa de
degradación de una batería secundaria (200), comprendiendo el método:
el almacenamiento de:

un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo en el inicio de su vida útil, BOL;
un intervalo disponible de electrodo positivo de BOL definido por un valor de SOC mínimo permitido $p_{i,0}$ que indica
un umbral de descarga inferior de la batería secundaria (200) y un valor de SOC máximo permitido $p_{f,0}$ que indica
un umbral de carga superior de la batería secundaria (200);

un perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL;
un intervalo disponible de electrodo negativo de BOL definido por un valor de SOC mínimo permitido $n_{i,0}$ que indica
un umbral de descarga inferior de la batería secundaria (200) y un valor de SOC máximo permitido $n_{f,0}$ que indica
un umbral de carga superior de la batería secundaria; la batería (200);

un perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL; y
una capacidad total de celda completa de BOL;

la estimación de un perfil de SOC-OCV de célula completa en la mitad de vida útil, MOL, que es cuando la batería
secundaria (200) se degrada;

el cálculo de una capacidad total de celda completa a la mitad de su vida útil, MOL mientras la batería secundaria
(200) está completamente cargada o completamente descargada entre un límite inferior de tensión de descarga y
un límite superior de tensión de carga cuando la batería secundaria (200) está en MOL;

la determinación de un intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y un intervalo disponible de electrodo
negativo de MOL de tal manera que una relación entre una capacidad total de celda completa de MOL y la
capacidad total de celda completa de BOL sea igual a cada una de entre una relación entre el intervalo disponible
de electrodo positivo de MOL y el intervalo disponible de electrodo positivo de BOL y una relación entre el intervalo
disponible de electrodo negativo de MOL y el intervalo disponible de electrodo negativo de BOL;

la determinación, como valor invariable, de un valor de SOC máximo permitido del intervalo disponible de electrodo
positivo de MOL y un valor de SOC mínimo permitido del intervalo disponible de electrodo negativo de MOL en
función del intervalo disponible de electrodo positivo de BOL y el intervalo disponible de electrodo negativo de BOL;

y
la determinación del intervalo disponible de electrodo positivo de MOL y el intervalo disponible de electrodo
negativo de MOL calculando el valor de SOC mínimo permitido (p_i) en el perfil de SOC-OCV de media celda de
electrodo positivo de BOL y el valor de SOC máximo permitido (n_f) en el perfil de SOC-OCV de media celda de
electrodo negativo de BOL usando la siguiente Ecuación:

(Ecuación)

$$p_i = p_{f,0} + \frac{(p_{f,0} - p_{i,0}) Q_f}{Q_{f,0}}$$

$$n_f = n_{i,0} + \frac{(n_{f,0} - n_{i,0}) Q_f}{Q_{f,0}}$$

donde:

- 5 $p_{f,0}$ es el valor de SOC máximo permitido de la media celda del electrodo positivo en BOL,
 $p_{i,0}$ es el valor de SOC mínimo permitido de la media celda del electrodo positivo en BOL,
 $n_{f,0}$ es el valor de SOC máximo permitido de la media celda del electrodo negativo en BOL,
 $n_{i,0}$ es el valor de SOC mínimo permitido de la media celda del electrodo negativo en BOL,
 $Q_{f,0}$ es la capacidad total de la celda completa en BOL, y
10 Q_f es la capacidad total de la celda completa en MOL,
en donde el intervalo disponible de electrodo positivo de MOL está definido por el valor de SOC máximo permitido de electrodo positivo de MOL $p_{f,0}$ y el valor de SOC mínimo permitido de electrodo positivo de MOL p_i y el intervalo disponible de electrodo negativo de MOL está definido por el valor de SOC máximo permitido de electrodo negativo de MOL n_f y el valor de SOC mínimo permitido de electrodo negativo de MOL n_i ;
- 15 la estimación, como perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL, de un perfil diferencial correspondiente a una diferencia entre:
- 20 una parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo correspondiente al intervalo disponible de electrodo positivo de MOL determinado; y
una parte del perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo correspondiente al intervalo disponible de electrodo negativo de MOL determinado; y
la actualización de un perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL previamente almacenado para que sea el perfil de SOC-OCV de celda completa de MOL estimado.
- 25 6. El método para estimar un perfil de SOC-OCV según la reivindicación 5, en donde el cálculo de la capacidad total de celda completa MOL comprende:
- 30 el cálculo de una cantidad de corriente integrada acumulando e integrando una corriente de una batería secundaria (200) mientras la batería secundaria (200) está completamente cargada o completamente descargada entre el límite inferior de tensión de descarga y el límite superior de tensión de carga; y
la determinación de la cantidad de corriente integrada calculada como la capacidad total de celda completa de MOL.
- 35 7. El método para estimar un perfil de SOC-OCV según la reivindicación 5, que comprende además desplazar el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL uno con respecto al otro de modo que una diferencia entre el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo positivo de BOL y el perfil de SOC-OCV de media celda de electrodo negativo de BOL sea la más cercana al perfil de SOC-OCV de celda completa de BOL.
- 40 8. Un medio de grabación legible por ordenador que tiene grabado en el mismo un programa para realizar el método para estimar un perfil de SOC-OCV según la reivindicación 5, 6 o 7, cuando el programa es ejecutado por un aparato (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

FIG. 1

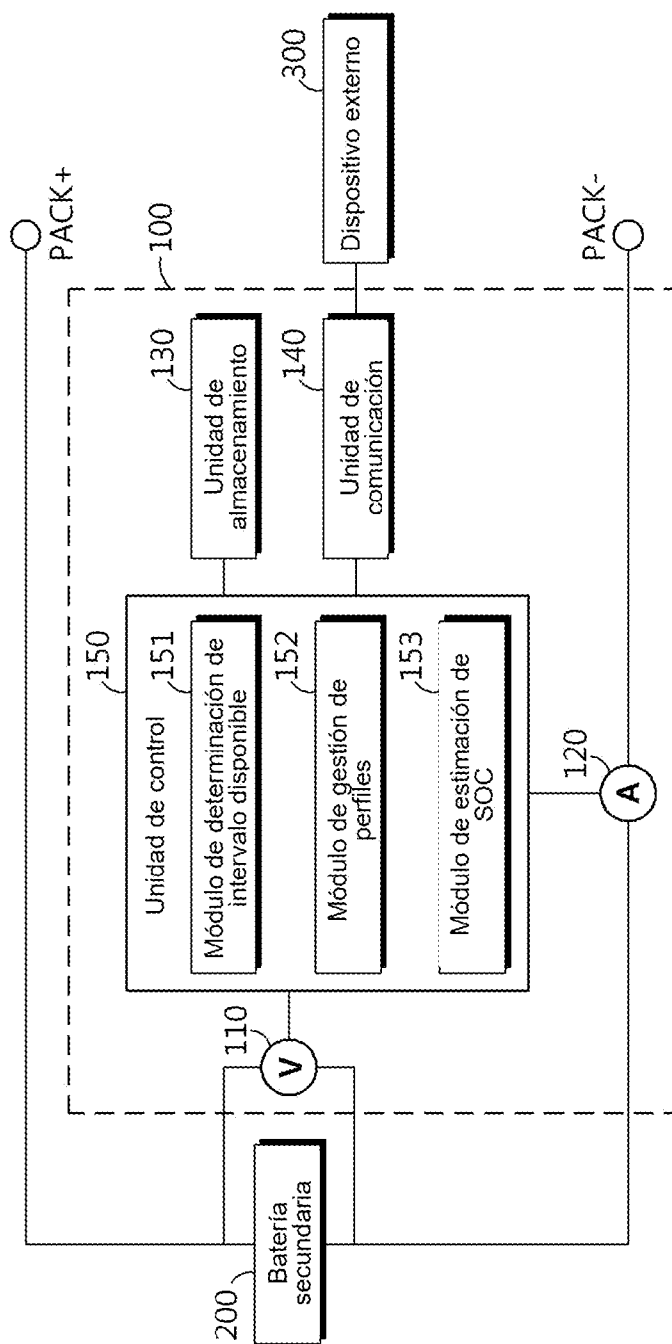


FIG. 2

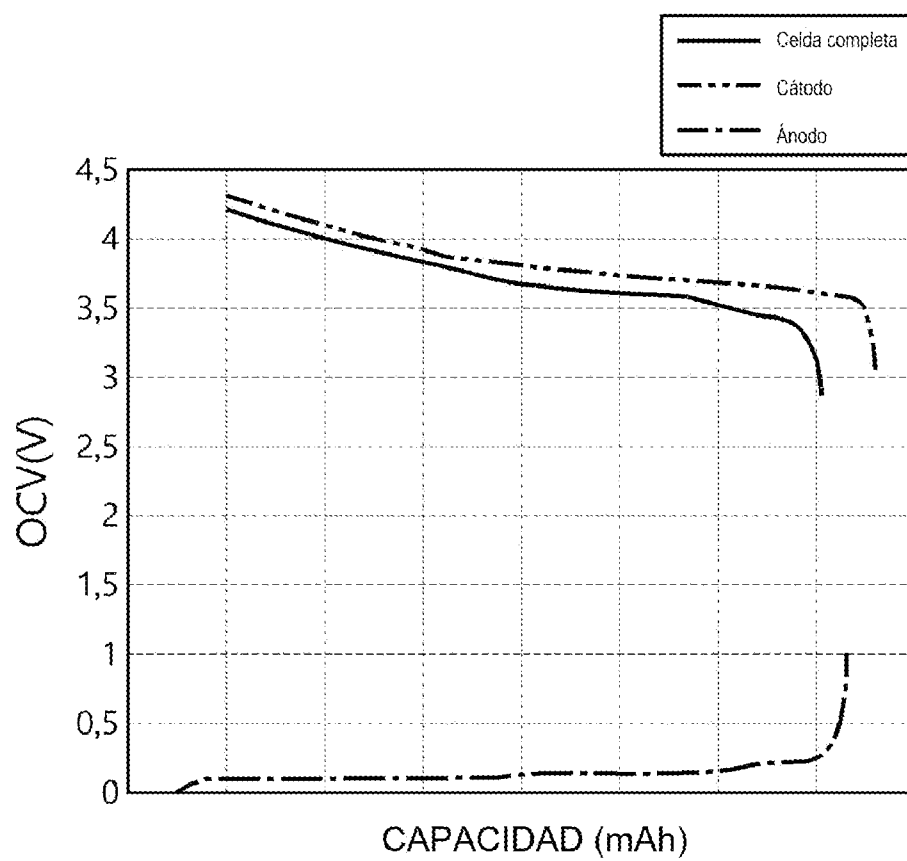


FIG. 3

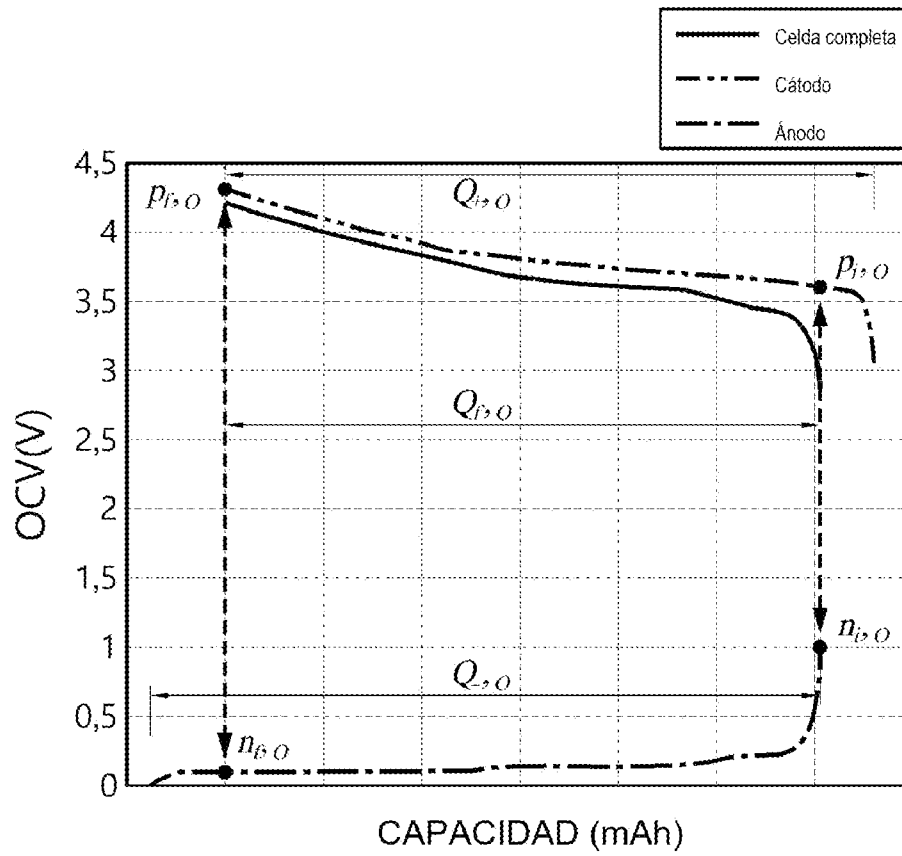


FIG. 4

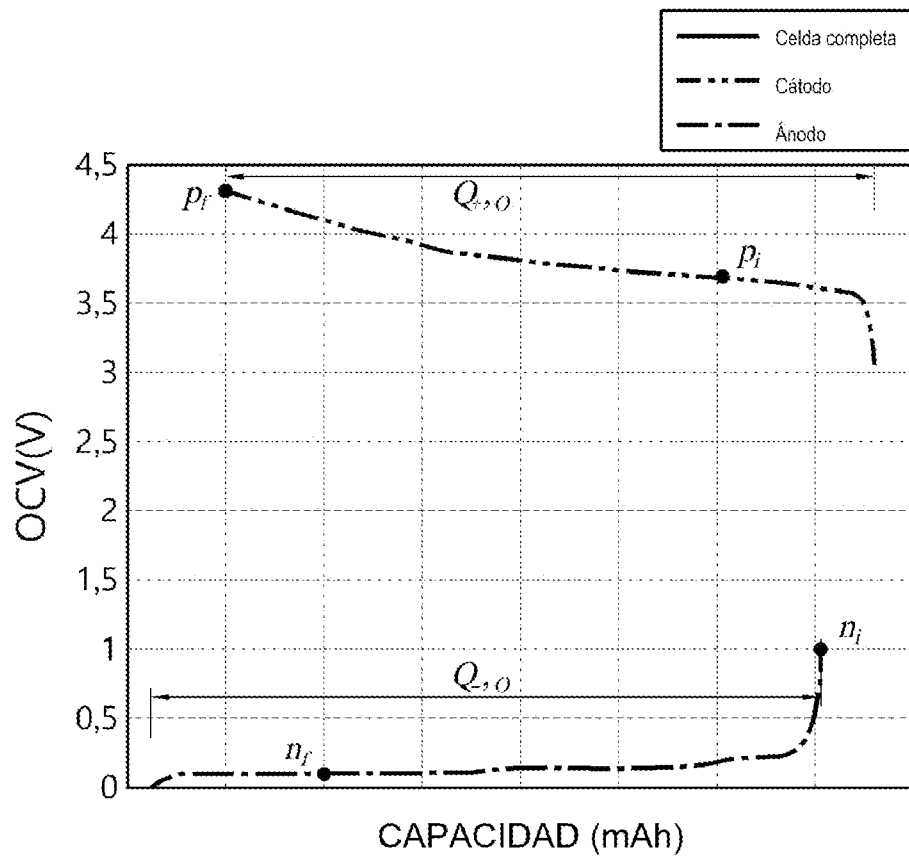


FIG. 5

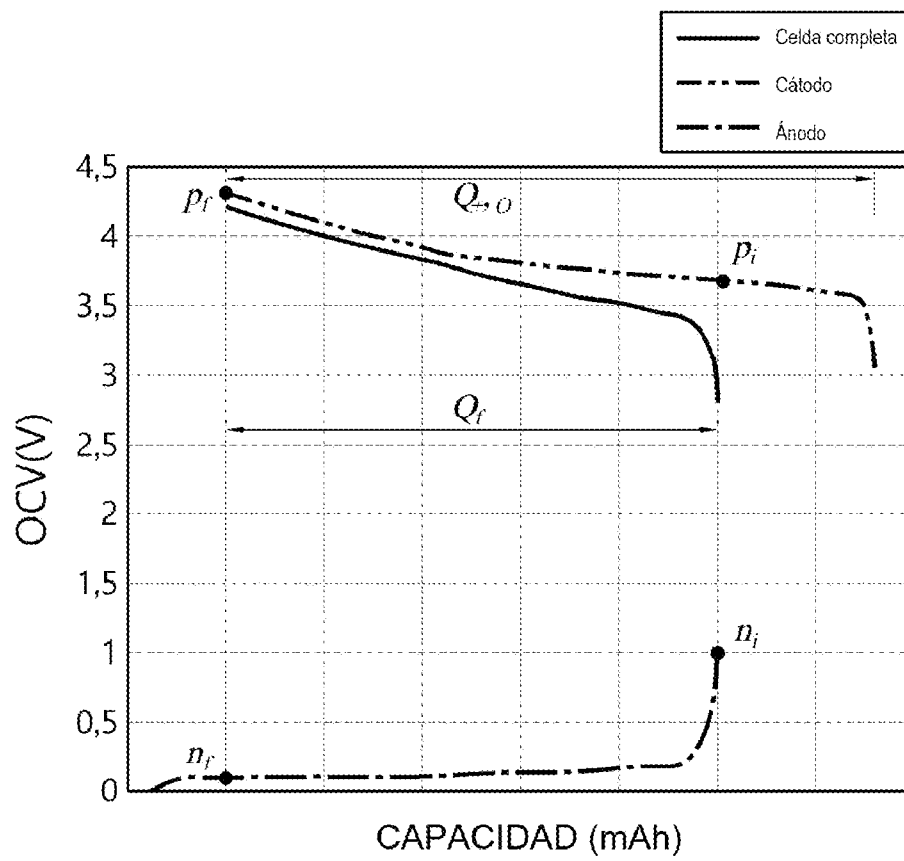


FIG. 6

