

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 801**

51 Int. Cl.:

H01M 10/48 (2006.01)

H01M 10/42 (2006.01)

G01R 31/382 (2009.01)

G01R 31/3842 (2009.01)

G01R 31/389 (2009.01)

G01R 31/36 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.08.2015** E 15181050 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019** EP 2990818

54 Título: **Sistema de medición de capacidad de batería secundaria y método de medición de capacidad de batería secundaria**

30 Prioridad:

01.09.2014 JP 2014177268

21.05.2015 JP 2015103851

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

29.06.2020

73 Titular/es:

YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION (100.0%)
9-32, Naka-cho 2-chome, Musashino-shi
Tokyo, JP

72 Inventor/es:

TORAI, SOICHIRO y
NAKAGOMI, MASARU

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 769 801 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de medición de capacidad de batería secundaria y método de medición de capacidad de batería secundaria

5 Campo de la técnica
La presente invención se refiere a un sistema de medición de capacidad de batería secundaria y a un método de medición de capacidad de batería secundaria, que miden el SOC (estado de carga –“state of charge”–) y la capacidad máxima de una batería secundaria.

10 Técnica relacionada
Las baterías secundarias que se cargan de forma repetida se utilizan como fuentes de suministro de potencia de accionamiento para motores de marcha de vehículos híbridos y de vehículos eléctricos, y, desde el punto de vista de su capacidad de uso a la hora de almacenar energía que no depende de los combustibles fósiles, tal como la generación de energía solar y la generación de energía eólica, que provocan un perjuicio relativamente pequeño al medio ambiente, han llegado a ser de un uso generalizado, tanto en la industria como en instituciones públicas y en los hogares ordinarios.

15 En general, estas baterías secundarias están constituidas como módulos de baterías mediante una conexión en serie de un número prescrito de celdas de batería, a fin de obtener la tensión de salida deseada, y se conectan en paralelo un número prescrito de módulos de batería que obtienen la tensión de salida prescrita, a fin de constituir un banco de baterías del que se obtiene una capacidad de corriente (Ah) prescrita.

20 Un indicador del comportamiento de una batería secundaria es la capacidad máxima de la batería. Esta capacidad máxima puede ser definida como una cantidad eléctrica (Ah) suministrada como salida durante el tiempo en que la tensión de circuito abierto de la batería se reduce desde la tensión máxima dentro de un intervalo de uso de la batería, hasta la tensión mínima utilizable.

25 Con la carga y la descarga reiteradas, la desactivación y las reacciones colaterales o secundarias de la sustancia activa que contribuye a la conductividad eléctrica provocan el deterioro de sus propiedades y la reducción gradual de la capacidad máxima. Las sustancias activas son los materiales del electrodo positivo y del electrodo negativo, por ejemplo, y, en el caso de una batería de iones de Li (litio), se utiliza un material de carbono para el electrodo negativo y se utiliza un óxido de metal de transición y litio para el electrodo positivo.

30 También, en una batería secundaria, debido a que existe una concentración de energía del material activado en regiones cercanas al límite inferior y al límite superior del SOC, que es la relación entre la capacidad restante de la batería y la capacidad máxima, el progreso del deterioro se acelera por la carga excesiva, o sobrecarga, y la descarga excesiva.

35 Por esta razón, en una batería secundaria, es necesario limitar la carga y la descarga a regiones cercanas a la tensión máxima y a la tensión mínima. Al funcionar dentro de un intervalo de SOC prescrito, es posible suprimir el deterioro progresivo y prolongar la vida útil de la batería secundaria, en comparación con el caso de que se lleve a cabo una sobrecarga y una descarga excesiva. En tal caso, encontrarse dentro del intervalo de SOC prescrito significa estar en el 50% ± 30% de la capacidad máxima, es decir, dentro de un intervalo entre aproximadamente el 20% y aproximadamente el 80%.

40 Para funcionar dentro de un intervalo de SOC prescrito, es importante capturar de manera precisa el SOC. El SOC puede determinarse acumulando las corrientes de carga y de descarga con respecto a la batería durante la carga y la descarga de la misma. Sin embargo, cuando se determina el SOC utilizando la corriente de carga / descarga, a lo largo de un funcionamiento a largo plazo de la batería se acumulan los errores en la conversión de A/D (analógica / digital) en el sensor de corriente. A fin de corregir tales errores, es necesario llevar a cabo en algún momento una operación de calibración del SOC. También, debido a que el SOC se define como la proporción de la capacidad residual con respecto a la capacidad máxima, la ganancia de una captura precisa del SOC hace esencial capturar de manera precisa la capacidad máxima de una batería secundaria cuando esta se deteriora.

45 Generalmente, esta capacidad máxima se obtiene cargando primeramente por completo la batería secundaria y, a continuación, descargando por completo la batería secundaria con una corriente (de descarga) muy pequeña, la cual se integra a lo largo del tiempo.

50 Por esta razón, por ejemplo, en el caso de un sistema de batería para uso en una instalación estacionaria, el intervalo del SOC en el modo de funcionamiento normal se abandona temporalmente y se realiza una conmutación de largo plazo del modo operativo a un modo de evaluación, en el que se lleva a cabo la medición de la capacidad máxima.

65

En este caso, cuanto mayor sea el tiempo requerido en el modo de evaluación, más grande se hará el tiempo que está detenido el funcionamiento de la batería secundaria, lo que conduce, en consecuencia, a una caída de la eficiencia operativa de la batería secundaria.

5 En el caso de que se determine la capacidad máxima de la batería secundaria, por lo tanto, es necesario estimar la capacidad máxima de una batería deteriorada en un tiempo breve y con un bajo coste, sin abandonar el intervalo de SOC en el modo de funcionamiento.

10 En la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2009-71986, se mide directamente la OCV (tensión en circuito abierto –“open-circuit voltaje”–) de una batería, y se estima la capacidad máxima de la batería secundaria por el cambio en la corriente acumulada cuando se carga en una región de OCV especificada (intervalo de tensiones prescrito).

15 En la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2014-119331, la dependencia de la corriente de carga de la OCV se cancela, y el SOC y la capacidad máxima se estiman simultáneamente optimizando la curva característica $dV / dSOC$ en función del SOC (la curva que indica la relación entre el resultado de tomar la derivada del valor de tensión V con respecto al SOC y el SOC).

20 En la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2014-2122, la capacidad máxima en el tiempo de medición real se estima a partir de la relación de correlación entre la capacidad realmente medida entre el 20%, o mayor, y el 70%, o menor, del SOC y la capacidad máxima cuando se deteriora.

25 En la publicación de Solicitud de Patente Japonesa N° 2010-217070, utilizando la caída de tensión sobre una región de SOC prescrita como cantidad característica, se estima la capacidad máxima de la batería secundaria a partir de la relación de correlación entre esta cantidad característica y la capacidad máxima cuando se deteriora.

30 En la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2013-19709, utilizando el valor de tensión de pico de la característica dQ/dV en función de V , tomada como cantidad característica, se estima la capacidad máxima de la batería secundaria a partir de la relación de correlación entre la cantidad característica y la capacidad máxima cuando se deteriora.

35 En la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2014-52186, utilizando la impedancia interna de la batería secundaria como cantidad característica, se estima la capacidad máxima de la batería secundaria a partir de la relación de correlación entre esta cantidad característica y la capacidad máxima cuando se deteriora.

40 Sin embargo, en el sistema de medición de capacidad de batería secundaria de la Publicación de Solicitud de Patente japonesa antes descrita, N° 2009-71986, a fin de medir la OCV con precisión, es necesario sujetar la corriente (detenerla) a 0 A durante un cierto periodo de tiempo. En un sistema de almacenamiento de energía para uso en una instalación estacionaria, podría haber una carga en la batería secundaria en todo momento, lo que haría imposible esperar que la corriente estuviera a 0 A durante mucho tiempo.

45 También, debido a que el valor absoluto de la OCV de la batería secundaria se mide directamente, en una batería secundaria que tiene una característica con una variación pequeña de la tensión con respecto al SOC, el cambio de la tensión es lento en relación con el deterioro de la capacidad máxima, y, debido a que la tensión no cambia en la misma medida en respuesta al cambio en la capacidad máxima, es difícil estimar la capacidad máxima con gran precisión.

50 En el sistema de medición de capacidad de batería secundaria de la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2014-119331, al concentrarse en la característica de la derivada en una región en la que el valor de la corriente es constante, se cancela la influencia de la caída de tensión, que depende del valor de la corriente ($I \times R(I)$). Optimizando la curva (curva derivada) de la característica $dV/dSOC$ en función del SOC, del valor de la tensión V de terminal a terminal, y el SOC en la región en la que el valor de la corriente es constante, se estiman simultáneamente el SOC y la capacidad máxima de la batería secundaria. En este caso, la característica $dV/dSOC$ en función del SOC indica la relación de correspondencia entre la $dV/dSOC$ y el SOC. En el caso de la
55 Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2014-119331, sin embargo, que no cambie la característica $dV/dSOC$ en función del SOC como consecuencia del deterioro de la batería secundaria es una premisa esencial. Por esta razón, si la forma de la curva que representa la característica $dV/dSOC$ en función del SOC, que es la referencia, cambia, es decir, si existe un cambio de tiempo en la relación de correspondencia entre la $dV/dSOC$ y el SOC, entonces utilizar la característica $dV/dSOC$ frente a SOC inicial de la batería es una causa de error a la
60 hora de estimar el SOC y la capacidad máxima de la batería secundaria.

65 La Figura 23 muestra la curva de la relación de correspondencia existente entre la $dV/dSOC$ y el SOC. La Figura 23 muestra un ejemplo del estado deteriorado de una batería secundaria determinado por experimentos, y en ella el eje vertical representa la $dV/dSOC$ en la batería secundaria y el eje horizontal representa el SOC (presentado en %) en la batería secundaria. La línea continua representa la curva de los valores iniciales de la batería

secundaria, y la línea de puntos representa la curva tras el deterioro de la batería secundaria. Como puede observarse en la Figura 23, si bien las formas de la curva de valores iniciales y de la curva tras el deterioro son cercanas, existen grandes diferencias de valores en los puntos de inflexión y similares. Por esta razón, si se utiliza como referencia la curva que representa la relación de correspondencia entre la característica $dV/dSOC$ y el SOC, se produce un error a la hora de estimar la capacidad máxima, tal como se ha hecho notar anteriormente.

En el sistema de medición de capacidad de batería secundaria de la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2014-2122, debido a que la capacidad máxima real medida se estima a partir de la relación de correlación existente entre la capacidad real medida y la capacidad máxima tras el deterioro, se consigue una reducción del tiempo de aproximadamente el 50%. Sin embargo, es necesario obtener por adelantado, por ejemplo, mediante experimentos, la relación de correlación entre la capacidad en una región prescrita de la batería secundaria y la capacidad máxima cuando se deteriora. Por esta razón, cuando se captan datos mediante experimentos, se requiere mucho tiempo para provocar el deterioro de la batería secundaria, y el tiempo que va desde el momento de obtener datos experimentales hasta el momento de obtener la relación de correlación es largo.

También, la batería utilizada no es la batería secundaria real que se ha de medir, sino, en lugar de ello, una batería secundaria del mismo tipo, de modo que las variaciones de fabricación significan que no se consigue una referencia correspondiente a la batería que se está midiendo, y se producen errores en la estimación.

Cada una de las Publicaciones de Solicitud de Patente japonesa N° 2010-217070, N° 2013-19709 y N° 2014-52186 requiere de la obtención previa de la relación de correlación entre las cantidades características que se han de medir y la capacidad máxima cuando se produce el deterioro. Por esta razón, similarmente al caso de la Publicación de la Solicitud de Patente japonesa N° 2014-2122, se necesita mucho tiempo cuando se toman datos mediante experimentos y para hacer que la batería secundaria se deteriore, de manera que el tiempo requerido para el proceso que va desde la captación de datos mediante experimentos hasta la obtención de la relación de correlación es largo, y el coste de desarrollo se incrementa. También, debido a que la batería que se utiliza no es la batería secundaria real que se ha de medir, sino, en lugar de esto, una batería secundaria del mismo tipo, las variaciones de fabricación significan que no se consigue una referencia correspondiente a la batería que se está midiendo, y se producen errores en la estimación. De manera adicional, en la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2014-52186, debido a que debe incorporarse un dispositivo para medir la impedancia en la batería secundaria, se produce un incremento adicional de coste.

El documento US 2013/119940 A1 divulga un sistema de control para una batería secundaria de litio, el cual puede detectar cuantitativamente un estado de deterioro inherente a una batería secundaria de litio utilizando óxido de silicio como material activo del electrodo negativo, esto es, el estado de reacción no uniforme de un electrodo negativo. Un sistema de control para una batería secundaria de litio que incluye un electrodo positivo, un electrodo negativo que utiliza óxido de silicio como material activo de electrodo negativo, y un electrodo de referencia de litio que tiene un potencial de referencia con respecto al electrodo negativo, incluye medios de medición para medir la tensión V del electrodo negativo con respecto al electrodo de referencia de litio, así como una capacidad de descarga Q de la batería secundaria de litio durante la descarga de la batería secundaria de litio; medios de generación para generar una curva $V-dQ/dV$ que representa la relación existente entre dQ/dV , que es la proporción entre una magnitud de cambio dQ de la capacidad de descarga Q con respecto a una magnitud de cambio dV de la tensión, y la tensión V ; medios de cálculo para calcular la relación de intensidades de dos picos que aparecen en la curva $V-dQ/dV$ para dos valores de tensión de la tensión V ; y medios de detección, destinados a detectar el estado del electrodo negativo utilizando la relación de intensidades.

Compendio

Las realizaciones de la presente invención están destinadas a proporcionar un sistema de medición de capacidad de batería secundaria y un método de medición de capacidad de batería secundaria que estimen, de forma simple y en un breve periodo de tiempo, el SOC y la capacidad máxima de una batería sin tener que obtener por adelantado la relación de correlación existente entre una cantidad característica del objeto bajo medición y la capacidad máxima cuando se deteriora, y sin tener que abandonar el intervalo operativo del SOC.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema de medición de capacidad de batería secundaria según se establece en la reivindicación independiente 1, así como un método de medición de capacidad de batería secundaria según se establece en la reivindicación independiente 16. Desarrollos ventajosos se definen en las reivindicaciones dependientes.

Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, a condición de que la batería se haga funcionar en un modo normal, es posible estimar, de forma simple y en un corto periodo de tiempo, el SOC y la capacidad máxima de una batería sin tener que obtener de antemano la relación de correlación existente entre una cantidad característica del objeto bajo medición y la capacidad máxima cuando se deteriora, y sin tener que abandonar el intervalo de funcionamiento del SOC.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un dibujo que muestra la correspondencia entre la primera curva de derivada de referencia y las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas de cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo.

5 La Figura 2 es un dibujo que describe la generación de la primera curva de referencia mediante un ajuste de la curva de derivada característica utilizando valores realmente medidos.

La Figura 3 es un dibujo que muestra un ejemplo de la configuración de un sistema de medición de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

La Figura 4 es un dibujo que muestra un ejemplo de la configuración de una computadora de SOC 15 mostrada en la Figura 3, de la primera realización.

10 La Figura 5 es un dibujo que muestra un ejemplo de la configuración de una computadora de capacidad máxima 16 mostrada en la Figura 3, de la primera realización.

La Figura 6 es un diagrama de flujo que muestra las operaciones de medición del valor de tensión V y del valor de corriente I .

15 La Figura 7 es un dibujo que describe la evaluación acerca de si se puede hacer o no la estimación del SOC y de la capacidad máxima a partir de la primera curva característica de derivada parcial obtenida.

La Figura 8 es un dibujo que describe el procedimiento para determinar si es posible o no computar el SOC mediante una segunda condición de evaluación de capacidad de computación del SOC.

Las Figuras 9A y 9B son dibujos que describen el procedimiento de ajuste de una segunda curva característica de derivada parcial a la segunda curva de derivada de referencia.

20 La Figura 10 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de la operación de estimar el SOC utilizando la primera curva característica de derivada parcial y la segunda curva característica de derivada parcial de la primera realización.

La Figura 11 es un dibujo que describe la reconstrucción de la primera curva de derivada de referencia mediante un dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia.

25 La Figura 12 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de operación en el procedimiento de estimar la capacidad máxima Q_{max} utilizando la primera curva característica de derivada parcial y la segunda curva característica de derivada parcial.

La Figura 13 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de operación en el procedimiento de reestimar el SOC utilizando la primera curva característica de derivada parcial y la segunda curva característica de derivada parcial.

30 La Figura 14 es un dibujo que muestra un ejemplo de la configuración de un sistema de medición de capacidad de batería secundaria de acuerdo con una segunda realización de la presente invención.

La Figura 15 es una tabla proporcionada a modo de ejemplo que muestra la cuantificación del grado de deterioro del electrodo positivo y del electrodo negativo de una batería.

35 La Figura 16 es un dibujo que describe un refrescamiento del efecto de memoria en una curva característica de derivada parcial correspondiente a las primeras curvas de derivada de referencia obtenidas sintetizando curvas de derivada de forma de onda independientes de un electrodo positivo y de un electrodo negativo.

40 La Figura 17 es un dibujo que describe un refrescamiento del efecto de memoria en una curva característica de derivada parcial correspondiente a las primeras curvas de derivada de referencia obtenidas sintetizando curvas de derivada de forma de onda independientes de un electrodo positivo y de un electrodo negativo.

La Figura 18 es un dibujo que muestra un ejemplo de la configuración de un sistema de medición de capacidad de batería secundaria de acuerdo con una tercera realización de la presente invención.

45 La Figura 19 es un dibujo que muestra un ejemplo de la configuración de una computadora de SOC 15B mostrada en la Figura 18, perteneciente a la tercera realización.

La Figura 20 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de operación en el procedimiento de estimar el SOC utilizando la primera curva característica de derivada parcial y la segunda curva característica de derivada parcial, en la tercera realización.

50 La Figura 21 es un dibujo que muestra un ejemplo de la configuración de una computadora de capacidad máxima 16B mostrada en la Figura 18, en la tercera realización.

La Figura 22 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de la operación en el procedimiento de estimar la capacidad máxima utilizando la primera curva característica de derivada parcial y la segunda curva característica de derivada parcial, en la tercera realización.

55 La Figura 23 es un dibujo que muestra curvas de la relación de correspondencia entre la $dV/dSOC$ y el SOC.

Realizaciones

60 La referencia que se utiliza en la presente invención a la hora de determinar el SOC y la capacidad máxima de una batería tal como una batería secundaria, se genera a partir de la curva de derivada de un modelo de forma de onda independiente, mediante las derivadas del valor de tensión V y del de capacidad Q por los electrodos positivo y negativo, determinadas por simulación utilizando la característica de material de cada uno de los electrodos positivo y negativo de la batería secundaria.

65 Es decir, el electrodo positivo y el electrodo negativo de la batería secundaria tienen curvas de derivada de forma

de onda características independientes como modelos de separación de forma de onda para cada uno de ellos, debido a un fenómeno de transición de fase característico de cada uno de los materiales de electrodo (por ejemplo, la curva de derivada que representa la correspondencia entre el valor de la derivada dQ/dV y el valor de tensión V). Estas curvas de derivada de forma de onda independientes para el electrodo positivo y el electrodo negativo tienen diferentes picos característicos. En este caso, funcionan de manera tal, que puede utilizarse la función gaussiana o la función lorentziana, o bien funciones que incluyen un factor de asimetría, para expresar los modelos de forma de onda independientes que se obtienen del electrodo positivo y del electrodo negativo. Es decir, las curvas de derivada de forma de onda independientes del electrodo individual, para cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo, están formadas de manera que sean aproximadas por una función correspondiente a cada uno de los picos. Si, por ejemplo, las curvas de derivada de forma de onda independientes del electrodo individual tienen tres picos, cada una de la primera función a la tercera función, correspondiente a cada uno de los picos, sintetiza estas curvas de derivada de forma de onda independientes.

Por lo tanto, la curva de derivada característica de las formas de onda sintetizadas a partir de la curva de derivada de forma de onda independiente, aproximada por una función de pico, puede apreciarse como la característica (curva de derivada) de la batería en su conjunto, constituida por el electrodo positivo y el electrodo negativo. Por esta razón, las curvas de derivada de forma de onda independientes del electrodo individual, para cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo, se determinan, cada una de ellas, por una simulación, de tal manera que, utilizando las ecuaciones arbitrarias antes descritas, se lleva a cabo el ajuste con datos realmente medidos en los que las curvas de derivada características de las ondas sintetizadas son realmente medidas. Las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, que están constituidas por síntesis mediante funciones, son entonces sintetizadas para generar la curva de derivada característica que indica la correspondencia entre el valor de la derivada dQ/dV y el valor de tensión V , por lo que respecta a una batería. La curva de derivada característica que indica la correspondencia entre el valor de la derivada dQ/dV y el valor de la tensión V , se toma como primera curva de derivada de referencia. En la primera curva de derivada de referencia, la capacidad máxima Q_{\max} de la batería se estima (computa) integrando el valor de la derivada dQ/dV por el valor de la tensión V en todo el intervalo de tensiones de uso (tensión operativa).

La Figura 1 muestra la correspondencia existente entre la primera curva de derivada de referencia y las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas de cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo, en la realización de la presente invención. En la Figura 1, el eje vertical representa el valor de la derivada dQ/dV y el eje horizontal representa el valor de la tensión V . La curva L1 indica la curva de derivada de forma de onda independiente obtenida del electrodo positivo. La curva L2 indica la curva de derivada de forma de onda independiente obtenida del electrodo negativo, y la curva L3 indica la curva de derivada característica obtenida sintetizando las curvas L1 y L2. Si la tensión que va de 3,0 V a 4,0 V se encuentra dentro del intervalo de tensiones en el que es posible la alimentación a la carga, la capacidad suministrada dentro del intervalo de tensiones entre 3,0 V y 4,0 V es la capacidad máxima Q_{\max} en las especificaciones de esta batería. Se proporciona, abajo, un eje que representa el SOC, paralelo con el eje horizontal, y este indica la proporción de la capacidad restante a cada tensión, con respecto a la capacidad máxima antes mencionada Q_{\max} .

La Figura 2 describe la generación de la primera curva de referencia mediante un ajuste de la curva de derivada característica utilizando valores realmente medidos. En la Figura 2, el eje vertical representa el valor de la derivada dQ/dV y el eje horizontal representa el valor de la tensión V . La línea continua (curva L3) indica la curva de derivada característica, y la línea discontinua (L4) indica la curva de derivada característica medida, determinada por medición real de la batería.

Después de generar la curva de derivada característica L3 por síntesis de las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, la curva de derivada característica es ajustada utilizando la curva de derivada característica medida L4. En este caso, se ajustan los parámetros de las funciones que representan cada una de las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, que forman la curva de derivada característica. Se realiza una optimización con respecto a la curva de derivada característica medida, de la curva de derivada característica L3, sintetizada a partir de las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo. Los parámetros de las funciones antes referidas son, por ejemplo, las alturas de pico, las anchuras de pico y las distancias entre picos.

Es decir, los parámetros de las funciones de cada una de las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo son ajustados para llevar a cabo un ajuste entre la curva de derivada característica L3 y la curva de derivada característica medida L4. Se sintetizan entonces las curvas de derivada de forma de onda independientes ajustadas, obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, y el procedimiento para generar una nueva curva de derivada característica y para comparar esa curva de derivada característica con la curva de derivada característica medida, se lleva a cabo de forma repetida hasta que el valor absoluto de la diferencia (error) entre la curva de derivada característica y la curva de derivada característica medida se minimiza, con lo que se optimiza la forma de la curva de derivada

característica de tal manera que se aproxima a la curva de derivada característica medida. En las realizaciones de la presente invención, se hace referencia a la curva de derivada característica, en el instante de tiempo en que el valor absoluto de la diferencia es mínimo, como primera curva de derivada de referencia.

5 En la Figura 2, las regiones sombreadas comprendidas en el intervalo entre 3,0 V y 3,2 V y en el intervalo entre 3,8 V y 4,0 V indican intervalos en los cuales la diferencia entre la curva de derivada característica obtenida por simulación y la curva de derivada característica medida es grande, lo que hace el ajuste difícil. Es decir, las regiones sombreadas comprendidas en el intervalo entre 3,0 V y 3,2 V y en el intervalo entre 3,8 V y 4,0 V son regiones en las que la representación por simulación utilizando un modelo de forma de onda independiente es difícil. En consecuencia, si una primera curva de derivada de referencia generada únicamente por medio del ajuste de la curva de derivada característica determinada por simulación, se utiliza para determinar la capacidad máxima Q_{max} , entonces una diferencia de la capacidad Q de las partes sombreadas de la Figura 2 está incluida dentro de la capacidad máxima Q_{max} determinada integrando el valor de la derivada dQ/dV a lo largo del intervalo de tensiones en uso.

15 Por esta razón, en las realizaciones de la presente invención, en la primera curva de derivada de referencia, dentro de las zonas correspondientes a las regiones sombreadas, se realiza el reemplazo por los valores medidos en regiones correspondientes de las curvas de derivada características realmente medidas. Se ha determinado por experimentos que, en una región en la que la diferencia es grande en comparación con otras regiones, el cambio debido al deterioro es muy pequeño, de tal modo que, en comparación con el uso de una curva de derivada característica determinada por simulación, es posible suprimir la diferencia en la capacidad máxima Q_{max} .

20 Asimismo, para simplificar el tratamiento, puede determinarse una primera curva de derivada de referencia utilizando únicamente una curva de derivada característica, determinada por simulación, y utilizarse.

25 En el caso de una batería secundaria de iones de litio, debido a las ligeras diferencias en las cantidades de material activado y previamente al dopaje en el momento de la fabricación de la batería, incluso en los mismos lotes, podrían existir ligeras diferencias individuales de un producto a otro dentro en cuanto a la capacidad máxima Q_{max} . Estas se atribuyen a la diferencia de características entre productos individuales dentro de las regiones en las que la pendiente es acusada en los dos extremos de la curva que representa la relación existente entre la capacidad Q y la tensión V. Las regiones de los dos extremos de la curva que representa la relación entre la capacidad Q y el valor de tensión V son regiones en las que existe un gran cambio de tensión y en las cuales ligeras diferencias en la magnitud previa al dopaje en el electrodo positivo y el electrodo negativo de la batería causan grandes diferencias en las características.

30 Como se ha descrito anteriormente, debido a que se trata de regiones que son altamente sensibles, resulta muy difícil realizar una representación sintetizando un modelo de separación de forma de onda.

35 En las realizaciones de la presente invención, si los datos iniciales de las regiones en pendiente de cada extremo de la curva que representa la relación entre la capacidad Q y el valor de tensión V de una batería individual, se captan de antemano, la característica fuera de una región de tensiones establecida de antemano mediante límites ($V_{inferior}$ y $V_{superior}$), tal y como se ha descrito anteriormente, puede ser construida utilizando una curva de la característica entre la capacidad Q y el valor de tensión V medida y almacenada de antemano.

40 Es decir, en las realizaciones de la presente invención, en una región en la que la representación mediante síntesis de un modelo de separación de forma de onda resulta difícil, es posible realizar una estimación más precisa de la capacidad máxima Q_{max} si se construye el modelo de la primera curva de derivada de referencia utilizando datos iniciales realmente medidos de la batería.

45 En lo que sigue se describirá un sistema de medición de capacidad de batería secundaria de acuerdo con una realización de la presente invención, que utiliza el modelo de separación de forma de onda anteriormente descrito, haciendo referencias a los dibujos. La Figura 3 muestra un ejemplo de la configuración del sistema de medición de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la primera realización de la presente invención. Un sistema de medición 1 de capacidad de batería secundaria tiene un conversor de A/D 11, un procesador de promediado 12, un conversor de datos 13, una entrada / salida 14, una computadora de SOC 15, una computadora de máxima capacidad 16, un controlador 17, un dispositivo de almacenamiento 19-1 de datos de característica, un dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos de medición, y un dispositivo de almacenamiento 19-3 de valores estimados. Un módulo de baterías 2 está constituido por un sensor de corriente 21 y una pluralidad de baterías 22, y suministra potencia eléctrica a una carga (no mostrada). En este caso, el sensor de corriente 21 mide el valor de corriente I que fluye por el módulo de baterías 2. Un sensor de tensión 3 mide la tensión entre terminales del módulo de baterías 2, que es el valor de tensión de todas las baterías conectadas o la tensión a través de los terminales de cada batería individual 22 que constituye el módulo de baterías 2. Un sistema de control 4 de baterías controla las operaciones de carga y descarga del módulo de baterías 2 por medio del SOC, así como la capacidad máxima Q_{max} suministrada desde el sistema de medición 1 de capacidad de

batería secundaria.

5 El conversor de A/D 11 muestrea el valor de tensión V medido por el sensor de tensión 3, y el valor de corriente I medido por el sensor de corriente 21, en un periodo de muestreo prescrito, y convierte los valores medidos de los datos analógicos muestreados, en datos digitales.

10 El procesador de promediado 12 lleva a cabo un tratamiento de promediado en cada uno de los valores de corriente I y los valores de tensión V realmente medidos y convertidos en datos digitales, y suministra como salida el resultado. Por ejemplo, a fin de reducir el número de puntos de datos, el tratamiento de promediado se lleva a cabo en datos digitales para 10 periodos de muestreo, de tal manera que la cantidad de datos es 1/10 con respecto al periodo de muestreo. Este tratamiento de promediado utiliza un promediado tal como un promediado por fragmentos o un promediado en movimiento. El procesador de promediado 12 integra el valor de corriente I sobre un periodo de tiempo prescrito y computa la capacidad Q como la magnitud de variación de la capacidad a lo largo de ese periodo de tiempo prescrito.

15 El conversor de datos 13, utilizando el valor de tensión V promediado y la capacidad Q computada, genera un conjunto de datos que indica la correspondencia entre el valor de la derivada dQ/dV obtenido tomando la derivada de la capacidad Q utilizando el operador diferencial d/dV , el valor de tensión V y el valor de corriente I, y suministra este como salida en secuencia temporal, a la entrada / salida 14.

20 El conversor de datos 13, utilizando el valor de tensión V promediado y la capacidad Q computada, genera un conjunto de datos que indica la correspondencia entre el valor de la derivada dV/dQ obtenido tomando la derivada de la capacidad Q utilizando el operador diferencial d/dQ , la capacidad Q y el valor de corriente I, y suministra este como salida en secuencia temporal, a la entrada / salida 14.

25 La entrada / salida 14 inscribe en el dispositivo de almacenamiento de datos de medición, y almacena en este, cada una de las secuencias temporales del conjunto de datos del valor de derivada dQ/dV y del valor de tensión V, y del valor de derivada dV/dQ y de la capacidad Q que son suministrados desde el conversor de datos 13. En este caso, el dispositivo de almacenamiento de datos de medición tiene una capacidad de almacenamiento para los conjuntos de datos de un periodo de tiempo prescrito. El dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos de medición es, por ejemplo, un registro de almacenamiento intermedio de anillo, que almacena un conjunto de datos de secuencia temporal durante un tiempo de una hora y, si se supera una hora, sobrescribe sobre el conjunto de datos antiguo con el nuevo conjunto de datos.

30 La entrada / salida 14 suministra como salida el SOC estimado por la computadora de SOC 15 que se describirá más adelante, y la capacidad máxima Q_{max} estimada por la computadora de capacidad máxima 16, al sistema de control 4 de baterías.

35 La computadora de SOC 15 estima el SOC utilizando una primera curva característica de derivada parcial, formada a partir de un grupo de datos a lo largo de un periodo de tiempo prescrito, de un conjunto de datos que indica la correspondencia existente entre el valor de la derivada dQ/dV y el valor de la tensión V, y una segunda curva característica de derivada parcial, formada a partir de un grupo de datos a lo largo de un periodo de tiempo prescrito, de un conjunto de datos que indica la correspondencia entre el valor de la derivada dV/dQ y la capacidad Q. La computadora de SOC 15 realiza una estimación (que se describirá más adelante) acerca de si puede estimarse o no el SOC, utilizando la primera curva de derivada de referencia y la primera curva característica de derivada parcial. La computadora de SOC 15 estima el SOC utilizando una segunda curva de derivada de referencia y la segunda curva característica de derivada parcial. La segunda curva de derivada de referencia es una curva de derivada que indica la correspondencia entre el valor de la derivada dV/dQ , determinado utilizando, como referencia, la primera curva de derivada de referencia, y la capacidad Q.

40 La computadora de SOC 15 inscribe en el dispositivo de almacenamiento 19-3 de valores estimados, y almacena en este, el SOC que se acaba de estimar.

45 Utilizando la primera curva característica de derivada parcial, formada a partir de un grupo de datos a lo largo de un periodo de tiempo prescrito, de la secuencia temporal de un conjunto de datos que indica la correspondencia entre el valor de la derivada dQ/dV y el valor de la tensión V, y la segunda curva característica de derivada parcial, formada a partir de un grupo de datos a lo largo de un periodo de tiempo prescrito, de la secuencia temporal de un conjunto de datos que indica la correspondencia entre el valor de la derivada dV/dQ y la capacidad Q, la computadora de capacidad máxima 16 estima la capacidad máxima Q_{max} , e inscribe y almacena en el dispositivo de almacenamiento 19-3 de valores estimados la capacidad máxima Q_{max} que se acaba de estimar.

50 El controlador 17 está constituido por una CPU (unidad central de procesamiento –“central processing unit”–) o dispositivo similar y controla el funcionamiento de las diversas partes del sistema de medición 1 de capacidad de batería secundaria.

Cada una de las primeras curvas de derivada de referencia y las segundas curvas de derivada de referencia se inscribe y almacena en el dispositivo de almacenamiento 19-1 de datos de característica.

5 El dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos de medición es un registro de almacenamiento intermedio de anillo que almacena un conjunto de datos de secuencia temporal para un intervalo prescrito de un cierto tiempo, y, si se supera un cierto tiempo, sobrescribe sucesivamente sobre el conjunto de datos antiguo con el nuevo conjunto de datos.

10 Cada uno de entre la capacidad máxima Q_{max} especificada y el SOC se almacena en el dispositivo de almacenamiento 19-3 de valores estimados.

15 La Figura 4 muestra un ejemplo de la configuración de la computadora de SOC 15 de la Figura 3 en las realizaciones de la presente invención. La computadora de SOC 15 tiene un dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151, una computadora de error de SOC 152, un procesador de optimización de SOC 153, un dispositivo determinador de SOC 154 y un dispositivo de reestimación de SOC 155.

20 La Figura 5 muestra un ejemplo de la configuración de la computadora de capacidad máxima 16 de la Figura 3 en las realizaciones de la presente invención. La computadora de capacidad máxima 16 tiene un dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161, una computadora de error de capacidad máxima 162, un procesador de optimización de capacidad máxima 163, un dispositivo reconstructor de curva de derivada de referencia 164, y un dispositivo determinador de capacidad máxima 165.

(Medición del valor de tensión V y del valor de corriente I)

25 El convertor de A/D 11 muestrea cada uno del valor de tensión V suministrado como salida por el sensor de tensión 3, y el valor de corriente I suministrado como salida por el sensor de corriente 21, con un periodo de muestreo prescrito.

30 El convertor de A/D 11 convierte entonces cada uno del valor de tensión V y el valor de corriente I muestreados de datos analógicos en datos digitales, y los suministra como salida al procesador de promediado 12.

35 El procesador de promediado 12 lleva a cabo un tratamiento de promediado, utilizando un método de promediado prescrito, en cada uno de los valores de tensión V y los valores de corriente I realmente medidos y convertidos en datos digitales, y suministra como salida el resultado al convertor de datos 13. El procesador de promediado 12 integra el valor de corriente I a lo largo de un periodo de tiempo de promediado, y computa la capacidad Q como la magnitud de variación de la capacidad a lo largo de ese periodo de tiempo prescrito.

40 El convertor de datos 13, que utiliza el valor de tensión V promediado y la capacidad Q computada, genera un conjunto de datos que indica la correspondencia existente entre el valor de la derivada dQ/dV obtenido tomando la derivada de la capacidad Q haciendo uso del operador diferencial d/dV , el valor de la tensión V y el valor de la corriente I, y suministra estos como salida en secuencia temporal, a la entrada / salida 14.

45 El convertor de datos 13, que utiliza el valor de tensión V promediado y la capacidad Q computada, genera un conjunto de datos que indica la correspondencia existente entre el valor de la derivada dV/dQ obtenido tomando la derivada de la capacidad Q haciendo uso del operador diferencial d/dQ , y el valor de la corriente I, y suministra este como salida en secuencia temporal, a la entrada / salida 14.

50 La Figura 6 es un diagrama de flujo que muestra la operación de medición del valor de la tensión V y del valor de la corriente I.

Etapa S101:

55 El controlador 17 determina si se ha medido o no un conjunto formado por un cierto número de cada uno de entre los valores de tensión V y los valores de corriente I, suficiente para hacer posible la estimación del SOC y de la capacidad máxima Q_{max} .

Cuando se lleva esto a cabo, si se ha medido un conjunto formado por un cierto número de cada uno de entre los valores de tensión V y los valores de corriente I, suficiente para hacer posible la estimación del SOC y de la capacidad máxima Q_{max} , el controlador 17 que efectúa el procedimiento prosigue por la etapa S106.

60 Si, con todo, no se ha medido ningún conjunto formado por un cierto número de cada uno de entre los valores de tensión V y los valores de corriente I, suficiente para hacer posible la estimación del SOC y de la capacidad máxima Q_{max} , el controlador 17 que efectúa el procedimiento prosigue por la etapa S102.

Etapa S102:

65 El convertor de A/D 11 muestrea el valor de corriente I suministrado como salida desde el sensor de corriente 21

y el valor de tensión V suministrado como salida desde el sensor de tensión 3, y convierte cada uno de los datos analógicos del mismo en datos digitales.

Etapa S103:

5 El procesador de promediado 12 promedia cada uno de los valores de corriente I y de los valores de tensión V a lo largo de un periodo prescrito de tiempo, con lo que se reduce el número de datos.

El procesador de promediado 12 integra los valores de corriente I a partir de los datos de tiempo y computa la capacidad Q, que varía a lo largo del periodo de tiempo rescrito antes señalado.

10 Etapa S104:
El conversor de datos 13 computa cada uno de los valores de la derivada dQ/dV obtenidos tomando la derivada de la capacidad Q utilizando el operador diferencial d/dV y el valor de la derivada dV/dQ , obtenido tomando la derivada del valor de la tensión V utilizando el operador diferencial d/dQ .

15 El conversor de datos 13 suministra entonces como salida el conjunto de datos del valor de la tensión V, del valor de la corriente I, de la capacidad Q, del valor de la derivada dQ/dV y del valor de la derivada dV/dQ en secuencia temporal, a la entrada / salida 14.

20 Etapa S105:

El controlador 17 inscribe y almacena en el dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos de medición, en secuencia temporal, el conjunto de datos formado por el valor de tensión V, el valor de corriente I, la capacidad Q, el valor de la derivada dQ/dV y el valor de la derivada dV/dQ suministrados como salida a la entrada / salida 14 (acumulación de datos).

25 El controlador 17 se remite entonces a la etapa S101.

Etapa S106:

30 Debido a que se ha medido y acumulado en el dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos de medición un conjunto de valores de tensión V y de valores de corriente I de un número que permite la estimación de cada uno del SOC y de la capacidad máxima Q_{max} , el controlador 17 suministra como salida a la computadora de SOC 15 y a la computadora de capacidad máxima 16 una señal de control que indica que el procedimiento de estimación es posible.

35 El controlador 17 que realiza el procedimiento prosigue entonces por la etapa S107.

40 Debido a que cada una de la etapa S107 a la etapa S110 es la misma que de la etapa S102 a la etapa S105, respectivamente, las descripciones de estas se omitirán. En este caso, una vez completado el procedimiento de la etapa S110, el controlador 17 que realiza el procedimiento prosigue por la etapa S111.

Etapa S111:

El controlador 17 determina si se ha de poner fin o no al modo de evaluación en el que se llevan a cabo las estimaciones de SOC y de la capacidad máxima Q_{max} .

45 Una vez llevado esto a cabo, si no se ha de poner fin al modo de evaluación, el controlador 17 que efectúa el procedimiento prosigue por la etapa S107, y si se ha de poner fin al modo de evaluación, prosigue por la etapa S112.

50 En lo que respecta a si se ha de poner fin o no al modo de evaluación, la configuración puede ser una en la que la evaluación se realiza por medio de un señalizador establecido por el usuario. Es decir, el controlador 17 establece un señalizador que indica el modo de evaluación en caso de que el usuario establezca el modo de evaluación, y quita el señalizador si el usuario realiza un ajuste para poner fin al modo de evaluación. Esto permite una fácil detección de que el modo de funcionamiento es el modo de evaluación si se pone el señalizador, y de que no es el modo de evaluación, sino, en lugar de ello, el modo normal, si se quita el señalizador.

55 Etapa S112:

El controlador 17 suministra como salida una señal de control que indica el final de la estimación del SOC y de la capacidad máxima Q_{max} a la computadora de SOC 15 y a la computadora de capacidad máxima 16.

60 Esto hace que la computadora de SOC 15 ponga fin al procedimiento de estimación del SOC, y que la computadora de capacidad máxima 16 ponga fin al procedimiento de estimación de la capacidad máxima Q_{max} .

(Estimación del SOC)

65 Se describirá en lo que sigue el procedimiento para estimar el SOC en las realizaciones de la presente invención, haciendo referencia a la Figura 3 y a la Figura 4. El dispositivo determinador de capacidad de computación de

- 5 SOC 151 lee en el dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos de medición el grupo de datos a lo largo de un periodo de tiempo prescrito para un conjunto de datos que indica la correspondencia existente entre el valor de la derivada dQ/dV y el valor de la tensión V , y genera la primera curva característica de derivada parcial a partir de ese grupo de datos. El dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 determina entonces si la primera curva característica de derivada parcial puede ser utilizada o no para estimar el SOC. Es decir, el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 compara el primer umbral del valor de la derivada dQ/dV que había sido establecido de antemano, con el valor de la derivada dQ/dV en la primera curva característica de derivada parcial.
- 10 La Figura 7 describe la evaluación sobre si es posible o no estimar el SOC y la capacidad máxima Q_{max} a partir de la primera curva característica de derivada parcial captada. En la Figura 7, el eje vertical representa el valor de la derivada dQ/dV , y el eje horizontal representa el valor de la tensión V . En la Figura 7, el primer umbral del valor de la derivada dQ/dV se establece de antemano en un valor que presenta una pequeña magnitud de cambio de la capacidad Q con respecto a un cambio en el valor de la tensión V , y también un valor que hace pequeña la sensibilidad al deterioro. Es decir, cuanto mayor es el valor de la derivada dQ/dV con respecto al primer umbral, más fuerte es la intensidad de pico del valor de la derivada dQ/dV . Una región en la que la primera intensidad de pico del valor de la derivada dQ/dV es alta, en comparación con una región en la que la intensidad de pico es baja, tiene un valor absoluto grande de sensibilidad al deterioro y una contribución importante a una gran capacidad. En contraste con esto, cuanto menor es el valor de la derivada dQ/dV con respecto al primer umbral, más baja es la intensidad de pico del valor de la derivada dQ/dV . Una región en la que la intensidad de pico del valor de la derivada dQ/dV es baja, en comparación con una región en la que la intensidad de pico de la misma es alta, tiene un pequeño valor absoluto de sensibilidad al deterioro y una contribución pequeña a una capacidad grande. Por esta razón, es posible estimar el SOC con una elevada precisión mediante el uso de la primera curva característica de derivada parcial formada por el valor de la derivada dQ/dV , que tiene una baja sensibilidad con respecto al deterioro, más baja que el primer umbral. En contraste con esto, es posible estimar la capacidad máxima Q_{max} con una alta precisión haciendo uso de la primera curva característica de derivada parcial constituida por el valor de la derivada dQ/dV , que tiene una elevada sensibilidad con respecto al deterioro, situada en el primer umbral o por encima de este.
- 20
- 25
- 30 Volviendo a la Figura 3 y a la Figura 4, si el valor o magnitud máxima del valor de la derivada dQ/dV en la primera región de medición real es menor que el primer umbral, el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 determina que existe una región en la que un cambio en el SOC se ve poco influenciado por el cambio en la capacidad máxima provocado por el deterioro, lo que hace posible computar el SOC (primera condición de evaluación de capacidad de computación de SOC).
- 35
- 40 El dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 genera, utilizando el valor de la tensión V y la capacidad Q utilizados en la computación de la primera curva característica de derivada parcial, la segunda curva característica de derivada parcial, la cual indica la correspondencia existente entre el valor de la derivada dQ/dV y la capacidad Q . El dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 computa la diferencia $((dV/dQ)_{max} - (dV/dQ)_{min})$ entre el valor máximo $(dV/dQ)_{max}$ y el valor mínimo $(dV/dQ)_{min}$ del valor de la derivada dV/dQ en la segunda curva característica de derivada parcial, y, si el valor de la diferencia excede del segundo umbral establecido de antemano, determina que el cambio en el valor de la derivada dV/dQ con respecto a la capacidad Q es grande, lo que convierte a esta en una región en la que las características son claramente distintas.
- 45
- 50 Por esta razón, una condición adicional para el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 que evalúa si el SOC puede ser computado, puede ser, además de la primera condición de evaluación de capacidad de computación de SOC antes descrita, si el valor de la diferencia entre el valor máximo $(dV/dQ)_{max}$ y el valor mínimo $(dV/dQ)_{min}$ en la región de la segunda curva característica de derivada parcial excede de un segundo umbral establecido de antemano (segunda condición de evaluación de capacidad de computación de SOC).
- 55 La Figura 8 describe el procedimiento de evaluar si es posible o no computar el SOC, de acuerdo con la segunda condición de evaluación de capacidad de computación de SOC. En la Figura 8, el eje vertical representa el valor de la derivada dV/dQ , el eje horizontal representa la capacidad Q , $(dV/dQ)_{max}$ es el valor máximo de dV/dQ en la región de Q realmente medida, y $(dV/dQ)_{min}$ es el valor mínimo de dV/dQ en la región de Q realmente medida.
- 60 Volviendo a la Figura 3 y a la Figura 4, el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 extrae el valor máximo $(dV/dQ)_{max}$ y el valor mínimo $(dV/dQ)_{min}$ en la segunda región de curva característica de derivada parcial (primera región realmente medida). El dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 computa entonces el valor de la diferencia entre el valor máximo $(dV/dQ)_{max}$ y el valor mínimo $(dV/dQ)_{min}$ extraídos, y determina si el valor de la diferencia computado excede o no del segundo umbral.
- 65 La computadora de erro de SOS 152 lee la segunda curva de derivada de referencia almacenada en el dispositivo de almacenamiento 19-1 de datos de característica. La computadora de error de SOC 152 determina, en la

5 segunda curva característica de derivada parcial y en la segunda curva de derivada de referencia, la diferencia del valor de la derivada dV/dQ en la región correspondiente a la región de la capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial, como la diferencia (valor de evaluación). Es decir, debido a que la segunda curva característica de derivada parcial es una curva situada dentro de una región prescrita de la capacidad Q , se determina la diferencia entre el valor de la derivada dV/dQ de la capacidad Q en la segunda curva característica de derivada parcial y el valor de la derivada dV/dQ de la capacidad Q en la segunda curva de derivada de referencia correspondiente a la capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial. La computadora de error de SOC 152 toma entonces, por ejemplo, la suma de los cuadrados, S , de la diferencia. Si bien la descripción de las realizaciones de la presente invención utiliza la suma de los cuadrados, puede utilizarse cualquier otra cosa, siempre y cuando sea posible utilizarla como valor para evaluar la optimización cuando se realiza el ajuste.

15 El procesador de optimización de SOC 153 somete la segunda curva característica de derivada parcial a una traslación paralela únicamente en el valor de cambio ΔQ de la capacidad Q establecida de antemano, con respecto al eje horizontal, en la dirección que reduce la suma de los cuadrados antes mencionada. Como resultado de la traslación paralela, el valor de la capacidad Q con respecto al valor de la derivada dV/dQ de cada región de la segunda curva característica de derivada parcial, cambia.

20 Seguidamente, la computadora de error de SOC 152 determina como error (valor de evaluación) la diferencia en el valor de la derivada dV/dQ para cada una de las mismas capacidades Q de la segunda curva característica de derivada parcial sometida a la traslación parcial, y en la segunda curva de derivada de referencia en regiones correspondientes a nuevas regiones de capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial que se sometió a traslación en paralelo.

25 En este caso, el procesador de optimización de SOC 153 detecta la posición de la capacidad Q que hace mínima la suma de los cuadrados computada por la computadora de error de SOC 152, al tiempo que somete la segunda curva característica de derivada parcial a la traslación antes mencionada con respecto al eje horizontal. Es decir, el procesador de optimización de SOC 153 lleva a cabo una optimización de la segunda curva de derivada de referencia mediante un tratamiento de ajuste de la segunda curva característica de derivada parcial, y detecta el intervalo de capacidad Q de la forma de la curva en la segunda curva de derivada de referencia, que es similar a la forma de curva de la segunda curva característica de derivada parcial.

35 El dispositivo determinador de SOC 154 extrae, dentro del intervalo de la capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial (valor de comienzo del intervalo), el valor mínimo (valor de comienzo del intervalo) de la capacidad Q_s y el valor máximo (valor de final del intervalo) de la capacidad Q_e , y utiliza el valor mínimo de la capacidad Q_s como estimación del SOC a la hora de computar el SOC.

40 Se extrae por lectura la capacidad máxima Q_{max} almacenada en el dispositivo de almacenamiento 19-3 de valores estimados, se divide la capacidad Q_s por el valor de la capacidad máxima Q_{max} , y se computa (estima) el SOC (%) multiplicando el resultado de la división por 100-

45 Ajustando la segunda curva característica de derivada parcial a la segunda curva de derivada de referencia, el error de conversión en el conversor de A/D 11, incluido en la capacidad Q_s en el momento de la medición, se cancela, lo que permite la determinación de la capacidad Q_s para estimar el SOC con una elevada precisión.

Con el aporte de una señal de actualización desde la computadora 16 de capacidad máxima, que indica que se ha actualizado la capacidad máxima Q_{max} , el dispositivo de reestimación de SOC 155 lleva a cabo un procedimiento para reestimar el SOC.

50 Es decir, al efectuarse el aporte de la señal de actualización, el dispositivo de reestimación de SOC 155 determina la diferencia entre la capacidad máxima Q_{max} utilizada para estimar el SOC inmediatamente anterior y la capacidad máxima Q_{max} tras la actualización almacenada en el dispositivo de almacenamiento 19-3 de valores estimados.

55 A continuación, si la diferencia excede de un umbral preestablecido, entonces el dispositivo de reestimación de SOC 155, en relación con la primera curva de derivada de referencia y la segunda curva de derivada de referencia reestimadas, utiliza la primera curva característica de derivada parcial y la segunda curva característica de derivada parcial inmediatamente anterior inmediatamente anteriores, de tal manera que el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 hace que las diversas partes del dispositivo determinador de SOC 154 reestimen el SOC.

60 Las Figuras 9A y 9B describen el procedimiento para ajustar la segunda curva característica de derivada parcial a la segunda curva de derivada de referencia. En cada una de la Figura 9A y la Figura 9B, el eje vertical representa el valor de la derivada dV/dQ y el eje horizontal representa la capacidad Q .

65

La Figura 9A muestra la correspondencia antes del ajuste entre la segunda curva característica de derivada parcial, que consiste en datos realmente medidos a un intervalo de tiempo prescrito, y la segunda curva de derivada de referencia, como datos de referencia. La Figura 9B muestra la correspondencia tras el ajuste entre la segunda curva característica de derivada parcial, que consiste en datos realmente medidos a un intervalo de tiempo prescrito, y la segunda curva de derivada de referencia, como datos de referencia.

En la segunda curva característica de derivada parcial, que consiste en datos realmente medidos, se acumulan errores tales como el error de cuantización que se produce en el momento de convertir cada uno del valor de la tensión V y el valor de la corriente I en digital mediante conversión de A/D. Por esta razón, tal como se muestra en la Figura 9A, la segunda curva característica de derivada parcial exhibe una traslación en paralelo según la dirección del eje horizontal, con respecto a la segunda curva característica de derivada parcial de referencia, como datos de referencia.

La forma de la segunda curva característica de derivada parcial no cambia, a corto plazo, en gran medida con respecto a la forma dentro de un intervalo de la capacidad Q correspondiente a la segunda curva de derivada de referencia. Por lo tanto, la segunda curva característica de derivada parcial se somete a una traslación en paralelo según la dirección del eje horizontal, con respecto a la segunda curva de derivada de referencia, y se busca el intervalo de la capacidad Q en que la forma de la segunda curva de derivada de referencia es similar a la forma de la segunda curva característica de derivada parcial de referencia.

Mediante el ajuste en que consiste el procedimiento de búsqueda, el error de conversión de A/D se cancela y es posible optimizar el intervalo de la capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial. En la Figura 9, la capacidad Q_s es el valor de la capacidad Q al comienzo del intervalo de la segunda curva característica de derivada parcial, y la capacidad Q_e es el valor de la capacidad Q al final del intervalo de la segunda curva característica de derivada parcial. Con la capacidad Q_s como variable, el valor de la capacidad Q es reducido o incrementado en escalones ΔQ de un valor de cambio prescrito, a fin de minimizar ya sea la suma del valor absoluto de la diferencia, ya sea la suma de los cuadrados de las diferencias, del valor de la derivada dV/dQ entre la segunda curva característica de derivada parcial y la segunda curva de derivada de referencia, de tal modo que la segunda curva característica de derivada parcial es sometida a una traslación en paralelo con respecto al eje horizontal, y se lleva a cabo un tratamiento para optimizar la capacidad Q_s , es decir, para cancelar el error de conversión en la conversión de A/D.

Si, como se muestra en la Figura 9B, el resultado del procedimiento de ajuste es que se obtiene un intervalo de la capacidad Q en que la forma de la segunda curva de derivada de referencia es similar a la forma de la segunda curva característica de derivada parcial, entonces la capacidad Q_s de este intervalo de capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial es utilizada en la computación del SOC. Como ya se ha expuesto, el dispositivo determinador de SOC 154 divide la capacidad Q_s por el valor de capacidad máxima Q_{max} y multiplica el resultado de la división por 100 para computar el SOC.

El dispositivo determinador de SOC 154 transmite el SOC determinado al sistema de control 4 de baterías, que es el sistema de control de aguas arriba. El dispositivo determinador de SOC 154 presenta visualmente el SOC determinado en un dispositivo de presentación visual, tal como un dispositivo de presentación visual (no mostrado) dispuesto en el sistema de medición 1 de capacidad de batería secundaria.

La Figura 10 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de la operación a la hora de efectuar el procedimiento para estimar el SOC utilizando la primera curva característica de derivada parcial ya la segunda curva característica de derivada parcial.

Etapa S201:

El dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 determina si se ha suministrado o no una señal de control indicativa de la capacidad de estimación desde el controlador 17, esto es, determina si se ha satisfecho o no el número de datos de medición que hace posible la ejecución de la estimación del SOC.

Una vez llevado esto a cabo, si se determina, por parte del dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151, que la estimación del SOC es posible, el procedimiento prosigue por la etapa S202, pero, si la evaluación es que la estimación del SOC no es posible, el procedimiento de la etapa S201 se repite.

Etapa S202:

El dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 lee en el dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos de medición el valor de la derivada dQ/dV y el valor de la tensión V a lo largo de un intervalo prescrito, y genera una primera curva característica de derivada parcial.

A continuación, el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 determina si el valor máximo extraído $(dQ/dV)_{max}$ es o no menor que el primer umbral.

Una vez llevado esto a cabo, si el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 determina que el valor máximo $(dQ/dV)_{max}$ es menor que el primer umbral, debido a que la estimación del SOC es posible, el procedimiento prosigue por la etapa S203.

5 Sin embargo, si el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 determina que el valor máximo $(dQ/dV)_{max}$ es igual o mayor que el primer umbral, debido a que la estimación del SOC no es posible (porque se trata de un intervalo de la capacidad Q de un valor de la derivada dQ/dV no adecuado para la estimación del SOC), el procedimiento prosigue por la etapa S201.

10 Etapa S203:

El computador de error de SOC 152 lee en el dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos de medición el valor de la derivada dV/dQ y la capacidad Q a lo largo de un intervalo prescrito, y genera la segunda curva característica de derivada parcial.

15 El computador de error de SOC 152 también lee en el dispositivo de almacenamiento 19-1 de datos de característica la segunda curva de derivada de referencia.

20 La computadora de error de SOC 152 también computa la diferencia de los valores de la derivada dV/dQ entre la segunda curva de derivada de referencia y la segunda curva característica de derivada parcial para cada valor de capacidad situado en el intervalo de la capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial.

25 A continuación, el procesador de optimización de SOC 153 somete la segunda curva característica de derivada parcial a una traslación en paralelo con respecto al eje horizontal, tal como se muestra en la Figura 9A, al objeto de minimizar el valor absoluto de la diferencia del valor de la derivada dV/dQ determinado por el computador de error de SOC.

30 En este caso, cada una de la computadora de error de SOC 152 y el procesador de optimización de SOC 153 computa la diferencia del valor de la derivada dV/dQ y lleva a cabo un tratamiento de optimización repitiendo la traslación en paralelo de la segunda curva característica de derivada parcial.

El procesador de optimización de SOC 153 finaliza el tratamiento de optimización en el punto en que se minimiza el valor absoluto de la diferencia del valor de la derivada dV/dQ determinado por la computadora de error de SOC 152.

35 El dispositivo determinador de SOC 154 extrae como valor de capacidad para determinar el SOC la capacidad Q_s , que es el valor mínimo de la capacidad Q dentro del intervalo de la capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial, optimizada, tal y como se muestra en la Figura 9B.

40 El dispositivo determinador de SOC 154 lee la capacidad máxima Q_{max} en el dispositivo de almacenamiento 19-3 de valores estimados, divide la capacidad Q_s por la capacidad máxima Q_{max} , y computa el SOC.

Etapa S204:

45 El dispositivo determinador de SOC 154, además de inscribir y almacenar el SOC determinado en el dispositivo de almacenamiento 19-3 de valores estimados, lo transmite al sistema de control 4 de baterías, que el sistema de control situado aguas arriba. El dispositivo determinador de SOC 154 presenta visualmente el SOC estimado en el dispositivo de presentación visual, tal como un dispositivo de presentación visual perteneciente al sistema de medición 1 de capacidad de batería secundaria.

Etapa S205:

50 La computadora de SOC 15 determina si se ha de poner fin o no al modo de evaluación que estima el SOC, es decir, detecta si se ha suministrado o no desde el controlador 17 una señal de control que pone fin a la estimación.

55 Una vez llevado esto a cabo, si la computadora de SOC 15 determina que la señal de control que pone fin a la estimación no se ha suministrado desde el controlador 17, en lugar de poner al modo de evaluación, el procedimiento prosigue por la etapa S201. Sin embargo, si la determinación es que se ha suministrado desde el controlador 17 la señal de control que pone fin a la estimación, se pone fin al modo de evaluación.

(Estimación de capacidad máxima Q_{max})

60 Se describirá en lo que sigue el procedimiento para estimar la capacidad máxima Q_{max} en las realizaciones de la presente invención, con referencia a la Figura 3 y a la Figura 5. El dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161 lee en el dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos de medición un grupo de datos para un intervalo de tiempo prescrito, de un conjunto de datos que indica la correspondencia existente entre el valor de la derivada dQ/dV y el valor de la tensión V, y genera la primera curva característica de derivada parcial a partir del grupo de datos. A continuación, el dispositivo determinador de facultad de

computación de capacidad máxima 161 determina si la primera curva característica de derivada parcial puede o no ser utilizada para estimar la capacidad máxima Q_{\max} del SOC.

5 Es decir, el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161 compara el primer umbral del valor de la derivada dQ/dV que ha sido establecido de antemano, con el valor máximo del valor de la derivada dQ/dV en la primera curva característica de derivada parcial. En este caso, si la magnitud máxima del valor de la derivada dQ/dV es igual o mayor que el primer umbral en la primera región de realmente medida, el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161 determina que se trata de una región en la que, debido a que la magnitud absoluta del cambio en lo que respecta al deterioro es grande, la contribución a la capacidad máxima es también grande, de tal manera que es posible estimar la capacidad máxima Q_{\max} (primera condición de evaluación de facultad de computación de capacidad máxima Q_{\max}). Sin embargo, si la magnitud máxima del valor de la derivada dQ/dV es menor que el primer umbral en la primera región realmente medida, el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161 determina que se trata de una región en la que, debido a que la magnitud absoluta del cambio en lo que respecta al deterioro es pequeña, la contribución a la capacidad máxima es también pequeña, de tal manera que es imposible estimar la capacidad máxima Q_{\max} .

20 El dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161 utiliza el valor de la tensión V y la capacidad Q utilizados a la hora de computar la primera curva característica de derivada parcial y genera la segunda curva característica de derivada parcial, que indica la correspondencia entre el valor de la derivada dV/dQ y la capacidad Q . Si el valor de la diferencia entre el valor máximo $(dV/dQ)_{\max}$ y el valor mínimo $(dV/dQ)_{\min}$ en el valor de la derivada dV/dQ de la segunda curva característica de derivada parcial supera el segundo umbral que ha sido establecido de antemano, el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161 determina que el cambio en el valor de la derivada dV/dQ es grande con respecto a la capacidad Q , y que se trata de una región en la que la característica es prominente.

25 Por esta razón, como condición cuando el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161 determina que es posible computar la capacidad máxima Q_{\max} , puede añadirse la condición de si el valor de la diferencia entre el valor máximo $(dV/dQ)_{\max}$ y el valor mínimo $(dV/dQ)_{\min}$ en la región de la segunda curva característica de derivada parcial excede o no de un segundo umbral preestablecido (condición de evaluación de facultad de computación de capacidad máxima Q_{\max}).

35 El dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161, tal como se muestra en la Figura 8, extrae el valor máximo $(dV/dQ)_{\max}$ y el valor mínimo $(dV/dQ)_{\min}$ en la región (región de Q realmente medida) de la segunda curva característica de derivada parcial. El dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161 computa entonces el valor de la diferencia entre el valor máximo $(dV/dQ)_{\max}$ y el valor mínimo $(dV/dQ)_{\min}$ extraídos. El dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161 determina si el valor de la diferencia computado excede o no del segundo umbral.

40 La computadora de error de capacidad máxima 162 lee la segunda curva de referencia almacenada en el dispositivo de almacenamiento 19-1 de datos de característica. La computadora de error de capacidad máxima 162 determina entonces el valor diferencia (valor de evaluación B) de la diferencia en el valor de la derivada dV/dQ para la misma capacidad Q , en la segunda curva característica de derivada parcial y en la segunda curva de derivada de referencia, en la región correspondiente a la región de la capacidad Q en la segunda curva característica de derivada parcial. Este valor de evaluación B es, por ejemplo, determinado por la computadora de error de capacidad máxima 162 como la suma de los cuadrados de la diferencia del valor de la derivada dV/dQ antes mencionado.

50 El procesador de optimización de capacidad máxima 163 hace que el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia, el cual se describirá más adelante, corrija la primera curva de derivada de referencia y la segunda curva de derivada de referencia hasta que el valor de evaluación B antes descrito sea minimizado.

55 El dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia corrige las curvas de derivada de forma de onda independientes de la primera curva de derivada de referencia y de la segunda curva de derivada de referencia almacenadas en el dispositivo de almacenamiento 19-1 de datos de característica por parte de la primera curva característica de derivada parcial y de la segunda curva característica de derivada parcial, respectivamente.

60 El dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia varía los parámetros de las funciones que representan cada una de las curvas de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo por el modelo de forma de onda independiente, y reconstruye una curva de derivada de referencia sintetizada (primera curva de derivada de referencia y segunda curva de derivada de referencia) de las formas de onda independientes.

65 En cuanto al procedimiento de reconstrucción, por ejemplo, existen los tres siguientes tipos de procedimiento: el

primer procedimiento de reconstrucción, el segundo procedimiento de reconstrucción y el tercer procedimiento de reconstrucción.

- Primer procedimiento de reconstrucción

5 El dispositivo reproductor 164 de curva de derivada de referencia cambia en la primera curva de derivada de referencia los parámetros de las curvas de forma de onda independientes obtenidas de cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo, realiza un ajuste de tal manera que las posiciones de los picos, las anchuras de los picos y las alturas de los picos (valor de la derivada dQ/dV) en las curvas de forma de onda independientes coinciden con la forma de la primera curva característica de derivada parcial realmente medida, y cambia la forma de las curvas de forma de onda independientes obtenidas de cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo. En este caso, el dispositivo reproductor 164 de curva de derivada de referencia cambia la forma de las curvas de forma de onda independientes deducidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, de tal modo que el valor de evaluación A (o la suma de los cuadrados de las diferencias), para el que se añaden los valores absolutos de las diferencias para cada valor de la tensión V correspondientes a la primera curva característica de derivada parcial (región realmente medida) y a la primera curva de derivada de referencia, se minimiza.

EL dispositivo reproductor 164 de curva de derivada de referencia sintetiza las curvas de forma de onda independientes modificadas a fin de generar una nueva primera curva de derivada de referencia. El dispositivo reproductor 164 de curva de derivada de referencia genera la segunda curva de derivada de referencia a partir de la primera curva de derivada de referencia que se acaba de generar. El dispositivo reproductor 164 de curva de derivada de referencia adquiere el valor de evaluación B, que es la suma de los cuadrados de las diferencias del valor de la derivada dV/dQ para la misma capacidad Q en la segunda curva característica de derivada parcial, que es la parte realmente medida, y la segunda curva característica de derivada parcial de referencia.

25 En este caso, el dispositivo reproductor 164 de curva de derivada de referencia cambia los parámetros para cada una de las curvas de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo de la primera curva de derivada de referencia, hasta que el valor de evaluación B, que es la suma de los cuadrados de las diferencias del valor de la derivada dV/dQ en la segunda curva característica de derivada parcial y en la segunda curva de derivada de referencia, dentro del intervalo correspondiente a la capacidad Q de esa segunda curva característica de derivada parcial, se minimiza.

A continuación, cuando el valor de evaluación B en la segunda curva característica de derivada parcial y en la segunda curva de derivada de referencia, dentro del intervalo de la capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial, y el valor de evaluación A en la primera curva característica de derivada parcial y en la primera curva de derivada de referencia, dentro del intervalo de la capacidad Q de la primera curva característica de derivada parcial, se minimizan, el dispositivo reproductor 164 de curva de derivada de referencia pone fin al procedimiento para reconstruir la primera curva de derivada de referencia y la segunda curva de derivada de referencia.

40 - Segundo procedimiento de reconstrucción

El procedimiento para reconstruir la primera curva de derivada de referencia y la segunda curva de derivada de referencia puede ser llevado a cabo como otro algoritmo de reconstrucción.

45 El procesador 163 de optimización de capacidad máxima somete la segunda curva característica de derivada parcial a una traslación en paralelo en un valor de cambio preestablecido de ΔQ de la capacidad Q con respecto al eje horizontal, en la dirección que hace más pequeño el valor de evaluación B antes descrito. Como resultado de ello, el valor de la capacidad Q correspondiente a cada uno de los valores de la derivada de las regiones de la segunda curva característica de derivada parcial, se modifica.

50 La computadora de error de capacidad máxima 162, en la segunda curva característica de derivada parcial sometida a traslación en paralelo, y en la segunda curva de derivada de referencia, en las zonas correspondientes a las regiones de la capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial, de nuevo computa el valor de evaluación B, el cual es la suma de los cuadrados de las diferencias del valor de la derivada dV/dQ para esa misma capacidad Q.

55 En este caso, el procesador de optimización de capacidad máxima 163 detecta la posición de la capacidad Q para la que el valor de evaluación B es minimizado, que es computada por el computador de error de capacidad máxima 162, al tiempo que se somete la segunda curva característica de derivada parcial a una traslación en paralelo con respecto al eje horizontal. Es decir, el procesador 163 de optimización de capacidad máxima lleva a cabo una optimización mediante un procedimiento de ajuste de la segunda curva característica de derivada parcial con respecto a la segunda curva de derivada de referencia y detecta el intervalo en que la forma de curva de la capacidad Q en la segunda curva de derivada de referencia es similar a la forma de la curva de la segunda curva característica de derivada parcial.

65 Tras ello, el dispositivo reproductor 164 de curva de derivada de referencia corrige cada una de la primera curva

de derivada de referencia y la segunda curva de derivada de referencia almacenadas en el dispositivo de almacenamiento 19-1 de datos de característica, por medio de la primera curva característica de derivada parcial y de la segunda curva característica de derivada parcial, respectivamente.

5 El dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia cambia los parámetros de las funciones que representan las curvas de forma de onda independientes obtenidas de cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo mediante un modelo de forma de onda independiente, y reconstruye la curva de derivada de referencia sintetizada (primera curva de derivada de referencia y segunda curva de derivada de referencia) de las curvas de forma de onda independientes.

10 Como ya se ha expuesto, el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia, a la hora de reconstruir la curva de derivada de referencia, cambia los parámetros de las curvas de forma de onda independientes obtenidas de cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo, ajusta las posiciones de los picos, las anchuras de los picos y las alturas de los picos (valor de la derivada dQ/dV) en las curvas de forma de onda independientes, y cambia la forma de las curvas de forma de onda independientes obtenidas de cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo. En este caso, el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia cambia la forma de las curvas de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, de tal manera que el valor de evaluación A (o la suma de los cuadrados de las diferencias), para el que se añaden los valores absolutos de las diferencias correspondientes a cada una de la tensión V de la primera curva característica de derivada parcial (región realmente medida) y de la primera curva de derivada de referencia, se minimiza.

25 El dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia sintetiza entonces las curvas de forma de onda independientes modificadas y genera una nueva primera curva de derivada de referencia. El dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia genera la segunda curva de derivada de referencia a partir de la nueva primera curva de derivada de referencia generada. El dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia adquiere el valor de evaluación B de la segunda curva característica de derivada parcial en la que el valor de la capacidad Q ha sido sometido a una traslación en paralelo para ser optimizado, y de la segunda curva de derivada de referencia.

30 En este caso, el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia repite el procedimiento para modificar los parámetros de las formas de onda independientes obtenidas de cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo de la primera curva de derivada de referencia, y para generar una primera curva de derivada de referencia nueva, de tal manera que el valor de evaluación B en la segunda curva característica de derivada parcial y en la segunda curva de derivada de referencia, dentro del intervalo de la capacidad de la segunda curva característica de derivada parcial, se minimiza. A continuación, el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia pone fin al procedimiento para reconstruir la primera curva de derivada de referencia cuando el valor de evaluación B en la segunda curva característica de derivada parcial y en la segunda curva de derivada de referencia, dentro del intervalo de la capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial, y el valor de evaluación A en la primera curva característica de derivada parcial y en la primera curva de derivada de referencia, dentro del intervalo de la capacidad Q de la primera curva característica de derivada parcial, son minimizados.

- Tercer procedimiento de reconstrucción

45 El procedimiento para reconstruir la primera cura de derivada de referencia y la segunda curva de referencia puede ser llevado a cabo como otro algoritmo de reconstrucción.

50 El dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia repite el procedimiento que ajusta las posiciones de pico, las anchuras de pico y las alturas de pico (valor de la derivada dQ/dV), que son parámetros de las curvas de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, y genera una primera curva de derivada de referencia nueva, hasta que el valor de evaluación A, que es la suma de los cuadrados de las diferencias entre el valor de la derivada dQ/dV en la primera curva característica de derivada parcial y en la primera curva de derivada de referencia, dentro del intervalo correspondiente a la tensión V en la primera curva característica de derivada parcial, se minimice.

55 A continuación, el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia convierte la nueva primera curva de derivada de referencia determinada en la segunda curva de derivada de referencia, a fin de obtener la nueva segunda curva de derivada de referencia.

60 El dispositivo determinador de capacidad máxima 165, utilizando cualquiera de los tres tipos de procedimiento anteriormente descritos, integra el valor de la derivada dQ/dV dentro del intervalo de uso (intervalo realmente utilizado) del valor de la tensión V de la batería en la primera curva de derivada de referencia reconstruida, y toma el resultado de la integración como la capacidad máxima Q_{max} de la batería. El dispositivo determinador de capacidad máxima 165 inscribe y almacena entonces en el dispositivo de almacenamiento 19-3 de valores estimados la capacidad máxima Q_{max} determinada.

65

El dispositivo determinador de capacidad máxima 165 también transmite la capacidad máxima Q_{\max} determinada al sistema de control 4 de baterías, que es el sistema de control situado aguas arriba. El dispositivo determinador de capacidad máxima 165 presenta visualmente la capacidad máxima Q_{\max} determinada en un dispositivo de presentación visual, tal como un dispositivo de presentación visual (no mostrado) perteneciente al sistema de medición 1 de capacidad de batería secundaria.

Las Figuras 11A y 11B describen la reconstrucción de la primera curva de derivada de referencia por parte del dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia.

En la Figura 11A, el eje vertical representa el valor de la derivada dQ/dV y el eje horizontal representa el valor de la tensión V . La Figura 11A muestra el ajuste de los parámetros de las curvas de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo que constituyen la primera curva de derivada de referencia, y el cambio de las anchuras de los picos, de las alturas de los picos y de las posiciones de los picos, en la primera curva de derivada de referencia sinterizada, de manera que se asemeje a la forma de la primera curva característica de derivada parcial de los datos realmente medidos. En este caso, parámetros tales como las alturas de los picos, las posiciones de los picos o otros similares de la función que constituye cada una de las formas de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, son ajustados con el fin de modificar la altura de pico y las posiciones de los picos de las curvas de forma de onda independientes.

En la Figura 11B, el eje vertical representa el valor de la derivada dV/dQ y el eje horizontal representa la capacidad Q . La Figura 11B muestra cómo la primera curva de derivada de referencia se convierte en la segunda curva de derivada de referencia y cómo se obtiene la diferencia en el valor de la derivada dV/dQ entre la segunda curva característica de derivada parcial realmente medida y la segunda curva de derivada de referencia, dentro del intervalo de la capacidad Q de esa segunda curva característica de derivada parcial, como valor de evaluación.

Tal como se muestra en la Figura 11A, la forma de la segunda curva característica de derivada parcial se optimiza al objeto de minimizar el valor de evaluación B , es decir, al objeto de que esta se asemeje a la forma de la segunda curva de derivada de referencia. La optimización lleva a cabo repetidamente un procedimiento de ajuste con el fin de ajustar los parámetros de las funciones que constituyen las curvas de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, a fin de cambiar la altura de pico y las posiciones de los picos de las curvas de forma de onda independientes, para sintetizar las curvas de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, para generar la primera curva de derivada de referencia, para modificar la segunda curva de derivada de referencia y para minimizar el valor de evaluación B con respecto a la segunda curva característica de derivada parcial. Llegados al momento en que la forma de la segunda curva característica de derivada parcial se asemeja de la mejor manera a la forma de la segunda curva de derivada de referencia, se pone fin al procedimiento de ajuste, momento de finalización en el que la primera curva de derivada de referencia está actualizada y se utiliza como la primera curva de derivada de referencia que refleja la influencia del deterioro de la batería.

La Figura 12 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de operación en el procedimiento de estimar la capacidad máxima Q_{\max} utilizando la primera curva característica de derivada parcial y la segunda curva característica de derivada parcial.

Etapa S301:

El dispositivo determinador 161 de facultad de computación de capacidad máxima determina si se ha suministrado o no desde el controlador 17 una señal de control que indica que es posible la estimación, es decir, si se ha satisfecho o no un cierto número de datos realmente medidos que permiten la ejecución de la estimación de la capacidad máxima Q_{\max} .

Una vez llevado esto a cabo, si el dispositivo determinador 161 de facultad de computación de capacidad máxima determina que es posible la ejecución de la estimación de la capacidad máxima Q_{\max} , el procedimiento prosigue por la etapa S302. Sin embargo, si la ejecución de la estimación de la capacidad máxima Q_{\max} no es posible, se repite el procedimiento de la etapa S301.

Etapa S302:

El dispositivo determinador 161 de facultad de computación de capacidad máxima obtiene por lectura el valor de la derivada dQ/dV y el valor de la tensión V a lo largo de un intervalo prescrito, en el dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos realmente medidos, y genera la primera curva característica de derivada parcial.

El dispositivo determinador 161 de facultad de computación de capacidad máxima extrae el valor máximo $(dQ/dV)_{\max}$ del valor de la derivada dQ/dV en la primera curva característica de derivada parcial.

A continuación, el dispositivo determinador 161 de facultad de computación de capacidad máxima determina si el

valor máximo $(dQ/dV)_{\max}$ extraído es o no igual o mayor que el primer umbral.

Una vez llevado esto a cabo, si el dispositivo determinador 161 de facultad de computación de capacidad máxima determina que el valor máximo $(dQ/dV)_{\max}$ es igual o mayor que el primer umbral, debido a que la capacidad máxima Q_{\max} puede ser estimada, el procedimiento prosigue por la etapa S303.

Sin embargo, si el dispositivo determinador 161 de facultad de computación de capacidad máxima determina que el valor máximo $(dQ/dV)_{\max}$ es menor que el primer umbral, debido a que la capacidad máxima Q_{\max} no puede ser estimada, el procedimiento prosigue por la etapa S301.

Etapa S303:

La computadora de error de capacidad máxima 162 lee el valor de la derivada dV/dQ y la capacidad Q a lo largo de un intervalo prescrito, en el dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos realmente medidos, y genera la segunda curva característica de derivada parcial. La computadora de error de capacidad máxima 162 lee la segunda curva de derivada de referencia en el dispositivo de almacenamiento 19-1 de datos de característica.

A continuación, la computadora de error de capacidad máxima 162 computa el valor de evaluación A entre la primera curva de derivada de referencia y la primera curva característica de derivada parcial.

La computadora de error de capacidad máxima 162 computa el valor de evaluación B del valor de la derivada dV/dQ entre la segunda curva de derivada de referencia y la segunda curva característica de derivada parcial a partir de cada uno de los valores de capacidad a lo largo del intervalo de la capacidad Q (desde la capacidad Q_s hasta la capacidad Q_e) de la segunda curva característica de derivada parcial.

El procesador de optimización de capacidad máxima 163 hace que el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia cambie repetidamente los parámetros de curvas de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, de la primera curva de derivada de referencia, y genere una nueva primera curva de derivada de referencia hasta que el valor de evaluación B , en el que se encuentran los valores absolutos de las diferencias del valor de la derivada dV/dQ en la segunda curva de derivada de referencia del intervalo de la capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial, se minimice.

En este caso, cada una de la computadora de error de capacidad máxima 162 y el procesador de optimización de capacidad máxima 163 repite el procedimiento de optimización para computar el valor de evaluación de la diferencia de valores de la derivada dV/dQ y el valor de evaluación B de la diferencia de posiciones de pico, y para hacer que el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia genere una nueva primera curva de derivada de referencia hasta que el valor de evaluación se minimice. Básicamente, en el procedimiento de optimización, el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia finaliza el procedimiento de optimización en el momento en que el valor de evaluación B , tanto en la segunda curva característica de derivada parcial como en la segunda curva de derivada de referencia, dentro del intervalo de la capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial, como el valor de evaluación A en la primera curva característica de derivada parcial y en la primera curva de derivada de referencia, dentro del intervalo de la capacidad Q de la primera curva característica de derivada parcial, se minimizan.

Es decir, en el procedimiento de optimización, el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia lleva a cabo repetidamente el tratamiento para cambiar los parámetros de las funciones que constituyen las curvas de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, en la primera curva de derivada de referencia, y para generar una nueva primera curva de derivada de referencia, de tal manera que el valor de evaluación de la curva de la derivada dV/dQ en la segunda curva característica de derivada parcial y en la segunda curva de derivada de referencia, dentro del intervalo de la capacidad Q de la segunda curva característica de derivada parcial, se minimiza. En este caso, el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia corrige las curvas de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo de la primera curva de derivada de referencia, de tal manera que el valor de evaluación A en la primera curva característica de derivada parcial y en la primera curva de derivada de referencia, dentro del intervalo de la capacidad Q de la primera curva característica de derivada parcial, se minimiza.

El procesador de optimización de capacidad máxima 163 toma la primera curva de derivada de referencia, para la que el valor de evaluación B por medio de la diferencia entre el valor de la derivada dV/dQ entre la segunda curva característica de derivada parcial y la segunda curva de derivada de referencia, se minimiza, para que sea la primera curva de derivada de referencia reconstruida.

Etapa S304:

El dispositivo determinador de capacidad máxima 165 integra el valor de la derivada dQ/dV dentro del intervalo de uso del valor de tensión V de la batería en la primera curva de derivada de referencia reconstruida.

El dispositivo determinador de capacidad máxima 165 toma el valor de capacidad obtenido como resultado de la integración, como la capacidad máxima Q_{max} de la batería.

Etapa S305:

5 El dispositivo determinador de capacidad máxima 165 inscribe y almacena en el dispositivo de almacenamiento 19-3 de valores estimados la capacidad máxima Q_{max} obtenida de la integración antes descrita.

10 El dispositivo determinador de capacidad máxima 165 transmite la capacidad máxima Q_{max} determinada al sistema de control 4 de baterías y al dispositivo de reestimación de SOC 155, y hace que esta sea presentada visualmente en un dispositivo de presentación visual del sistema de medición 1 de capacidad de batería secundaria.

Etapa S306:

15 El computador de capacidad máxima 16 determina si se ha de poner fin o no al modo de evaluación en el que se estima la capacidad máxima Q_{max} , es decir, detecta si se ha suministrado desde el controlador 17 una señal de control que pone fin a la estimación.

20 Una vez llevado esto a cabo, si el computador de capacidad máxima 16 determina que no se ha suministrado la señal de control que pone fin a la estimación desde el controlador 17, el procedimiento prosigue por la etapa S301, sin poner fin al procedimiento de evaluación. Sin embargo, si la computadora de capacidad máxima 16 determina que se ha suministrado la señal de control que pone fin a la estimación, desde el controlador 17, esta pone fin al procedimiento de evaluación.

25 Se conoce que, debido a que el nivel de energía en un electrodo negativo de bajo potencial es alto, por ejemplo, en el caso de una batería secundaria de iones de litio, el Li (litio) insertado en el seno de la sustancia activa y el litio del electrolito experimentan una reacción colateral en la superficie de la sustancia activa del electrodo negativo, lo que facilita el crecimiento de una película de SEI (interfaz de electrolito sólido), la precipitación de Li metálico y la generación de LiF (fluoruro de litio).

30 Por esta razón, si el litio insertado en el seno de la sustancia activa del electrodo negativo se utiliza en esta reacción colateral, el verdadero SOC del electrodo negativo cambia y se produce un desequilibrio entre el electrodo positivo y el electrodo negativo. Este equilibrio modifica la distancia de separación entre los picos de las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo en la primera curva de derivada de referencia. Por esta razón, en la computadora de error de capacidad máxima 162, la diferencia entre la distancia de separación entre picos en las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, en la primera curva característica de derivada parcial de datos realmente medidos, y en la primera curva de derivada de referencia del modelo de forma de onda independiente, se optimiza como segundo valor de evaluación, con lo que se hace posible la optimización con una diferencia más pequeña en el procesador de optimización de capacidad máxima 163.

40 En términos de electroquímica, puede considerarse que la separación entre picos en las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del mismo electrodo no cambiarán en gran medida, ni siquiera cuando exista deterioro. A la vista de esta característica, reconstruyendo la primera curva de derivada de referencia, es posible estimar de manera eficaz la curva de derivada con mayor proximidad a los valores realmente medidos.

45 Debido a que las separaciones entre los picos en las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del mismo electrodo, tal como se ha señalado anteriormente, son valores relativos, si las regiones realmente medidas de cada una de la primera curva característica de derivada parcial y la segunda curva característica de derivada parcial se establecen en regiones en las que el valor de la corriente I es algún valor constante arbitrario, el valor de la tensión V (= resistencia interna R x valor de corriente I) de acuerdo con la resistencia interna R de la batería que hace caer el valor de salida de la batería, es constante dentro de esa región realmente medida. Por lo tanto, de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, haciendo el valor de tensión V de la caída de tensión constante en la tensión de salida antes señalada de la batería, en la región realmente medida, debido a que la influencia de la caída de tensión en la evaluación de la tensión de salida de la misma se cancela, es fácil determinar la separación entre picos con una elevada precisión.

50 Incluso si la película de SEI dispuesta en la superficie de electrodo crece por el deterioro y la resistencia interna, en sí misma, cambia, debido a que las separaciones entre picos en las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del mismo electrodo, son valores relativos, si las regiones realmente medidas en cada una de la primera curva característica de derivada parcial y la segunda curva característica de derivada parcial, se establecen en regiones en las que el valor de la corriente I es algún valor constante arbitrario, el valor de la tensión V (= resistencia interna R x valor de corriente I) de acuerdo con la resistencia interna R de la batería que hace caer la tensión de batería, es constante dentro de esa región realmente medida. Por lo tanto, de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, incluso aunque la resistencia interna R , en sí, cambie, cancelando la influencia de la caída de tensión en la evaluación de la tensión de salida de la batería dentro de la región

realmente medida, la influencia de la caída de tensión en la medición de la posición de pico se elimina, y es fácil determinar la separación entre picos con una elevada precisión.

5 Cuando la batería se deteriora, la capacidad se ve reducida por la desactivación y el aislamiento de la sustancia activa del electrodo positivo y el electrodo negativo. Cuando esto ocurre, en la característica 'dQ/dV frente a V', el área superficial del pico obtenida del electrodo positivo, en proporción con la reducción en la capacidad atribuida al electrodo positivo, se reduce (reducción en la intensidad del pico), y el área superficial del pico, obtenida del electrodo negativo, en proporción con la reducción de la capacidad atribuida al electrodo negativo, se reduce (reducción en la intensidad del pico). Por ejemplo, en el caso de un electrodo negativo de grafito, existe una pluralidad de picos debido a la transición de fase y a la condición de que puede considerarse una reducción en la intensidad de pico por el deterioro de cada uno de ellos, como diferente por causa de, por ejemplo, las condiciones operativas y el historial. En la presente invención, debido a que la optimización se realiza proporcionando una variable que ajusta las resistencias de pico individualmente para cada una de las formas de onda independientes obtenidas de los picos de cada uno de los electrodos y la transición de fase, es posible la adaptación a diversos modos de deterioro.

(Reestimación del SOC)

20 El dispositivo de reestimación de SOC 155, como ya se ha descrito, reestima el SOC con el suministro de una señal de actualización desde la computadora de capacidad máxima 16, que indica que se ha actualizado la capacidad máxima Q_{max} .

25 Es decir, si se establece el modo de reestimación, tras el momento en que se ha realizado la estimación de SOC inmediatamente anterior, cuando se mide una nueva capacidad máxima Q_{max} , el dispositivo de reestimación de SOC 155 reestima el SOC de acuerdo con el diagrama de flujo mostrado en la Figura 10. En este caso, el dispositivo de reestimación de SOC 155 reestima el SOC utilizando la segunda curva característica de derivada parcial utilizada en la estimación de SOC inmediatamente anterior.

30 La Figura 13 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de la operación en el procedimiento para la reestimación del SOC utilizando la primera curva característica de derivada parcial y la segunda curva característica de derivada parcial.

Etapa S401:

35 El dispositivo de reestimación de SOC 155 determina si se ha establecido o no el modo de reestimación de SOC que estima el SOC.

Una vez llevado esto a cabo, si el dispositivo de reestimación de SOC 155 estima que se ha establecido el modo de reestimación de SOC, el procedimiento prosigue por la etapa S401. Sin embargo, si determina que no se ha establecido el modo de reestimación de SOC, se repite el procedimiento de la etapa S401.

40 Etapa S402:

El dispositivo de reestimación de SOC determina si el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia ha reconstruido o no la primera curva de derivada de referencia.

45 En este caso, por ejemplo, dependiendo de si el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia ha transmitido o no una nueva capacidad máxima Q_{max} , el dispositivo de reestimación de SOC 155 determina si se reconstruye o no la primera curva de derivada de referencia. Alternativamente, el dispositivo de reestimación de SOC 155 puede verificar la marca temporal de la capacidad máxima Q_{max} almacenada en el dispositivo de almacenamiento 19-3 de valores estimados y, a partir de si el tiempo es o no posterior a la marca temporal de la capacidad máxima Q_{max} utilizada en la estimación de SOC inmediatamente precedente, determinar si se ha reconstruido o no la primera curva de derivada de referencia.

50 Una vez llevado esto a cabo, si la evaluación por parte del dispositivo de reestimación de SOC 155 es que la primera curva de derivada de referencia ha sido reconstruida, el procedimiento prosigue por la etapa S403. Sin embargo, si la evaluación es que no se ha reconstruido la primera curva de derivada de referencia, el procedimiento prosigue por la etapa S402.

Etapa S403:

60 El dispositivo de reestimación de SOC 155 determina la diferencia ΔQ entre la capacidad máxima Q_{max} utilizada en la estimación de SOC inmediatamente precedente y la capacidad máxima Q_{max} que se acaba de transmitir desde el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia, compara la diferencia ΔQ con un valor de ajuste ΔQ_s previamente establecido, y determina si es necesario o no reestimar el SOC.

65 Es decir, si el dispositivo de reestimación de SOC 155 determina que la diferencia ΔQ supera el valor de ajuste ΔQ_s , lo que significa que es necesario reestimar el SOC, el procedimiento prosigue por la etapa S404. Sin embargo, si el dispositivo de reestimación de SOC 155 determina que la diferencia ΔQ no supera el valor de

ajuste ΔQ_s (es decir, que el valor diferencia ΔQ es el valor de ajuste ΔQ_s o inferior), lo que significa que no es necesario reestimar el SOC, el procedimiento prosigue por la etapa S402.

Etapa S404:

5 El dispositivo de reestimación de SOC 155 lleva a cabo el procedimiento de las etapas S203 y S204 de la Figura 10 con respecto a cada uno de la computadora de error de SOC 152, el procesador de optimización de SOC 153 y el dispositivo determinador de SOC 154, es decir, provoca la reestimación del SOC. En este caso, debido a que el procedimiento para reestimar el SOC es el mismo que la operación descrita para la estimación del SOC, se omite la descripción del mismo.

10 Etapa S405:

El dispositivo de reestimación de SOC 155 determina si se ha de poner fin o no al modo de evaluación que estima el SOC, es decir, detecta si se ha suministrado o no desde el controlador 17 una señal de control que pone fin a la estimación.

15 Una vez llevado esto a cabo, si el dispositivo de reestimación de SOC 155 determina que no se ha suministrado desde el controlador 17 la señal de control que pone fin a la estimación, este no pone fin al modo de evaluación y prosigue por la etapa 401. Sin embargo, el dispositivo de reestimación de SOC 155 determina que se ha suministrado desde el controlador 17 la señal de control que pone fin a la estimación, este pone fin al modo de evaluación.

20 Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, se realiza una evaluación acerca de si es posible o no la estimación de SOC por medio de la primera curva de derivada de referencia (la característica de dQ/dV frente a V), que es la curva característica de derivada sintetizada a partir de los modelos de forma de onda independientes, y de la primera curva característica de derivada parcial, que consiste en datos realmente medidos en una región parcial. La segunda curva de derivada de referencia (la característica de dV/dQ frente a Q) y la segunda curva característica de derivada parcial, que consiste en datos realmente medidos en una región parcial, son utilizadas para llevar a cabo la estimación del SOC.

25 Al hacer esto, de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, es posible llevar a cabo la estimación mediante la mínima cantidad de datos realmente medidos dentro de una región parcial arbitraria que satisfaga cada una de las condiciones de evaluación de capacidad de computación. Por esta razón, de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, es posible estimar el SOC y la capacidad máxima Q_{max} de una batería en un tiempo relativamente corto, en comparación con el método convencional, sin abandonar la región de SOC de funcionamiento normal de la batería. De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, debido a que el SOC y la capacidad máxima Q_{max} de una batería pueden ser estimados en el estado de funcionamiento normal de la batería, es posible incrementar la eficiencia operativa del sistema de almacenamiento de energía, en comparación con el método convencional.

30 De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, debido a que se usa como valor de evaluación la magnitud de cambio relativo del valor de la tensión V y de la capacidad Q dentro de la región realmente medida, si la región de medición real de los datos realmente medidos del valor de la tensión V y del valor de la corriente I se establece en un periodo fijo de un tiempo arbitrario, es posible ignorar el cambio en el valor absoluto del valor de la tensión V provocado por una caída de tensión.

35 De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, en la estimación del SOC de la batería, incluso si existe una acumulación de errores de conversión de A/D en el conversor de A/D 11 que convierte el valor de la corriente I del sensor de corriente 21 y el valor de la tensión V del sensor de tensión 3, cuando funciona durante un periodo de tiempo prolongado, debido a que se realiza el ajuste de la segunda curva característica de derivada parcial con respecto a la segunda curva de derivada de referencia, es decir, el intervalo que va desde la capacidad Q_s al inicio de la medición hasta la capacidad Q_e al final de la medición de la segunda curva característica de derivada parcial, de manera que coincida con el intervalo de la capacidad Q en la segunda curva de derivada de referencia, y se realiza una evaluación absoluta de la capacidad Q en la segunda curva característica de derivada parcial con respecto a la segunda curva de derivada de referencia, es posible estimar el SOC con una elevada precisión sin que esté sometido a la influencia de los errores de conversión de A/D.

40 De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, debido a que cada una de la estimación del SOC y la estimación de la capacidad máxima Q_{max} son impulsadas como funciones independientes, es posible estimar el SOC y la capacidad máxima por separado en un tiempo mínimo.

45 De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, en la estimación del SOC de la batería, incluso si existe una acumulación de errores de conversión de A/D en el conversor de A/D 11 que convierte el valor de la corriente I del sensor de corriente 21 y el valor de la tensión V del sensor de tensión 3, cuando funciona durante un periodo de tiempo prolongado, debido a que se realiza el ajuste de la segunda curva característica de derivada parcial con respecto a la segunda curva de derivada de referencia, es decir, el intervalo que va desde la capacidad Q_s al inicio de la medición hasta la capacidad Q_e al final de la medición de la segunda curva característica de derivada parcial, de manera que coincida con el intervalo de la capacidad Q en la segunda curva de derivada de referencia, y se realiza una evaluación absoluta de la capacidad Q en la segunda curva característica de derivada parcial con respecto a la segunda curva de derivada de referencia, es posible estimar el SOC con una elevada precisión sin que esté sometido a la influencia de los errores de conversión de A/D.

50 En las realizaciones de la presente invención, mediante el cambio de la capacidad máxima Q_{max} provocado por el deterioro de la batería, cambia el propio valor del SOC, en virtud de la definición del SOC (capacidad Q / capacidad máxima Q_{max}), de manera que es posible estimar el SOC con una elevada precisión, adaptándose al deterioro de la batería. También, en virtud del cambio en el modelo de forma de onda independiente que indica la característica de la batería, como consecuencia del deterioro de la batería, la característica de la curva de

derivada característica que es la síntesis de cada una de las curvas de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo (la primera curva de derivada de referencia y la segunda curva de derivada de referencia) también cambia. En virtud del cambio en la curva de derivada característica provocado por el deterioro, el valor de la capacidad máxima Q_{\max} también cambia, y la capacidad máxima Q_{\max} influye en el error en la estimación del SOC.

Por las razones anteriormente descritas, si el valor estimado de la capacidad máxima Q_{\max} cambia en gran medida desde el instante previo, existe la posibilidad de que el SOC que se presente visualmente en ese momento incluya un error de estimación causado por el cambio en la capacidad máxima Q_{\max} . Por esta razón, en las realizaciones de la presente invención, a la hora de estimar la capacidad máxima Q_{\max} , existe una función que, tras optimizar los parámetros de las curvas de derivada de forma de onda independientes del modelo de forma de onda independiente, reconstruye las curvas de derivada características (la primera curva de derivada de referencia y la segunda curva de derivada de referencia). En virtud de esta constitución, es posible proporcionar las últimas curvas de derivada características (primera curva de derivada de referencia y segunda curva de derivada de referencia) que reflejan el deterioro de la batería con el transcurso del tiempo.

Como resultado de ello, en las realizaciones de la presente invención, al reestimar el SOC volviendo al punto de la estimación de SOC inmediatamente precedente y utilizar las últimas curvas de derivada características (primera curva de derivada de referencia y segunda curva de derivada de referencia), es posible estimar el SOC de la batería con una elevada precisión, en comparación con el método convencional, incluso si la batería exhibe un grado significativo de deterioro.

Por ejemplo, en la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2009-80093, se miden realmente tan solo las curvas de descarga específicas de sustancia activa para cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo, y se utiliza una variable que representa la masa efectiva de la sustancia activa de cada una de ellas, y se utiliza también una variable que corrige la relación entre posiciones de las curvas de descarga, a fin de ajustar la escala y la forma de las curvas de descarga realmente medidas. A continuación, se sintetiza y formula cada una de las curvas de descarga del electrodo positivo y del electrodo negativo, se realiza una optimización de cada una de las variables antes mencionada, a fin de establecer una correspondencia entre las curvas de descarga formuladas y los valores realmente medidos, y se estima la capacidad máxima.

Sin embargo, en el ejemplo convencional antes expuesto, si la masa efectiva de la sustancia activa se reduce como consecuencia del deterioro, se lleva a cabo un tratamiento para reducir las curvas de descarga en la dirección del eje horizontal en una relación uniforme, de manera uniforme en toda la región de SOC. Si se considera la 'característica dQ/dV frente a V ', el tratamiento corresponde a la realización de un procedimiento para reducir únicamente la intensidad (dQ/dV) en una proporción uniforme a lo largo de toda la región de tensión.

Es decir, se conoce que, en la 'característica dQ/dV frente a V ' que representa el fenómeno de transición de fase de los cristales en la batería, debido a la interacción del cambio en la velocidad de reacción y el cambio en la interacción entre las sustancias que reaccionan en la superficie de las sustancias activas, existe generalmente un cambio no solo en las intensidades de pico, sino también en las posiciones de los picos, en las anchuras para los valores de mitad de pico (agudeza), y en la asimetría. Cuando la batería se deteriora, estos cambios, como consecuencia de los cambios en el estado de la superficie de la sustancia activa causados, por ejemplo, por cambios en la estructura de las sustancias activas y por reacciones colaterales, provocan cambios en la velocidad de reacción y en la interacción entre las sustancias que reaccionan.

Si la batería se deteriora, la manera como cambia la intensidad (dQ/dV) por causa del deterioro no está limitada a ser uniforme a lo largo de todo el intervalo de tensiones en las especificaciones de almacenamiento de la batería. Por esta razón, mediante el cambio únicamente de la intensidad (dQ/dV) como se ha hecho en el ejemplo convencional antes expuesto, no es posible hacer coincidir suficientemente los valores realmente medidos y, para mejorar la precisión a la hora de estimar la capacidad máxima, es necesario obtener y comparar los datos realmente medidos de la 'característica dQ/dV frente a V ' a lo largo de un amplio intervalo. Sin embargo, si se obtienen datos realmente medidos a lo largo de un amplio intervalo, se necesita mucho tiempo para la evaluación y existe un problema de compromiso en el que, si el intervalo de los datos realmente medidos se hace estrecho, debido a la manera como la intensidad (dQ/dV) cambia no es necesariamente uniforme en toda la región de la tensión, como se ha descrito anteriormente, el error de estimación se hace grande.

De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, debido a que las curvas de derivada de forma de onda independientes para cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo, individualmente, están formadas de manera que sean aproximadas por funciones correspondientes a los picos de cada una, los parámetros que modifican las alturas de los picos, las anchuras para los valores de mitad de pico (agudezas), la asimetría de los picos y las posiciones de empaquetamiento y otras magnitudes similares de cada pico de las funciones que constituyen las curvas de forma de onda independientes, pueden ser ajustados para modificar las alturas de los picos, las anchuras para los valores de mitad de pico (agudezas), la asimetría de los picos y las posiciones de los picos de las curvas de forma de onda independientes, y los picos correspondientes a cada una de las funciones

pueden ser ajustados finamente, y puede generarse la primera curva de derivada de referencia. Es posible, integrando el valor de la derivada dQ/dV con respecto al valor de la tensión V a lo largo del intervalo de la tensión utilizada V , determinar la capacidad máxima Q_{max} , con lo que se permite la estimación de la capacidad máxima Q_{max} de la batería con una precisión más elevada que en un ejemplo convencional.

5 De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, debido a que es posible ajustar de forma independiente los parámetros de funciones correspondientes a cada uno de los picos de la primera curva de derivada de referencia, y es también posible ajustar para conseguir una cierta relación causal fundamentada sobre una base electroquímica, incluso aunque el grado de deterioro de la batería no sea uniforme dependiendo de la región de la tensión, es posible formar la primera curva de derivada de referencia.

10 La Figura 14 muestra un ejemplo de la constitución de un sistema de medición 1A de capacidad de batería secundaria de acuerdo con una segunda realización de la presente invención. A los elementos constituyentes que son los mismos que en la constitución de la Figura 3 se les han asignado los mismos símbolos de referencia, y se describirán en lo que sigue únicamente los elementos constituyentes que son diferentes de los de la Figura 3. Se proporciona en la segunda realización mostrada en la Figura 14, además de la constitución del segundo sistema de medición de capacidad de batería secundaria de la Figura 3, un dispositivo de almacenamiento 19-4 de valores de corrección de temperatura.

15 En el entorno operativo real de un sistema de almacenamiento de energía de instalación fija, si bien hay casos en los que la temperatura de la sala se controla mediante aire acondicionado, existen entornos pasivos sometidos a aire exterior, con cambios drásticos de temperatura.

20 Incluso si la temperatura de la sala es controlada para que sea constante, el calor generado internamente por la carga y la descarga de una batería puede modificar la temperatura de la batería.

25 En general, es conocido que la característica de derivada de una curva, que indica la relación de correspondencia existente entre la capacidad Q y el valor de la tensión V de la batería, cambia con la temperatura. La causa de esto es la facilidad con la que las reacciones de inserción y las reacciones de eliminación de iones con respecto a la sustancia activa del electrodo positivo y el electrodo negativo de la batería, cambian con la temperatura, y la viscosidad del electrolito dentro de la batería cambia con la temperatura, lo que ocasiona, de esta forma, un cambio en la facilidad de movimiento de los iones entre electrodos. También, en el grafito u otros materiales utilizados en la batería que exhiben una pluralidad de fenómenos de transición de fase, existen partes en las que la sensibilidad a la característica de la batería, en lo que concierne a los fenómenos de transición de fase con respecto a la temperatura, es grande, y partes en las que la sensibilidad a la misma es pequeña.

30 Por esta razón, en la segunda realización, la característica de derivada de una curva que representa la relación de correspondencia existente entre la capacidad Q y el valor de la tensión V , se obtiene de antemano para diversas temperaturas de la batería en el estadio inicial. Se generan valores de corrección de temperatura para las curvas de derivada de forma de onda independientes a partir de cada uno del electrodo positivo y el electrodo negativo, utilizando un modelo de forma de onda independiente, y se inscriben y almacenan en el dispositivo de almacenamiento 19-4 de valores de corrección de temperatura.

35 Una vez llevado esto a cabo, partiendo del cambio en los parámetros con respecto a la temperatura referente a cada una de las formas de onda independientes, puede llevarse a cabo una interpolación u operación similar para determinar y almacenar los valores de corrección de temperatura de antemano para cada una de las curvas de derivada de forma de onda independientes.

40 Alternativamente, puede llevarse a cabo el método para almacenar un modelo de forma de onda independiente para diversas temperaturas en forma de relación de correspondencia. También, puede adoptarse el método de uso de una región con una pequeña sensibilidad en relación con la temperatura, en la característica de derivada de una curva que representa la relación de correspondencia existente entre la capacidad Q y el valor de la tensión V , a fin de estimar el SOC y la capacidad máxima Q_{max} .

45 El sistema de medición de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la presente realización tiene, por ejemplo, un sensor de temperatura (no mostrado). La información de temperatura suministrada como salida por el sensor de temperatura es aportada a la computadora de SOC 15 y a la computadora de capacidad máxima 16. Alternativamente, puede llevarse a cabo la disposición en la que se aporta información de temperatura desde el exterior a la computadora de SOC 15 y a la computadora de capacidad máxima 16.

50 Cuando cada una de la computadora de SOC 15 y la computadora de capacidad máxima 16 estima el SOC y la capacidad máxima Q_{max} , respectivamente, estas obtienen por lectura del dispositivo de almacenamiento 19-1 de datos de característica las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo que constituyen la primera curva de derivada de referencia.

65

- 5 Cada una de la computadora de SOC 15 y la computadora de capacidad máxima 16 obtienen por lectura del dispositivo de almacenamiento 19-4 de valores de corrección de temperatura, valores de corrección de temperatura de cada una de las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, correspondientes a las temperaturas contenidas en la información de temperatura.
- 10 Cada una de la computadora de SOC 15 y la computadora de capacidad máxima 16 corrige la curva de derivada de forma de onda independiente obtenida del electrodo positivo y del electrodo negativo que constituyen la lectura de la primera curva de derivada de referencia, utilizando el valor de corrección para cada curva de derivada de forma de onda independiente obtenida del electrodo positivo y del electrodo negativo, correspondientes a las temperaturas contenidas en la información de temperatura.
- 15 Cada una de la computadora de SOC 15 y la computadora de capacidad máxima 16 sintetiza las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo que se han corregido y que han generado la primera curva de derivada de referencia. Debido a que el procedimiento subsiguiente es el mismo que en la realización ya descrita, este se omitirá.
- 20 Por medio de la constitución antes descrita, la segunda realización puede estimar el SOC y la capacidad máxima Q_{max} con una elevada precisión en comparación con la estimación convencional, incluso en una realización en la que la temperatura de la batería cambie.
- 25 La estimación del SOC y la estimación de la capacidad máxima Q_{max} antes descritas pueden ser realizadas con respecto a las baterías individuales 22 que constituyen el módulo de baterías 2, o bien pueden llevarse a cabo colectivamente con respecto a las baterías 22 que constituyen el módulo de baterías 2.
- 30 Si la estimación se lleva a cabo con respecto a las baterías individuales 22, se preparan curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo, para cada una de las baterías 22, y las primeras curvas de derivada de referencia para cada una de las baterías 22 son inscritas y almacenadas en el dispositivo de almacenamiento 19-1 de datos de característica. En el caso de que la estimación se lleve a cabo colectivamente con respecto a las baterías 22 que constituyen el módulo de baterías 2, se preparan las curvas de derivada de forma de onda independientes obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo del módulo de baterías 2, en su conjunto, y la primera curva de derivada de referencia del módulo de baterías 2, en su conjunto, es inscrita y almacenada en el dispositivo de almacenamiento 19-1 de datos de característica de antemano.
- 35 *Cuantificación del deterioro del electrodo positivo y del electrodo negativo*
 Las realizaciones de la presente invención están basadas en un modelo de forma de onda independiente que indica los fenómenos de transición de fase de materiales de los electrodos de la batería. Debido a esto, si los materiales de los electrodos de la batería se conocen a ciencia cierta desde el principio, detectando de antemano si cada uno de los picos de la primera curva de derivada de referencia es la curva de derivada de forma de onda independiente obtenida del electrodo positivo o la curva de derivada de forma de onda independiente obtenida del electrodo negativo, es posible asociar cada pico ya sea con el electrodo positivo, ya sea con el electrodo negativo.
- 40 Por esta razón, en las realizaciones de la presente invención, es posible, a partir del cambio de cada una de las curvas de forma de onda independientes con respecto al deterioro de los valores de los parámetros (valores de los parámetros de los picos), estimar hasta cierto punto si el deterioro es del electrodo positivo o del electrodo negativo.
- 45 Por ejemplo, al desarrollar una función de la tendencia en el cambio de los picos, puede ser posible predecir el deterioro.
- 50 La Figura 15 muestra un ejemplo de tabla que indica la cuantificación del grado de deterioro del electrodo positivo y del electrodo negativo de la batería. La tabla de la Figura 15 es, por ejemplo, inscrita y almacenada en el dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos medidos. La tabla de la Figura 15 se describirá para el caso proporcionado a modo de ejemplo de los cuatro picos Pico 1, Pico 2, Pico 3 y Pico 4 de la primera curva de derivada de referencia.
- 55 El término 'origen' en la tabla es el elemento que indica si el pico es de la curva de derivada de forma de onda independiente obtenida del electrodo positivo o es de la curva de derivada de forma de onda independiente obtenida del electrodo negativo. En la Figura 15, el Pico 1 y el Pico 4 son picos de la curva de derivada de forma de onda independiente obtenida del electrodo positivo, y el Pico 2 y el Pico 3 son picos de la curva de forma de onda independiente obtenida del electrodo negativo.
- 60 Los parámetros son, por ejemplo, H, que indica el valor de intensidad de pico, y W, que indica la anchura para el
- 65

valor de mitad de pico.

Cada uno del Día 1, Día 2 y Día 3 indican el número de días que han transcurrido desde el comienzo de la operación. El Día 1 es tras haber transcurrido 1 día. El Día 2 es una vez transcurridos 2 días, y el Día 3 es tras haber transcurrido 3 días.

Para cada número de días transcurridos, el cambio en los parámetros ya descritos se inscribe y almacena.

En el ejemplo mostrado en la Figura 15 se entiende que, acompañando el deterioro, el cambio en los valores de los parámetros para el Pico 2 y el Pico 3 de la curva de derivada de forma de onda independiente obtenida del electrodo negativo es más pequeño que para el Pico 1 y el Pico 4 de la curva de derivada de forma de onda independiente obtenida del electrodo positivo.

Como se ha descrito anteriormente, debido a que el Pico 1 y el Pico 4 son picos de la curva de forma de onda independiente obtenida del electrodo positivo, y el Pico 2 y el Pico 3 son picos de la curva de derivada de forma de onda independiente obtenida del electrodo negativo, puede estimarse que, en esta batería, el deterioro del electrodo negativo ha progresado más que el deterioro del electrodo positivo.

Esto permite a las realizaciones de la presente invención que utilizan la tabla de Figura 15 estimar las tendencias al deterioro en el electrodo positivo y en el electrodo negativo de la batería, así como estimar el cambio futuro en las características de la batería.

A continuación, se describirá un sistema de medición 1B de capacidad de batería secundaria de la tercera realización. Antes de describir un ejemplo de la constitución de la tercera realización, se describirán los problemas que se solventan con la tercera realización.

Una batería hace uso de una reacción electroquímica, y es generalmente conocido el hecho de que, dependiendo del historial de uso (el modo como se han hecho reaccionar las sustancias activas contenidas en la batería), las 'características dQ/dV frente a V', que son las curvas características de derivada parcial correspondientes a la primera curva de derivada de referencia, cambiarán subsiguientemente. Como ejemplo de ello, existe un efecto de memoria en las 'características dQ/dV frente a V' de una batería. Este efecto de memoria es el fenómeno por el cual, antes de que la tensión de la batería se reduzca suficientemente, es decir, en el estado de un cierto grado de capacidad remanente (profundidad poco acusada de la descarga), si la descarga es detenida y, a continuación, se lleva a cabo de nuevo la descarga, el comportamiento en cuanto a la tensión exhibe un estrechamiento cerca de la de la detención de la descarga por primera vez, de tal manera que se provoca una modificación de la vida útil restante aparente de la batería.

Si bien existen diversas teorías en relación con el mecanismo del efecto de memoria, se ha sabido que una operación de refresco durante el lapso de tiempo prescrito para mantener la descarga completa (SOC del 0%) o la carga completa (SOC del 100%) resuelve el problema del efecto de memoria. Adicionalmente, cuanto más largo es el anterior tiempo de mantenimiento, más prominente es el efecto de refresco que aparece. Este efecto de memoria se produce sobre todo en baterías de NiCd y en baterías de níquel-hidrógeno, pero se ha llegado a constatar recientemente que también existe, aunque no de forma acusada, en las baterías de iones de litio (véase, por ejemplo, la divulgación de T. Sasaki et al. en Nature Materials 12, 569-575 (2013)).

A la hora de estimar el estado de una batería secundaria comparando las características de derivada y los valores realmente medidos de las curvas de carga y de descarga, se observa como deseable realizar la evaluación utilizando datos para carga y descarga a una velocidad baja. En general, debido a que la carga y la descarga a una velocidad baja tiene como resultado un progreso fiable de los fenómenos de inserción y eliminación por lo que respecta a las sustancias activas en una batería de iones de litio, basados en fenómenos de transición de fase, y también da lugar a pequeños efectos dinámicos tales como la difusión de sustancias en el interior de la batería, es posible aferrarse claramente al "cambio en la tensión (V) obtenido de las reacciones de transición de fase" dentro de la batería, que son importantes a la hora de estimar el DOC y de estimar la capacidad máxima. En un método tal como este para capturar las características del cambio en el potencial (V) de esta manera, el cambio en el comportamiento de la tensión causado por el efecto de memoria influye en gran medida en los resultados de la estimación del SOC o de la estimación de la capacidad máxima Q. Por esta razón, cuando se utiliza una batería secundaria que tiene un efecto de memoria, a la hora de estimar el SOC o la capacidad máxima, a fin de cancelar el efecto de memoria, se realiza generalmente el procedimiento de refresco, que descarga por completo (SOC del 0%) o carga por completo (SOC del 100%) la batería.

Sin embargo, el mantenimiento de una operación de refresco durante el periodo prescrito de tiempo para mantener la descarga completa (SOC del 0%) o la carga completa (SOC del 100%) hace que la evaluación requiera un largo tiempo, y esto es dificultoso desde un punto de vista práctico a la hora de utilizar baterías. La tercera realización, a fin de estimar el SOC o la capacidad máxima en un corto periodo de tiempo sin tener que mantener la carga completa (SOC del 100%) o la descarga completa (SOC del 0%) durante un periodo prescrito

de tiempo, determina si la curva característica de derivada parcial, que son datos realmente medidos, ha sido influenciada o no por el efecto de memoria, o bien lleva a cabo un tratamiento de descarga para refrescar a lo largo de un periodo de tiempo tan corto como sea posible.

5 La Figura 16 describe el refrescamiento del efecto de memoria en la curva característica de derivada parcial correspondiente a las primeras curvas de derivada de referencia obtenidas sintetizando curvas de derivada de forma de onda independientes del electrodo positivo y del electrodo negativo. En la Figura 16, la línea discontinua indica la primera curva de derivada de referencia, y a línea continua que se solapa con la línea discontinua (la línea continua entre la tensión S y la tensión E) indica la curva característica de derivada parcial. En la Figura 16, el eje vertical representa la intensidad (dQ/dV) y el eje horizontal representa la tensión, de manera que esto muestra el refrescamiento del efecto de memoria en el momento de la carga. En la Figura 16, por ejemplo, la curva de derivada de forma de onda independiente de electrodo positivo es aproximada, por ejemplo, por la función F1, y la curva de derivada de forma de onda independiente de electrodo negativo es aproximada por la síntesis de las funciones F2 y F3. Por lo tanto, debido a que la curva de derivada de forma de onda independiente de electrodo positivo y la curva de derivada de forma de onda independiente de electrodo negativo son sintetizadas, la primera curva de derivada de referencia está constituida por la síntesis de las curvas de cada una de las funciones F1, F2 y F3.

20 En las realizaciones de la presente invención, con la condición previa de que exista una transición de fase correspondiente a cada pico, la transición de fase de la sustancia activa del interior de la batería se produce en un punto de tensión en el que las faldas (a ambos extremos) de la primera curva de derivada de referencia se cortan con el cero del eje horizontal (la tensión a la que la intensidad dQ/dV es cero); es decir, si la tensión de corte con el cero del eje horizontal es la tensión R para la curva de cada función, se utiliza el refrescamiento del efecto de memoria cuando se produce una transición de fase entre picos.

25 La Figura 16 muestra las condiciones para llevar a cabo el refrescamiento del efecto de memoria en la curva característica de derivada parcial a la hora de la carga. En la curva característica de derivada parcial, la tensión S es la tensión al comienzo del ciclo de carga en curso, la tensión E es la tensión al detenerse el ciclo de carga en curso, la tensión R (umbral de SOC) es la tensión a la que se refresca el efecto de memoria, y la tensión M es la tensión a la que se ha detenido el ciclo de carga previo y se ha iniciado la descarga.

30 Es decir, si la tensión E al detenerse el ciclo de carga en curso supera la tensión M al detenerse la carga del ciclo inmediatamente precedente, en la región de la tensión que pasa por la tensión M, se produce una variación anormal de la intensidad (dQ/dV) en la curva característica de derivada parcial. Sin embargo, al hacer la tensión al comienzo de la carga más baja que la tensión refrescada R, el efecto de memoria en la tensión M es refrescado. Al existir la tensión de memoria M en un pico correspondiente a la función F3, a una tensión que es más baja que la tensión R a la que la curva de la función F3 corta el cero, la carga se inicia desde dentro del pico correspondiente a la función F2 diferente, y el efecto de memoria en la curva característica de derivada parcial, en el momento de la carga, se refresca, pasando por la tensión R a la que se produce una transición de fase de la sustancia activa durante la descarga.

40 La Figura 17 describe un refrescamiento del efecto de memoria en una curva característica de derivada parcial correspondiente a la primera curva de derivada de referencia obtenida sintetizando curvas de derivada de forma de onda independientes de un electrodo positivo y un electrodo negativo. En la Figura 17, la línea discontinua indica la primera curva de derivada de referencia, y la línea continua que se solapa con la línea discontinua (la línea continua entre la tensión S y la tensión E) indica la curva característica de derivada parcial. En la Figura 17, el eje vertical representa la intensidad (dQ/dV) y el eje horizontal representa la tensión, y esto muestra el refrescamiento del efecto de memoria en el momento de la descarga. En la Figura 17, por ejemplo, similarmente a la Figura 16, la curva de derivada de forma de onda independiente del electrodo positivo es aproximada, por ejemplo, por la función F1, y la curva de derivada de forma de onda independiente es aproximada por la síntesis de las funciones F2 y F3. Por lo tanto, debido a que la curva de forma de onda independiente de electrodo positivo y la curva de derivada de forma de onda independiente de electrodo negativo son sintetizadas, la primera curva de derivada de referencia está constituida por la síntesis de las curvas de cada una de las Funciones F1, F2 y F3.

55 En las realizaciones de la presente invención, como ya se ha descrito, la transición de fase de la sustancia activa del interior de la batería se produce en un punto o valor de tensión para el que las faldas (en ambos extremos) de la primera curva de derivada de referencia cortan el cero del eje horizontal (la tensión a la que la intensidad dQ/dV es cero), es decir, en la tensión de corte con el cero del eje horizontal para la curva de cada función, se utiliza el refrescamiento del efecto de memoria cuando se produce una transición de fase.

60 La Figura 7 muestra las condiciones para llevar a cabo el refrescamiento del efecto de memoria en la curva característica de derivada parcial a la hora de la descarga. La tensión S es la tensión al comienzo del ciclo de descarga en curso, la tensión E es la tensión al detenerse el ciclo de descarga en curso, la tensión R es la tensión a la que el efecto de memoria es refrescado, y la tensión M es la tensión a la que el ciclo de descarga previo es

detenido y se inicia la carga.

Es decir, si la tensión E al producirse la detención del ciclo de descarga en curso es más baja que la tensión M al detenerse la descarga en el ciclo inmediatamente precedente, en la región de tensión que pasa por la tensión M, se produce una variación anormal de la intensidad (dQ/dV) en la curva característica de derivada parcial. Sin embargo, haciendo la tensión al comienzo de la descarga igual o más alta que la tensión refrescada R, el efecto de memoria a la tensión M es refrescado. Al existir la tensión de memoria M en un pico correspondiente a la función F2, a una tensión que es más baja que la tensión R a la que la curva de la función F2 corta el cero, la descarga se inicia desde el interior de un pico correspondiente a una función F3 diferente, y el efecto de memoria en la curva característica de derivada parcial en el momento de la descarga es refrescado, de manera que pasa por la tensión R a la que se produce una transición de fase de la sustancia activa durante la descarga.

En la Figura 16 y en la Figura 17, la tensión R a la que se realiza el refrescamiento, como ya se ha descrito, se ajusta en un valor de tensión en el que cada una de las funciones (por ejemplo, las funciones F1, F2 y F3) que forman la primera curva de derivada de referencia, es decir, las curvas de cada una de las funciones correspondientes a picos de la primera curva de derivada de referencia, corta el cero del eje horizontal (eje de la tensión) (la tensión a la que la intensidad dQ/dV es cero). Esta tensión R se determina mediante cálculos tanto a la izquierda como a la derecha de la curva.

En el caso de que las faldas de las curvas de una función sean largas y el valor de tensión de corte con el cero se ensanche en gran medida, a fin de incluir un pico de una curva de otra función, la tensión a la que una línea tangente que tiene la mayor pendiente de entre las líneas tangentes a las curvas, corta el eje horizontal puede establecerse como la tensión R. Un valor tal como un valor de tensión que es el 5% del valor de pico para el que se observa el efecto de refrescamiento al llevar a cabo un experimento de antemano para el valor de pico existente en el pico de la intensidad (dQ/dV), puede establecerse como la tensión R.

A continuación, se describirá un ejemplo de la constitución de un sistema de medición 1B de capacidad de batería secundaria de la tercera realización. La Figura 18 (18) muestra un ejemplo de la constitución de un sistema de medición de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la tercera realización de la presente invención. La tercera realización tiene, en lugar de la computadora de SOC 15, la computadora de capacidad máxima 16 y el dispositivo de almacenamiento 19-2 de datos de medición de la primera realización, la computadora de SOC 15B, la unidad de computación de capacidad máxima 16B y el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición, respectivamente. En lo que sigue se describirán los elementos constitutivos y el funcionamiento de la tercera realización que difieren con respecto a la primera realización.

El dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición almacena, independientemente de la zona de memoria de la estructura de registro de almacenamiento intermedio de anillo de la primera realización, la tensión M a la que se ha detenido la carga en el ciclo de carga inmediatamente precedente (en lo que sigue de esta memoria, la tensión MC), y la tensión M a la que se ha detenido la descarga inmediatamente precedente (en lo que sigue de esta memoria, la tensión MD), las cuales son inscritas en el mismo por el controlador 17. En las realizaciones de la presente invención, el controlador 17, en el ciclo de carga y el ciclo de descarga inmediatamente precedentes, inscribe y almacena la tensión E a la que la carga se ha detenido en el ciclo de carga, como la tensión MC, en el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición, e inscribe y almacena la tensión E a la que se ha detenido la descarga en el ciclo de descarga, como la tensión MD, en el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición.

La Figura 19 muestra un ejemplo de la constitución de la computadora de SOC 15B de la Figura 18 en la tercera realización. En la Figura 19, la computadora de SOC 15B tiene el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B, la computadora de error de SOC 152, el procesador de optimización de SOC 153, el determinador de SOC 154 y el dispositivo de reestimación de SOC 155.

En este caso, la computadora de error de SOC 152, el procesador de optimización de SOC 153, el dispositivo determinador de SOC 154 y el dispositivo de reestimación de SOC 155 están, cada uno de ellos, constituidos de la misma manera que la computadora de error de SOC 152, el procesador de optimización de SOC 153, el dispositivo determinador de SOC 154 y el dispositivo de reestimación de SOC 155 de la computadora de SOC 15 de la primera realización.

El dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B, además del funcionamiento del dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151 en la computadora de SOC 15 de la primera realización, lleva a cabo el siguiente procedimiento a la hora de estimar el SOC. Cuando el SOC se estima utilizando datos de carga, que son la curva característica de derivada parcial cuando se realiza la carga (un conjunto de datos consistente en datos de medición en el ciclo de carga en curso, almacenados en el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición), el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B lee la tensión inmediatamente precedente MC en el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición. A continuación, el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B compara la

tensión E a la que se ha detenido la carga en el ciclo de carga en curso, con la tensión MC leída en el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición.

5 Una vez llevado esto a cabo, si el dispositivo determinador 151B de capacidad de computación de SOC determina que la tensión E es igual o mayor que la tensión MC (la tensión MC está incluida en la curva característica de derivada parcial), debido a que la influencia del efecto de memoria se produce cuando se pasa por la tensión M, se realiza una evaluación con respecto a si se lleva a cabo o no el refrescamiento con respecto al efecto de memoria. Es decir, el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B determina si la tensión S a la que se ha iniciado el ciclo de carga en curso se encuentra o no por debajo de la tensión R a la que se lleva a cabo el refrescamiento (lo que puede incluir una evaluación acerca de si la tensión R está incluida en la curva característica de derivada parcial). A continuación, si el dispositivo determinador 151B de capacidad de computación de SOC determina que la tensión S es más baja que la tensión R (incluyendo la evaluación sobre si la tensión R está incluida en la curva característica de derivada parcial), tomándose el efecto de memoria para ser refrescado, se realiza la determinación de que los datos de carga del ciclo de carga en curso pueden ser utilizados para la estimación del SOC. Si, sin embargo, el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B determina que la tensión S es igual o mayor que la tensión R, tomándose el efecto de memoria de manera que no es refrescado, se realiza la determinación de que los datos de carga del ciclo de carga en curso no pueden ser utilizados para la estimación del SOC.

20 La Figura 20 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de la operación en el procedimiento para estimar el SOC utilizando la primera curva característica de derivada parcial y la segunda curva característica de derivada parcial de la tercera realización.

25 En la Figura 20, cada una de la etapa S201, la etapa S203, la etapa S204 y la etapa S205 son las mismas que la etapa S201, la etapa S203, la etapa S204 y la etapa S205 de la Figura 10.

En el diagrama de flujo de la Figura 20, la etapa S202B está interpuesta entre la etapa S202 y la etapa S203 del diagrama de flujo de la Figura 10. En lo que sigue, tan solo se describirá el funcionamiento de la etapa S202B.

30 En la etapa S202B, si el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B determina que se utiliza la curva característica de derivada parcial, que son datos de carga, para la estimación del SOC, este lee la tensión MC en el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición y determina si la tensión E es igual o mayor que la tensión MC.

35 Si el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B determina que la tensión E es igual o mayor que la tensión MC (incluyendo el hecho de que la tensión MC esté incluida en la curva característica de derivada parcial), debido a que la influencia del efecto de memoria se produce cuando se pasa por la tensión MC, este determina si se lleva o no a cabo un refrescamiento con respecto al efecto de memoria. Es decir, el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B determina si la tensión S a la que se ha iniciado el ciclo de carga en curso es o no menor que la tensión R a la que se ha hecho el refrescamiento.

40 Si el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B determina que la tensión E se encuentra por debajo de la tensión MC, o si la tensión S se encuentra o no por debajo de la tensión R (incluyendo el hecho de que la tensión R esté incluida en la curva característica de derivada parcial), el procedimiento prosigue por la etapa S203. Sin embargo, si el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B determina que la tensión E es igual o mayor que la tensión MC y también que la tensión S es igual o mayor que la tensión R, no siendo posible la computación del SOC por medio de la curva característica de derivada parcial en el momento de la carga, el procedimiento prosigue por la etapa S201.

50 En la etapa S202B, si el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B determina que la curva característica de derivada parcial, que son datos de descarga, ha de ser utilizada para la estimación del SOC, este lee la tensión MD en el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición y determina si la tensión E es o no más baja que la tensión MD (lo que puede incluir la determinación acerca de si la tensión R está o no incluida en la curva característica de derivada parcial).

55 Si el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B determina que la tensión E se encuentra por debajo de la tensión MD, debido a que la influencia del efecto de memoria se producirá cuando se pasa por la tensión MC, este determina si se lleva a cabo o no el refrescamiento del efecto de memoria. Es decir, el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B determina si la tensión S a la que se ha iniciado el ciclo de carga en curso excede o no de la tensión R a la que se realiza el refrescamiento (incluyendo la determinación de que la tensión R está incluida en la curva característica de derivada parcial).

60 A continuación, si el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC 151B determina que la tensión E excede de la tensión MD o que la tensión S excede de la tensión R (incluyendo la determinación de que la tensión R está incluida en la curva característica de derivada parcial), siendo posible la computación del SOC

por la curva característica de derivada parcial en el momento de la descarga, el procedimiento prosigue por la etapa S203. Sin embargo, si el dispositivo determinador 151B de capacidad de computación de SOC determina que la tensión E es igual o menor que la tensión MD y también que la tensión S es igual o menor que la tensión R, no siendo posible la computación del SOC por parte de la curva característica de derivada parcial en el momento de la descarga, el procedimiento prosigue por la etapa S201.

La Figura 21 muestra un ejemplo de la constitución de la computadora de capacidad máxima 16B de la Figura 18 en la tercera realización. En la Figura 21, la computadora de capacidad máxima 16B tiene el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B, la computadora de error de capacidad máxima 162, el procesador de optimización de capacidad máxima 163, el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia y el dispositivo determinador de capacidad máxima 165.

En este caso, la computadora de error de capacidad máxima 162, el procesador de optimización de capacidad máxima 163, el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia y el dispositivo determinador de capacidad máxima 165 tienen las mismas estructuras o constituciones que la computadora de error de capacidad máxima 162, el procesador de optimización de capacidad máxima 163, el dispositivo reconstructor 164 de curva de derivada de referencia y el dispositivo determinador de capacidad máxima 165 de la computadora de capacidad máxima 16 de la primera realización.

El dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B, además del funcionamiento del dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161 de la computadora de capacidad máxima 16 de la primera realización, lleva a cabo el siguiente procedimiento a la hora de estimar la capacidad máxima. El dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B lee la tensión inmediatamente precedente MC en el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición cuando la capacidad máxima es estimada utilizando los datos de carga, los cuales constituyen la curva característica de derivada parcial (un conjunto de datos consistente en datos de medición en el ciclo de carga en curso, almacenados en el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición). A continuación, el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B compara la tensión E para la que se ha detenido la carga en el ciclo de carga en curso, con la tensión MC leída en el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición.

Una vez llevado esto a cabo, si el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina que la tensión E es igual o mayor que la tensión MC, debido a que la influencia del efecto de memoria se produce cuando se pasa por la tensión M, este determina si se ha realizado o no el refrescamiento del efecto de memoria. Es decir, el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina si la tensión S a la que se ha iniciado el ciclo de carga en curso es o no más baja que la tensión R a la que se realiza el refrescamiento. A continuación, si el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina que la tensión S es menor que la tensión R, habiéndose llevado a cabo el refrescamiento del efecto de memoria, se lleva a cabo la determinación de que los datos de carga del ciclo de carga en curso pueden ser utilizados en la estimación de la capacidad máxima. Sin embargo, si el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina que la tensión S es igual o mayor que la tensión R, no habiéndose llevado a cabo el refrescamiento del efecto de memoria, se realiza la determinación de que los datos de carga del ciclo de carga en curso no pueden ser utilizados para estimar la capacidad máxima.

La Figura 22 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de la operación en el procedimiento para estimar el SOC utilizando la primera curva característica de derivada parcial y la segunda curva característica de derivada parcial en la tercera realización.

En la Figura 22, la etapa S301, la etapa S303, la etapa S304 y la etapa S305 son las mismas que la etapa S301, la etapa S303, la etapa S304 y la etapa S305 de la Figura 12.

En el diagrama de flujo de la Figura 22, la etapa S302B está interpuesta entre la etapa S302 y la etapa S303 del diagrama de flujo de la Figura 12. En lo que sigue tan solo se describirá el funcionamiento de la etapa S302B.

En la etapa S302B, si el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina que la curva característica de derivada parcial, que son datos de carga, se ha de utilizar en la estimación de la capacidad máxima, este lee la tensión MC en el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición y determina si la tensión E es o no igual o mayor que la tensión MC.

Si el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina que la tensión E es igual o mayor que la tensión MC, debido a que la influencia del efecto de memoria se producirá cuando se pase por la tensión MC, este determina si se lleva a cabo o no el refrescamiento del efecto de memoria. Es decir, el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina si la tensión S a la que se ha iniciado el ciclo de carga en curso es o no más baja que la tensión R a la que se lleva a cabo el

refrescamiento.

5 A continuación, si el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina que la tensión E es más baja que la tensión MC o que la tensión S es más baja que la tensión R, siendo posible la computación de la capacidad máxima por medio de la curva característica de derivada parcial en el momento de la carga, el procedimiento prosigue por la etapa S303. Sin embargo, si el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina que la tensión E es igual o mayor que la tensión MC y también que la tensión S es igual o mayor que la tensión R, no siendo posible la computación de la capacidad máxima por medio de la curva característica de derivada parcial en el momento de la carga, el procedimiento prosigue por la etapa S301.

15 En la etapa S302B, si el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina que la curva característica de derivada parcial, que consiste en datos de descarga, ha de utilizarse en la estimación de la capacidad máxima, este lee la tensión MD en el dispositivo de almacenamiento 19-2B de datos de medición y determina si la tensión E es o no igual o menor que la tensión MD.

20 A continuación, si el dispositivo de determinación de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina que la tensión E es igual o menor que la tensión MD, debido a que la influencia del efecto de memoria se produce cuando se pasa por la tensión MD, se realiza una evaluación acerca de si se realiza o no el refrescamiento con respecto al efecto de memoria. Es decir, el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina si la tensión S a la que se ha iniciado el ciclo de carga en curso excede o no de la tensión R a la que se realiza el refrescamiento.

25 A continuación, si el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina que la tensión E excede de la tensión MD o que la tensión S excede de la tensión R, siendo posible la computación de la capacidad máxima por medio de la curva característica de derivada parcial en el momento de la descarga, el procedimiento prosigue por la etapa S303. Sin embargo, si el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima 161B determina que la tensión E es igual o menor que la tensión MD y también que la tensión S es igual o menor que la tensión R, no siendo posible la computación de la capacidad máxima por medio de la curva característica de derivada parcial en el momento de la descarga, el procedimiento prosigue por la etapa S301.

35 De acuerdo con las realizaciones antes descritas de la presente invención, a la hora de estimar el SOC y la capacidad máxima, debido a que se realiza una determinación acerca de si los datos de medición (curva característica de derivada parcial) utilizados en la estimación incluyen o no la influencia del efecto de memoria, y únicamente los datos de medición que no incluyen la influencia del efecto de memoria son utilizados para estimar el SOC y la capacidad máxima, es posible evitar un incremento del error en la estimación del SOC y del error en la estimación de la capacidad máxima debido al efecto de memoria, con lo que se hace posible la estimación del SOC y de la capacidad máxima con una elevada precisión y un funcionamiento estable de las baterías. En las realizaciones de la presente invención, la evaluación acerca de si la curva característica de derivada parcial incluye o no la influencia del efecto de memoria, se realiza en términos de si la tensión M está incluida o no dentro de la curva característica de derivada parcial a partir de la tensión S y de la tensión E, y, en el caso de que la tensión M esté incluida en la curva característica de derivada parcial, de si la tensión R está incluida en la curva característica de derivada parcial, y también la tensión S en el ciclo de carga o en el ciclo de descarga existe antes de la tensión R en la dirección de cambio de la tensión a la hora de la carga y la descarga.

40 De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, es posible la estimación del SOC y de la capacidad máxima dentro de un corto periodo de tiempo, sin tener que llevar a cabo una operación de refrescamiento que mantenga el estado completamente descargado (SOC del 0%) o el estado completamente cargado (SOC del 100%) durante un lapso prescrito de tiempo, y también sin que se requiera un largo periodo de tiempo para estimar el SOC y la capacidad máxima.

50 Si bien cada una de la computadora de SOC 15B y la computadora de capacidad máxima 16B se ha descrito como reemplazo de la computadora de SOC 15 y la computadora de capacidad máxima 16 de la primera realización, respectivamente, cada una de la segunda computadora de SOC 15 y computadora de capacidad máxima 16 puede ser reemplazada.

60 Puede adoptarse una constitución en la que la función antes señalada de determinar si se ha realizado o no el procedimiento para refrescar el efecto de memoria, se ha proporcionado en los controladores 17 de la primera realización y de la segunda realización, y llevarse a cabo para controlar de manera tal, que, en el ciclo de carga, la tensión M a la que tiene lugar el efecto de memoria no está incluida entre la tensión de inicio de carga S y la tensión de final de carga E, y de forma tal, que, en el ciclo de descarga, la tensión M a la que tiene lugar la influencia del efecto de memoria no está incluida entre la tensión de inicio de descarga S y la tensión de final de descarga E.

65

5 Un programa para implementar la capacidad funcional del sistema de medición 1 de capacidad de batería secundaria de la Figura 1, del sistema de medición 1A de capacidad de batería secundaria de la Figura 14, y del sistema de medición 1B de capacidad de batería secundaria de la Figura 18 de la presente invención, puede ser almacenado en un medio de registro legible por computadora, habiéndose realizado un sistema informático para leer y ejecutar el programa almacenado en el medio de registro, a fin de llevar a cabo el procedimiento del sistema de medición de capacidad de batería secundaria. La expresión 'sistema informático' incluye un sistema operativo y hardware tal como dispositivos periféricos. La expresión 'sistema informático' puede incluir un sistema WWW que tiene un entorno destinado a proporcionar un sitio web (o un entorno de presentación visual). La expresión 'medio de registro legible por computadora' se refiere a un medio extraíble tal como un disco flexible, un disco optomagnético, una ROM, un CD-ROM o un elemento similar, o bien un dispositivo de almacenamiento tal como un disco duro o elemento similar, incorporado en un sistema informático. Adicionalmente, el 'medio de registro legible por computadora' abarca uno que albergue un programa durante un periodo de tiempo dado, tal como una memoria volátil (RAM), dentro de un sistema informático que hace las veces de servidor o de cliente en el caso de que se transmita un programa a través de la red.

15 El programa antes señalado puede ser transferido desde un sistema informático en el que el programa se encuentra almacenado en un dispositivo de registro o elemento similar, a través de un medio de transferencia o mediante la transferencia a otra computadora por una onda de transferencia, en el seno de un medio de transferencia. En este caso, el 'medio de transferencia' que transfiere el programa es un medio que tiene la función de transferir información, tal como una red (red de comunicación), tal como la internet, o un circuito de comunicación (línea de comunicación), tal como un circuito telefónico. El programa antes señalado puede ser para implementar una parte de la capacidad funcional antes descrita. Adicionalmente, puede ser un denominado archivo diferencia (programa diferencia), que permite la implementación por combinación con un programa que ya ha registrado en él la capacidad funcional antes señalada, en un sistema informático.

25

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria, que comprende:

5 un conversor de datos (13), configurado para determinar una curva característica de derivada parcial de una derivada dQ/dV de la capacidad con respecto a la tensión, con la tensión, de tal manera que la curva característica de derivada parcial indica una correspondencia entre el valor de la derivada dQ/dV y un valor de la tensión V , a partir de un conjunto de datos historiales de valores realmente medidos, de forma secuencial en el tiempo, de tensión y de corriente;

10 una computadora de SOC (15), configurada para computar una diferencia entre la curva característica de derivada parcial y la curva de derivada de referencia que indica una característica de referencia de la derivada de la capacidad con respecto a la tensión, y configurada para ajustar la curva de derivada de referencia a la curva característica de derivada parcial mediante la reducción de la diferencia para estimar un SOC; y

15 una computadora de capacidad máxima (16), configurada para estimar un valor máximo de capacidad integrando el valor de derivada dQ/dV en el valor de la tensión V a lo largo del intervalo de tensiones que se utiliza, de tal manera que la curva de derivada de referencia viene dada por un complejo formado por la primera y la segunda curvas de derivada de referencia, de tal manera que la primera curva de derivada característica se obtiene de un material positivo de un electrodo positivo de batería, y la segunda curva de derivada característica se obtiene de un material negativo de un electrodo negativo de batería,

20 de tal modo que la curva de derivada de referencia viene dada por un complejo de curvas independientes formado por las primera y segunda curvas de derivada características, y de forma que las primera y segunda curvas de derivada características son aproximadas por unas primera y segunda funciones que incluyen primeros y segundos parámetros característicos de transición de fase del material positivo y del material negativo, respectivamente.

25 2. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual las curvas de las primera y segunda funciones son ajustables por los primeros y segundos parámetros característicos, respectivamente.

30 3. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual cada una de las curvas características de derivada parcial y la curva de derivada de referencia consisten en un par de primera y segunda curvas, de tal manera que la primera curva representa una primera relación de correspondencia entre una tensión V de la batería y un valor dQ/dV obtenido por diferenciación de la capacidad Q tomando un cambio d/dV en la tensión como operador diferencial, y

35 de tal modo que la segunda curva representa una segunda relación de correspondencia entre la capacidad Q de la batería y un valor dV/dQ obtenido diferenciando el valor de tensión V , al tomar un cambio d/dQ en la capacidad como operador diferencial.

40 4. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, adicionalmente:

45 un dispositivo reconstructor (164) de curva de derivada de referencia, que, cuando la computadora de capacidad máxima (16) corrige la curva de derivada de referencia, lleva a cabo un ajuste entre la curva característica de derivada parcial y la curva de derivada de referencia, y que corrige la curva de derivada de referencia ajustando las curvas de derivada características obtenidas del electrodo positivo y del electrodo negativo de manera que se correspondan con la forma ajustada de la curva característica de derivada parcial, de tal manera que la computadora de capacidad máxima estima la capacidad máxima utilizando la curva de derivada de referencia corregida.

50 5. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la computadora de SOC (15) tiene un dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC (151) que determina si la magnitud máxima del valor dV/dQ en la curva característica de derivada parcial de la primera relación de correspondencia es o no menor que un primer umbral establecido de antemano, y

55 en el cual, si el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC determina que la magnitud máxima del valor dQ/dV en la curva característica de derivada parcial de la primera relación de correspondencia es menor que el primer umbral establecido de antemano, la computadora de SOC estima el SOC.

60 6. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 5, en el cual, si el SOC de retorno correspondiente a un punto de retorno de la carga / descarga inmediatamente precedente está incluido en la curva característica de derivada parcial, el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC (151) determina si el umbral de SOC, basándose en el pico de la curva de derivada de referencia, debido a la transición de fase del material de electrodo de la batería, está o no incluido en la curva característica de derivada parcial, y

65 si la determinación es que el umbral de SOC está incluido en la curva característica de derivada parcial, la

computadora de SOC (15) estima el SOC.

7. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el dispositivo determinador (151) de capacidad de computación de SOC determina si la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del valor dV/dQ en la curva característica de derivada parcial de la segunda relación de correspondencia excede o no de un segundo umbral establecido de antemano, y en que cual, si el dispositivo determinador de capacidad de computación de SOC determina que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del valor dV/dQ en la curva característica de derivada parcial de la segunda relación de correspondencia excede o no del segundo umbral establecido de antemano, la computadora de SOC (15) estima el SOC.

8. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la computadora de capacidad máxima (16) tiene un dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima (161) que determina si la magnitud máxima del valor dQ/dV en la curva característica de derivada parcial de la primera relación de correspondencia excede o no del primer umbral establecido de antemano, y en el cual, si el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima determina que la magnitud máxima del valor dQ/dV en la curva característica de derivada parcial de la primera relación de correspondencia excede del primer umbral establecido de antemano, la computadora de capacidad máxima estima la capacidad máxima.

9. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 8, en el cual, si el SOC de retorno correspondiente a un punto de retorno de la carga / descarga inmediatamente precedente está incluido en la curva característica de derivada parcial, el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima (161) determina si el umbral de SOC, basándose en el pico de la curva de derivada de referencia, debido a la transición de fase del material de electrodo de la batería, está o no incluido en la curva característica de derivada parcial, y si la determinación es que el umbral de SOC está incluido en la curva característica de derivada parcial, la computadora de capacidad máxima (16) estima la capacidad máxima.

10. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima (161) determina si la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del valor dV/dQ en la curva característica de derivada parcial de la segunda relación de correspondencia excede o no de un tercer umbral establecido de antemano, y en el cual, si el dispositivo determinador de facultad de computación de capacidad máxima determina que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del valor dV/dQ en la curva característica de derivada parcial de la segunda relación de correspondencia excede del tercer umbral establecido de antemano, la computadora de capacidad máxima (16) estima la capacidad máxima Q_{max} .

11. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, adicionalmente:
un procesador de procesador de promediado (12), que lleva a cabo un procedimiento de promediado por fragmentos o en movimiento, dentro de un intervalo de tiempo prescrito, con respecto a valores de medición obtenidos en forma de una tensión V y una corriente I de una batería cargada y descargada en una secuencia temporal, a fin de tomar el valor promedio determinado como datos secuenciales en el tiempo del valor medido.

12. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual:
la computadora de SOC (15) tiene una computadora de error de SOC (152) que computa la diferencia entre la curva de derivada de referencia y la curva característica de derivada parcial, la computadora de error de SOC, utilizando una curva de derivada de referencia de la segunda relación de correspondencia, que ha sido corregida por la curva característica de derivada parcial de la segunda relación de correspondencia en el dispositivo reconstructor (164) de curva de derivada de referencia, computa la diferencia entre la curva de derivada de referencia y la curva característica de derivada parcial con el fin de optimizar, como variable, la capacidad que ha sido integrada en el punto de comienzo de la curva característica de derivada parcial, y la computadora de SOC reestima el SOC mediante la capacidad optimizada.

13. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual:
la computadora de capacidad máxima (16) tiene una computadora de error de capacidad máxima (162) que computa la diferencia entre la curva de derivada de referencia y la curva característica de derivada parcial, de tal manera que se computa la diferencia entre la curva característica de derivada parcial de la primera relación de correspondencia y la curva de derivada de referencia de la primera relación de correspondencia, o

entre la curva característica de derivada parcial de la segunda relación de correspondencia y la curva de derivada de referencia de la segunda relación de correspondencia, y se optimiza la curva característica de derivada parcial de la primera relación de correspondencia,
 el dispositivo reconstructor (164) de curva de derivada de referencia corrige la curva de derivada de referencia de la primera relación de correspondencia por medio de la curva característica de derivada parcial optimizada de la primera relación de correspondencia, y
 la computadora de capacidad máxima, integrando la curva de derivada de referencia de la primera relación de correspondencia que ha sido corregida por medio de la curva característica de derivada parcial de la primera relación de correspondencia, dentro del intervalo para el valor de tensión V prescrito, computa la capacidad máxima de la batería secundaria.

14. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 13, en el cual, si existe una pluralidad de picos en la curva característica de derivada parcial de la primera relación de correspondencia, cuando se computa la diferencia entre la curva de derivada de referencia y la curva característica de derivada parcial de la primera relación de correspondencia, la computadora de error de capacidad máxima (162) utiliza las distancias entre las separaciones de pico como uno de los parámetros a la hora de computar los errores, y la computadora de capacidad máxima (16), integrando la curva de derivada de referencia de la primera relación de correspondencia, que ha sido corregida por los valores de pico de la curva característica de derivada parcial de la primera relación de correspondencia, dentro del intervalo para el valor de tensión V prescrito, computa la capacidad máxima de la batería secundaria.

15. El sistema de medición (1) de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la computadora de SOC (15) y la computadora de capacidad máxima (16) están configuradas respectivamente para estimar el SOC y el valor máximo de capacidad, en un procedimiento en paralelo.

16. Un método de medición de capacidad de batería secundaria, que comprende:

determinar una curva característica de derivada parcial de una derivada de la capacidad con respecto a la tensión, dQ/dV , a lo largo de la tensión, de tal manera que la curva característica de derivada parcial indica una correspondencia entre el valor de la derivada dQ/dV y un valor de la tensión V , a partir de un conjunto de datos historiales de valores realmente medidos, secuencialmente en el tiempo, de la tensión y la corriente;
 computar una diferencia entre la curva característica de derivada parcial y una curva de derivada de referencia que indica una característica de referencia de la derivada de la capacidad con respecto a la tensión;
 ajustar la curva de derivada de referencia a la curva característica de derivada parcial reduciendo la diferencia, a fin de estimar el SOC; y
 estimar un valor máximo de capacidad mediante la integración del valor de la derivada dQ/dV en el valor de la tensión, a lo largo del intervalo de tensiones de uso,
 de tal manera que la curva de derivada de referencia viene dada por un complejo constituido por unas primera y segunda curvas de derivada características, de forma que la primera curva de derivada característica se obtiene de un material positivo de un electrodo positivo de una batería, y la segunda curva de derivada característica se obtiene de un material negativo de un electrodo negativo de la batería,
 de tal modo que la curva de derivada de referencia viene dada por un complejo de curvas independientes formado por las primera y segunda curvas de derivada características, y
 de manera que las primera y segunda curvas de derivada características son aproximadas por unas primera y segunda funciones que incluyen primeros y segundos parámetros característicos de transición de fase del material positivo y del material negativo, respectivamente.

17. El método de medición de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 16, en el cual las curvas de las primera y segunda funciones son ajustables por los primeros y segundos parámetros característicos, respectivamente.

18. El método de medición de capacidad de batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 16, en el cual la computadora de SOC (15) y la computadora de capacidad máxima (16) están configuradas, respectivamente, para estimar el SOC y el valor máximo de la capacidad en un procedimiento en paralelo.

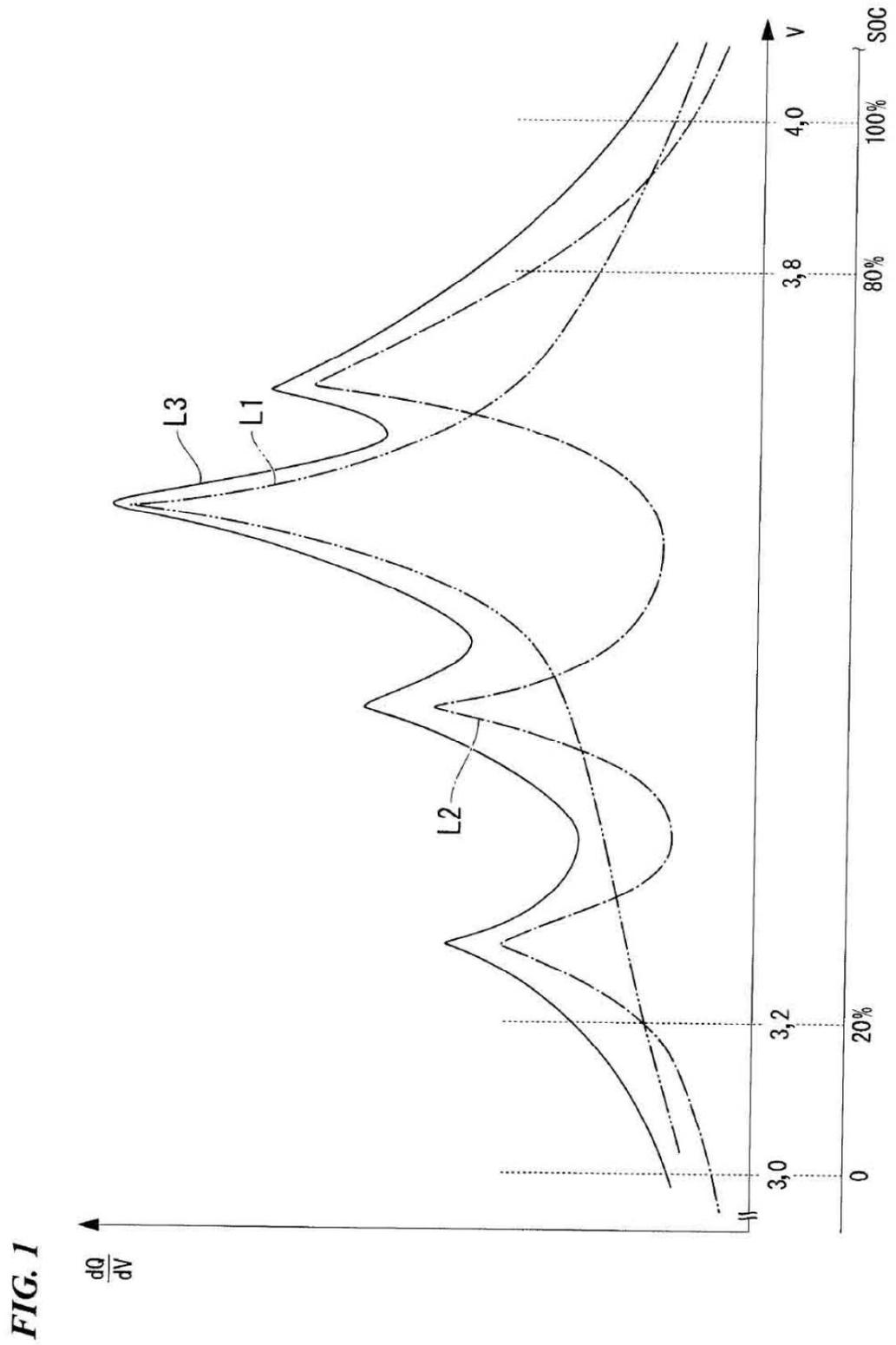
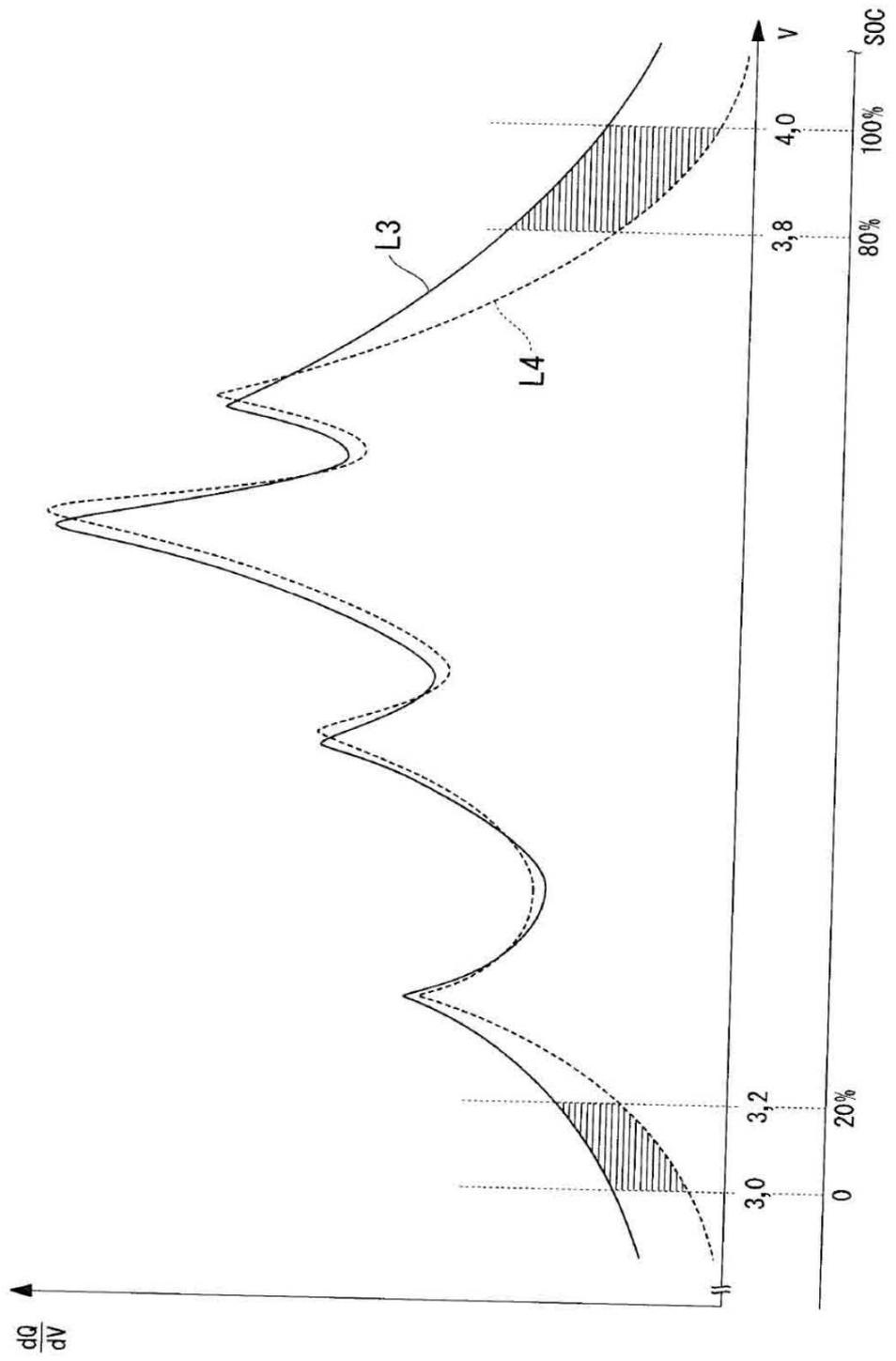


FIG. 2



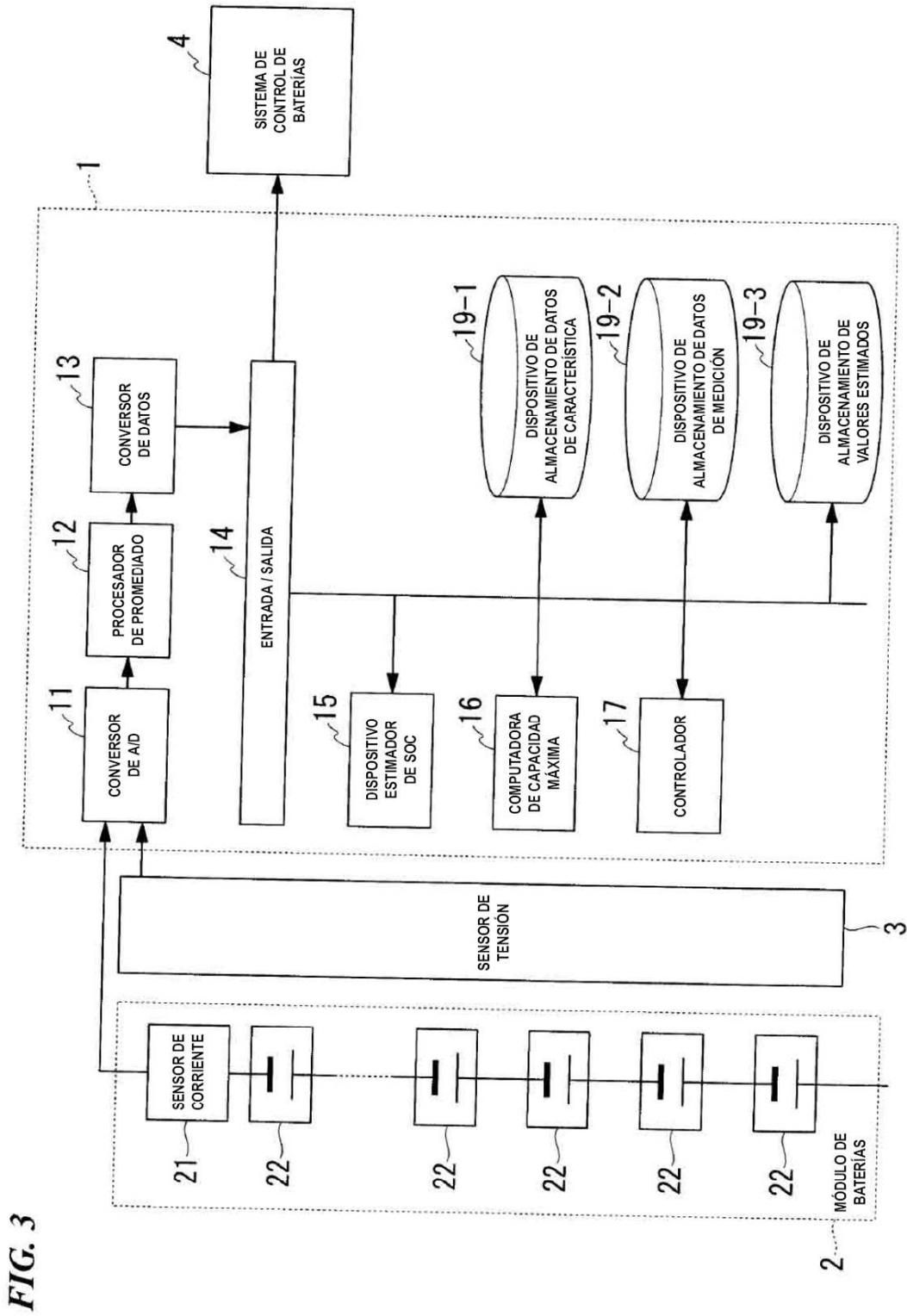


FIG. 4

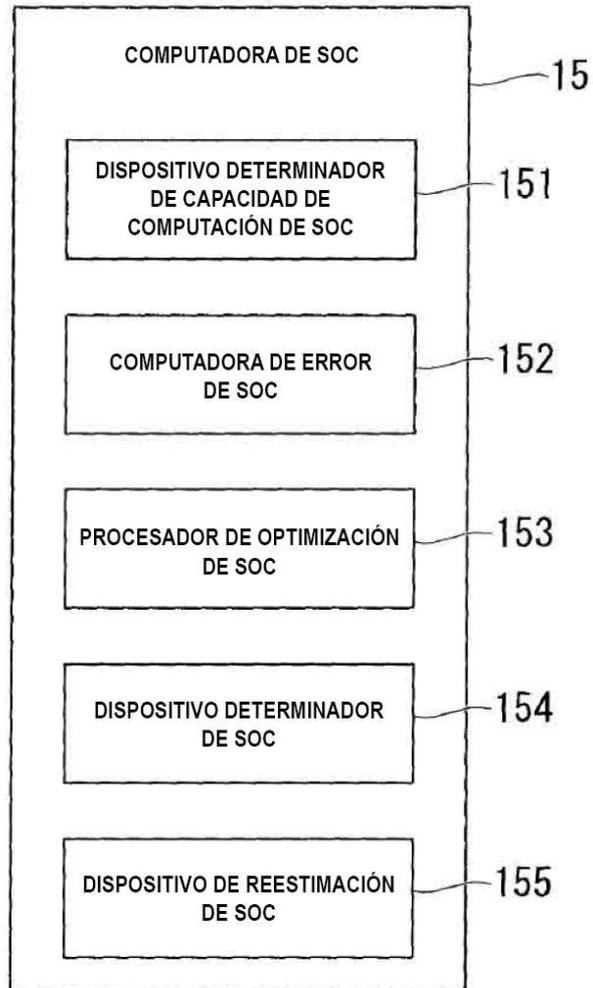


FIG. 5

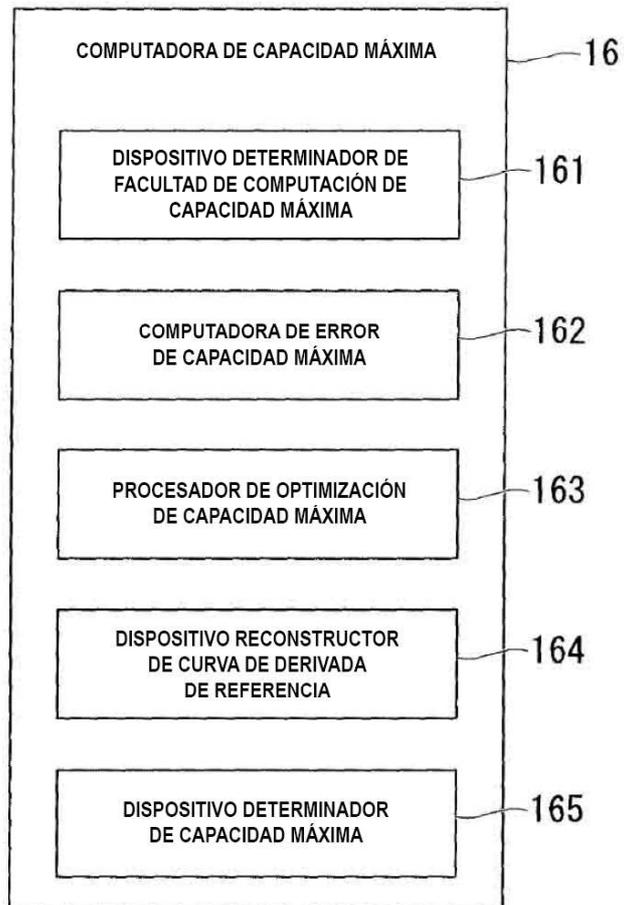


FIG. 6

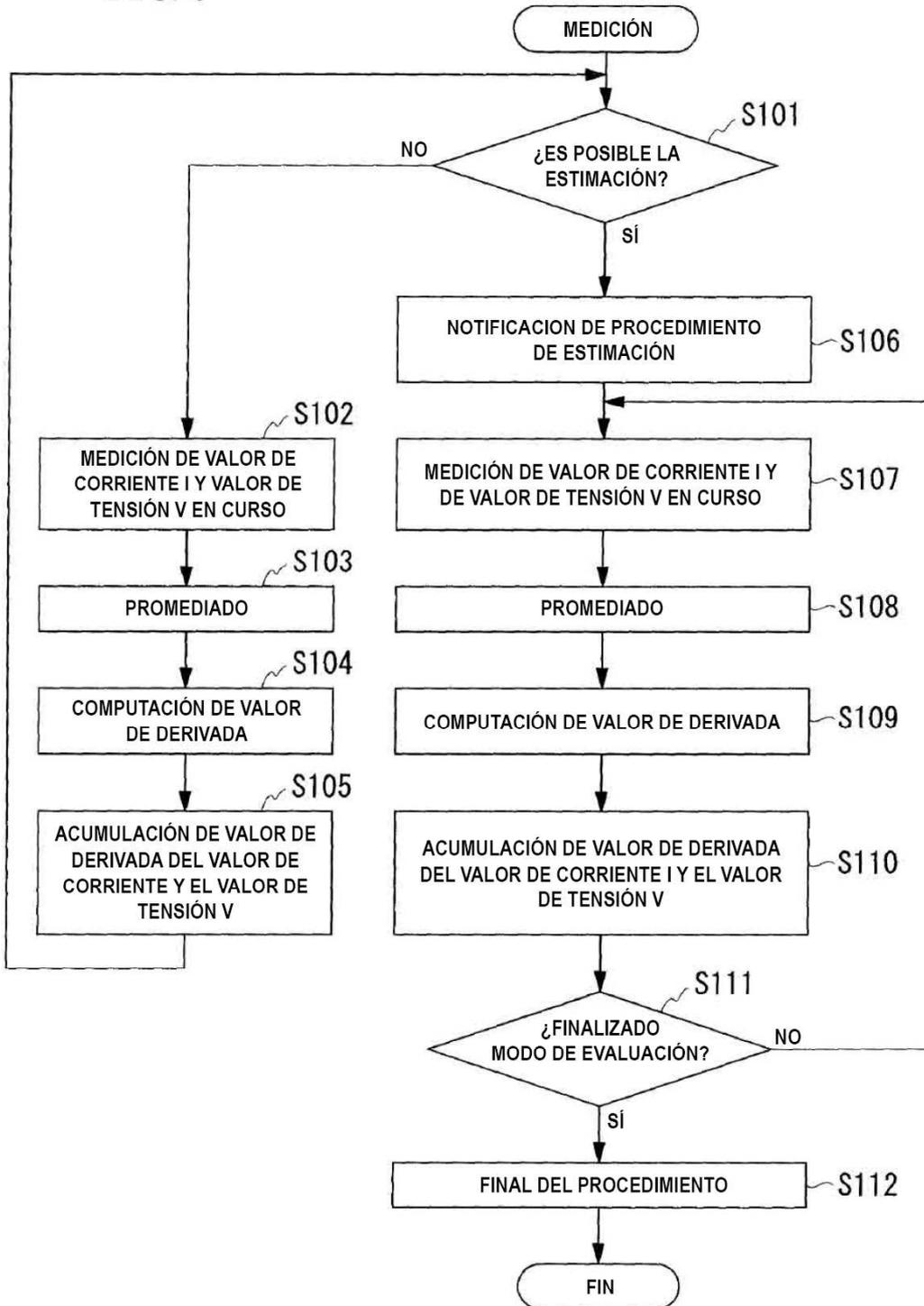


FIG. 7

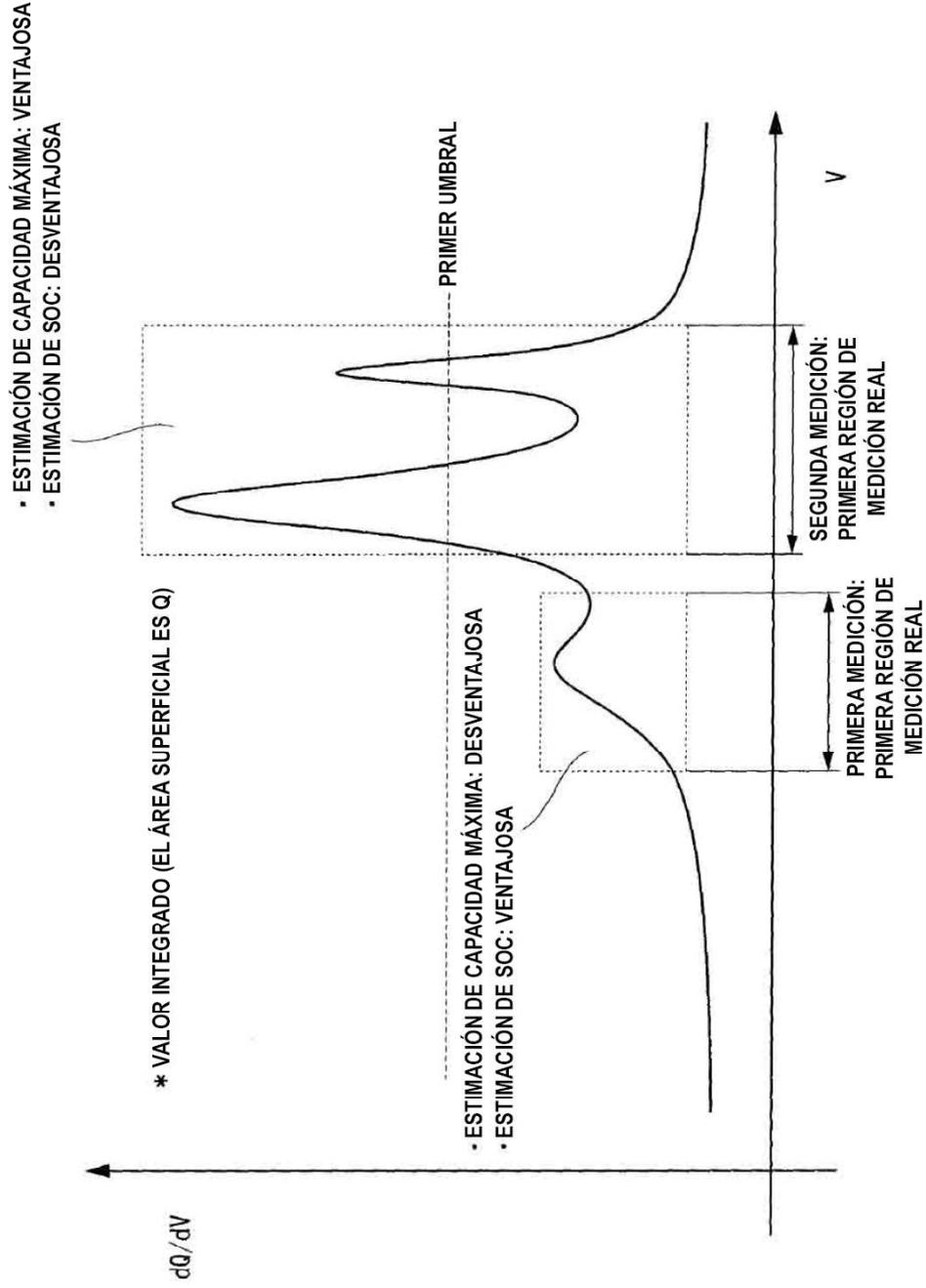


FIG. 8

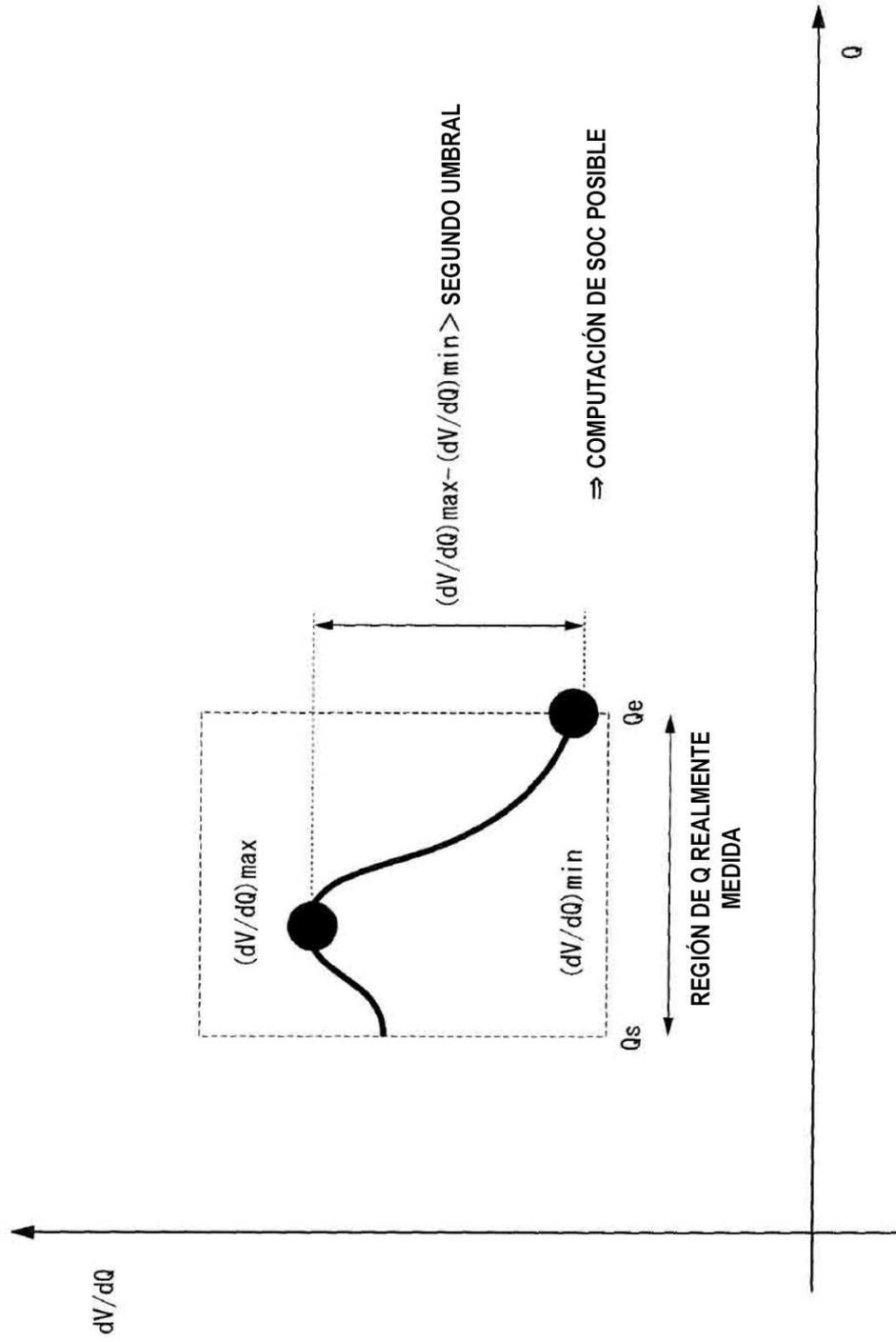


FIG. 9A

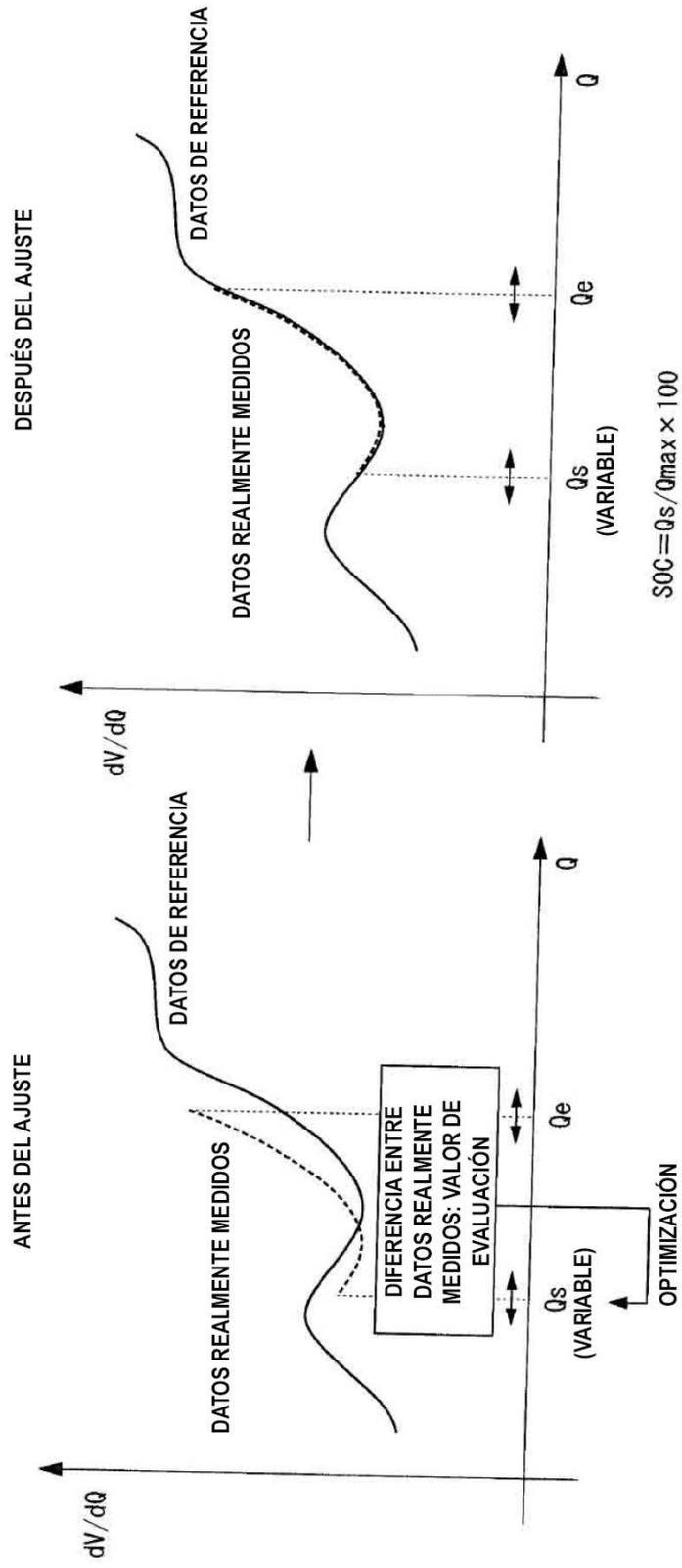


FIG. 9B

FIG. 10

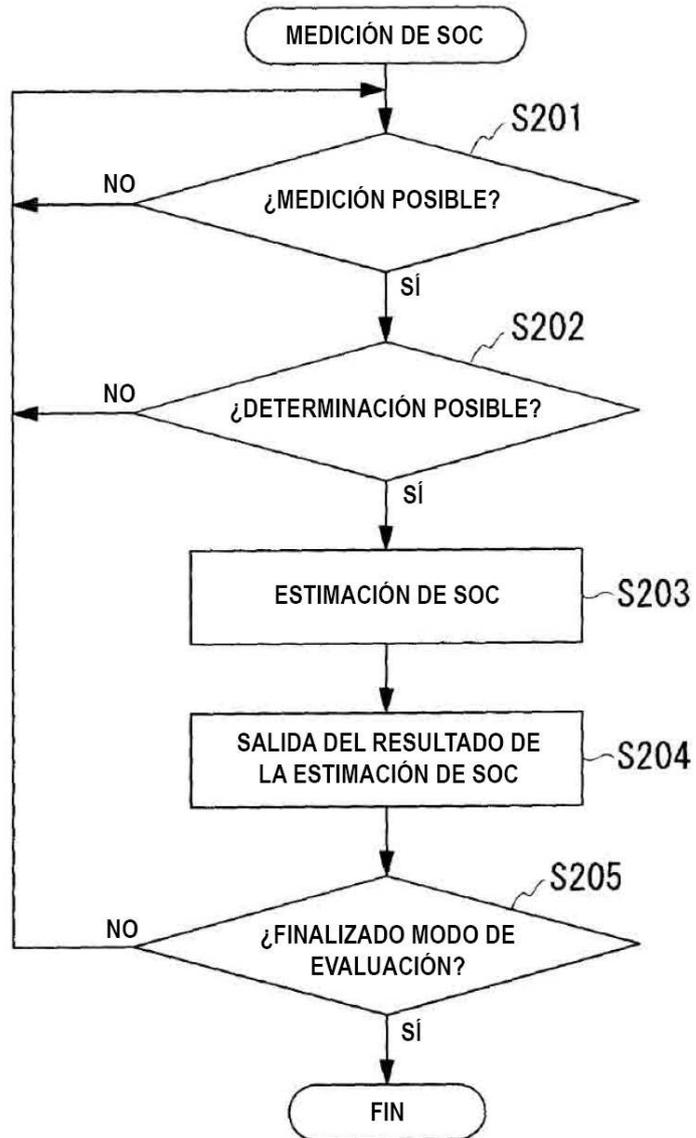


FIG. 11A

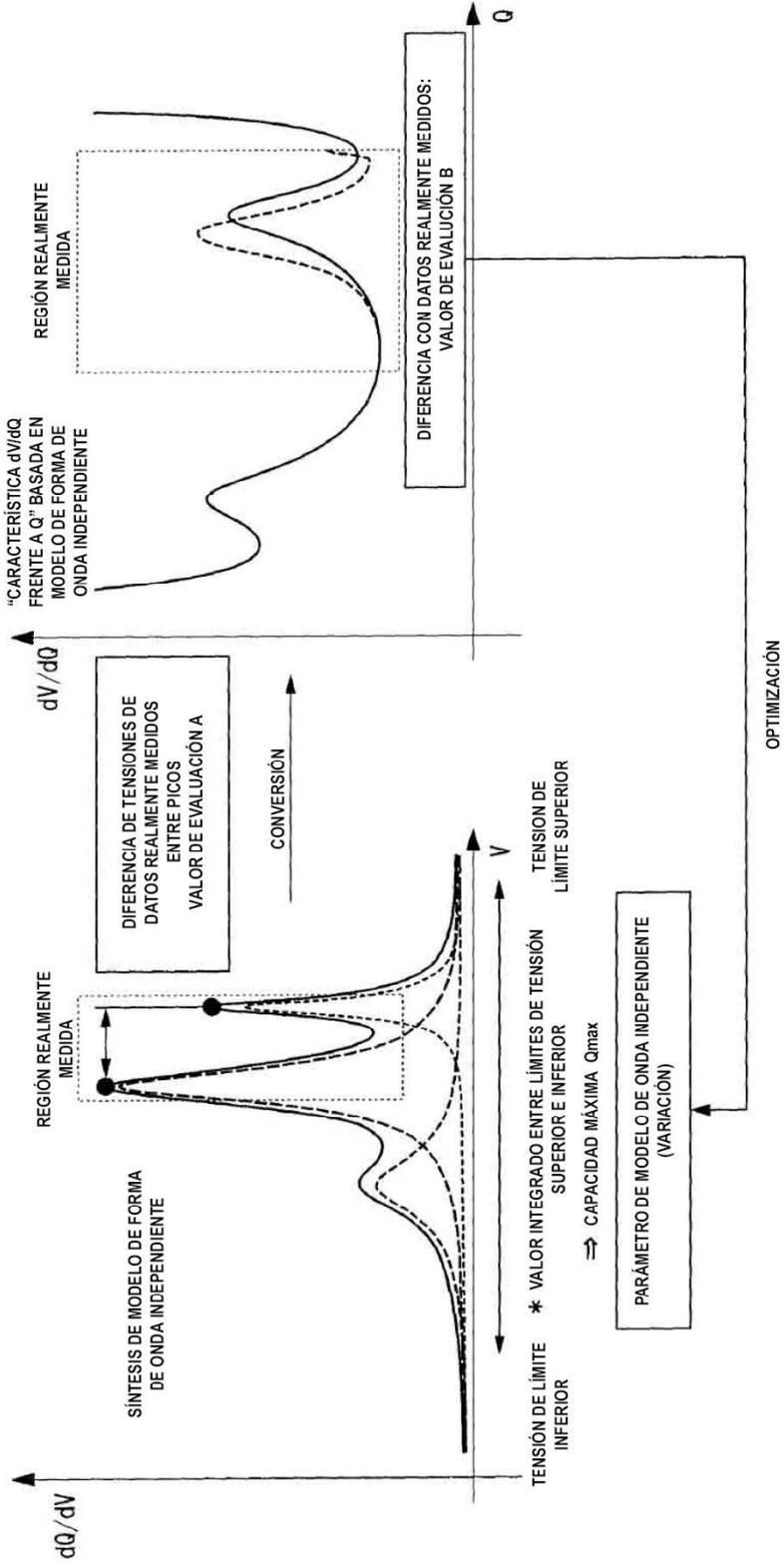


FIG. 11B

FIG. 12

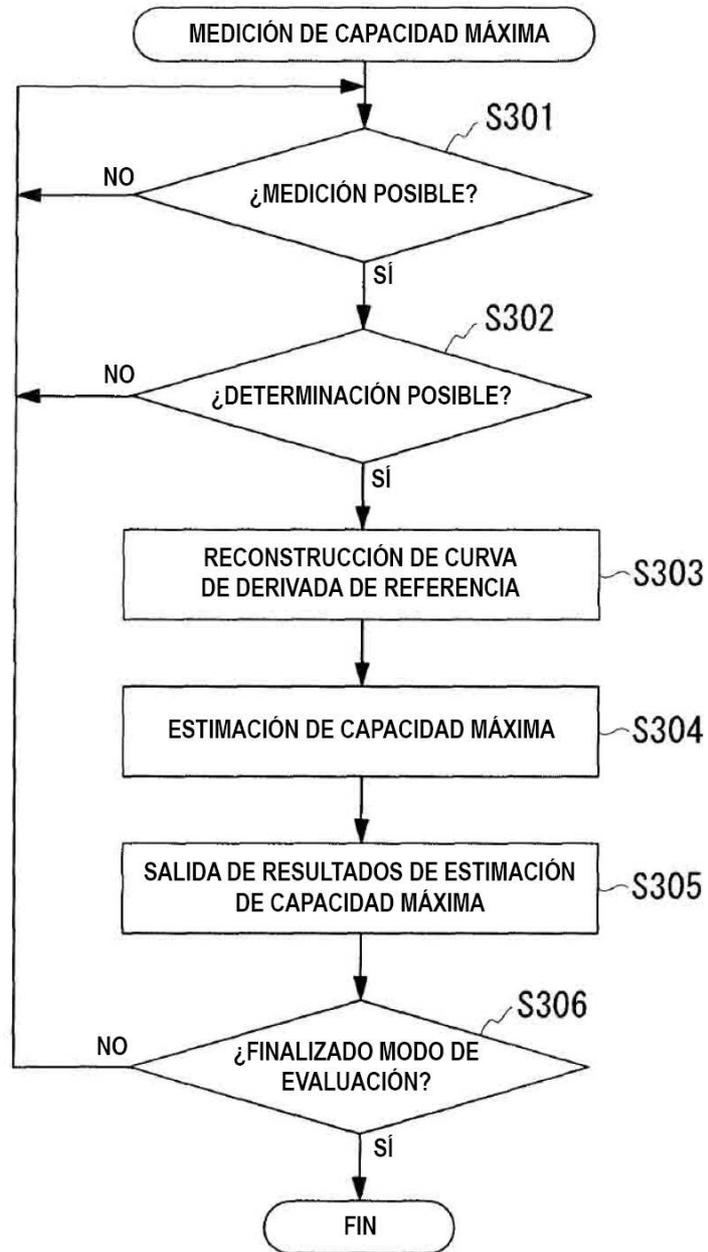
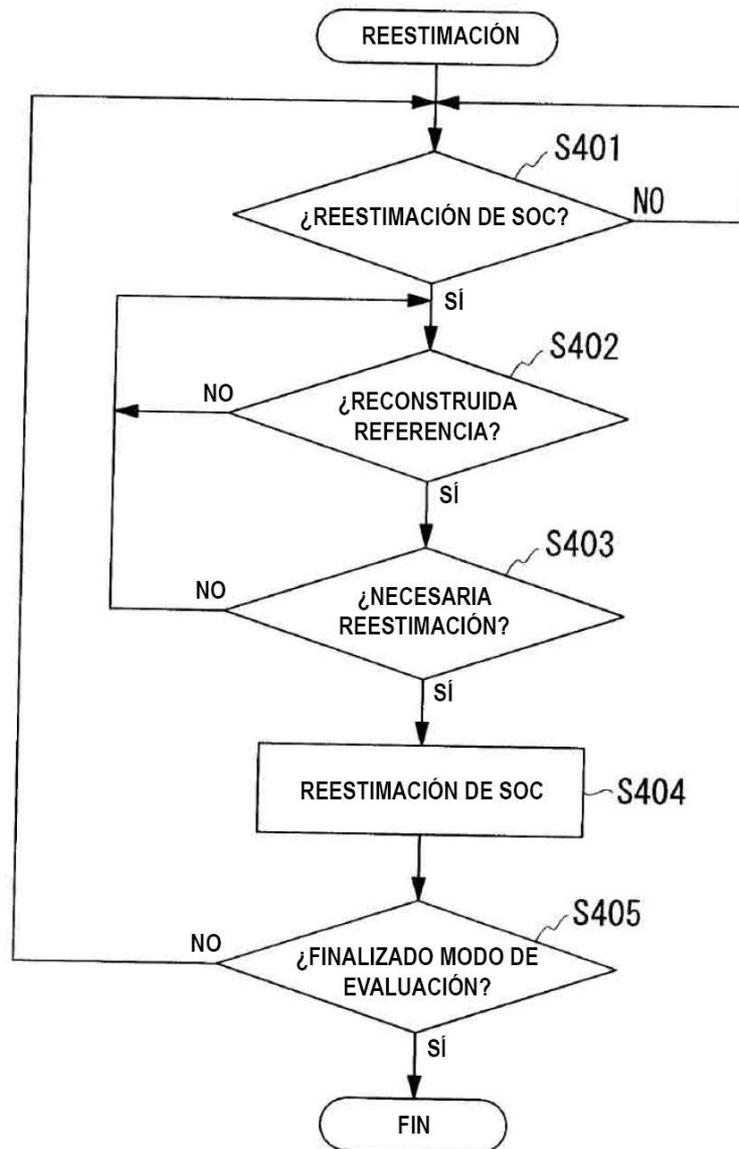


FIG. 13



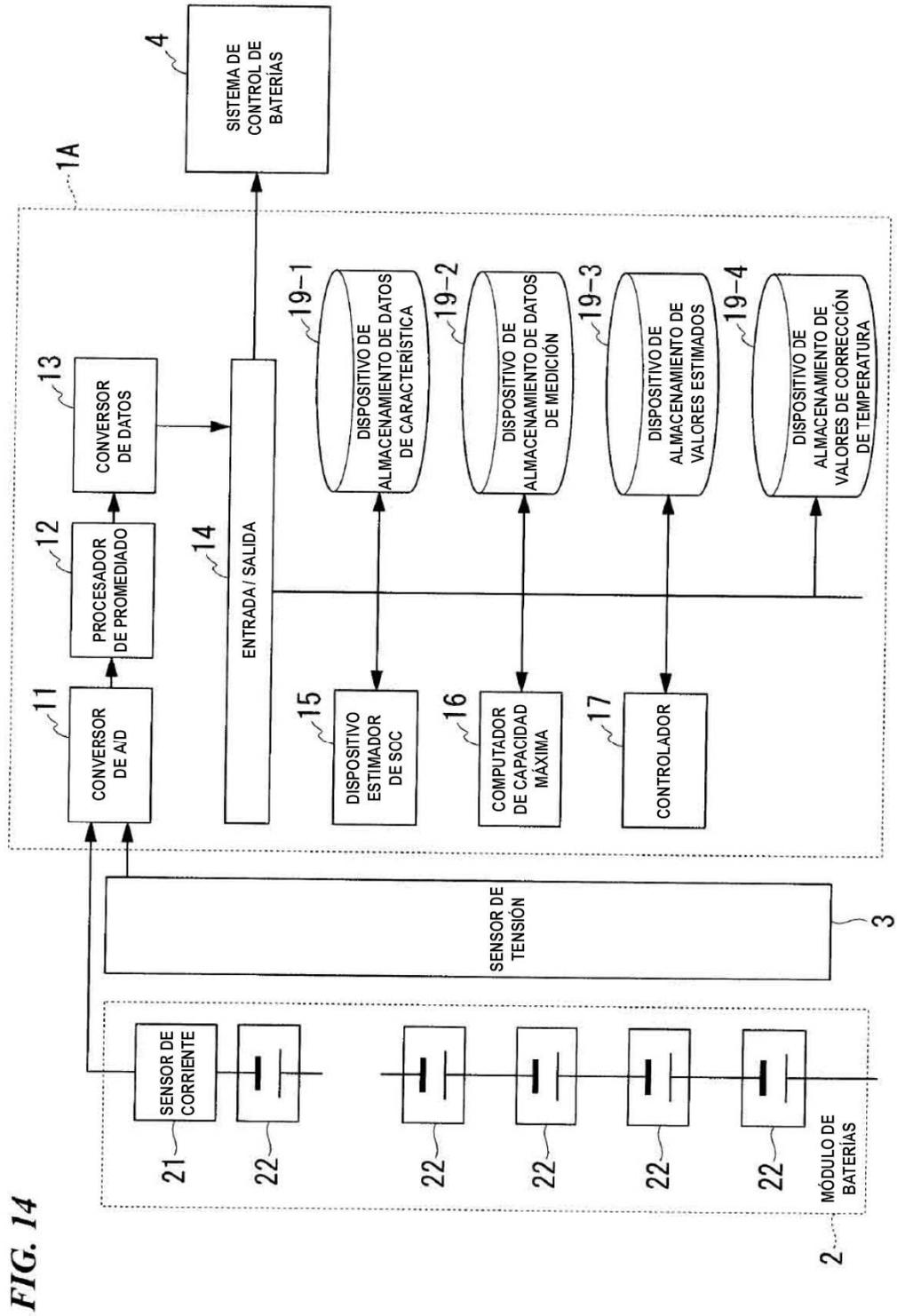


FIG. 15

ORIGEN	Pico 1		Pico 2		Pico 3		Pico 4	
	ELECTRODO POSITIVO		ELECTRODO NEGATIVO		ELECTRODO NEGATIVO		ELECTRODO POSITIVO	
	H	W	H	W	H	W	H	W
Día 1 (inicial)	1	1	1	1	1	1	1	1
Día 2	0,98	0,99	0,88	0,90	0,87	0,90	0,97	0,98
Día 3	0,96	0,97	0,82	0,84	0,81	0,83	0,95	0,97

FIG. 16

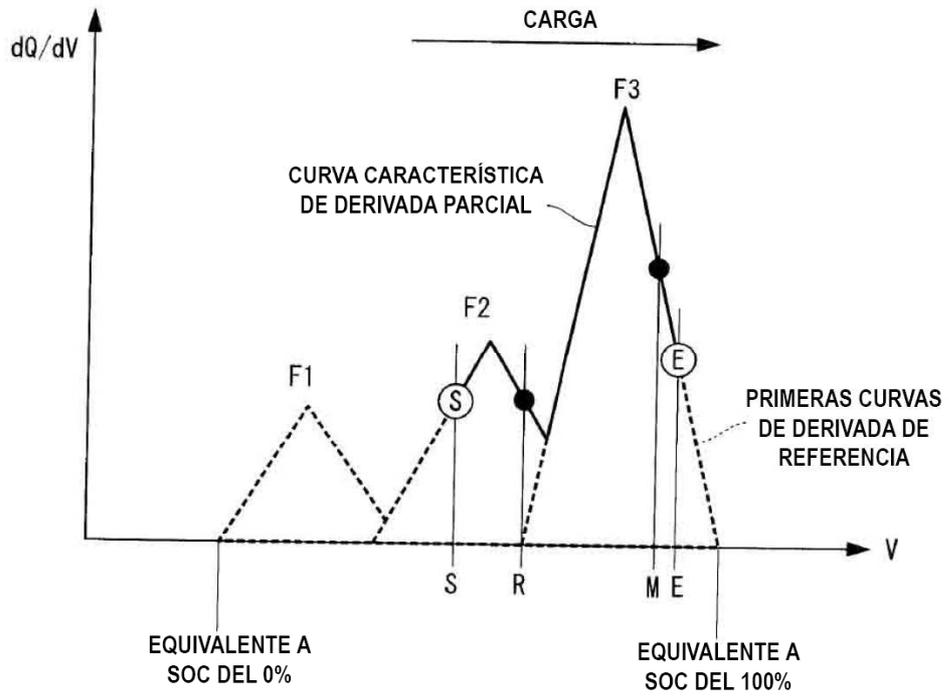
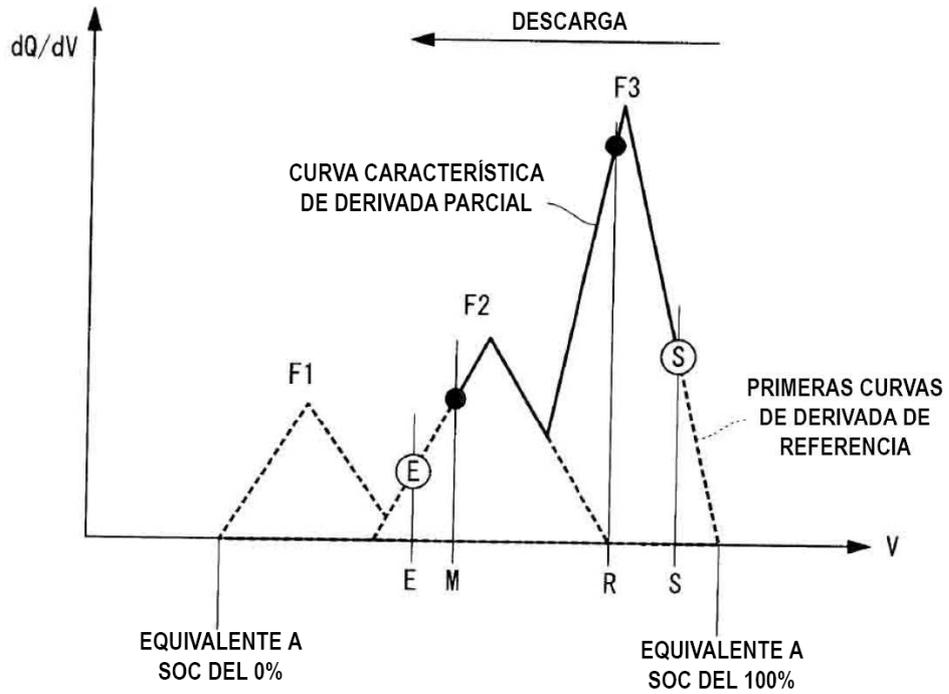


FIG. 17



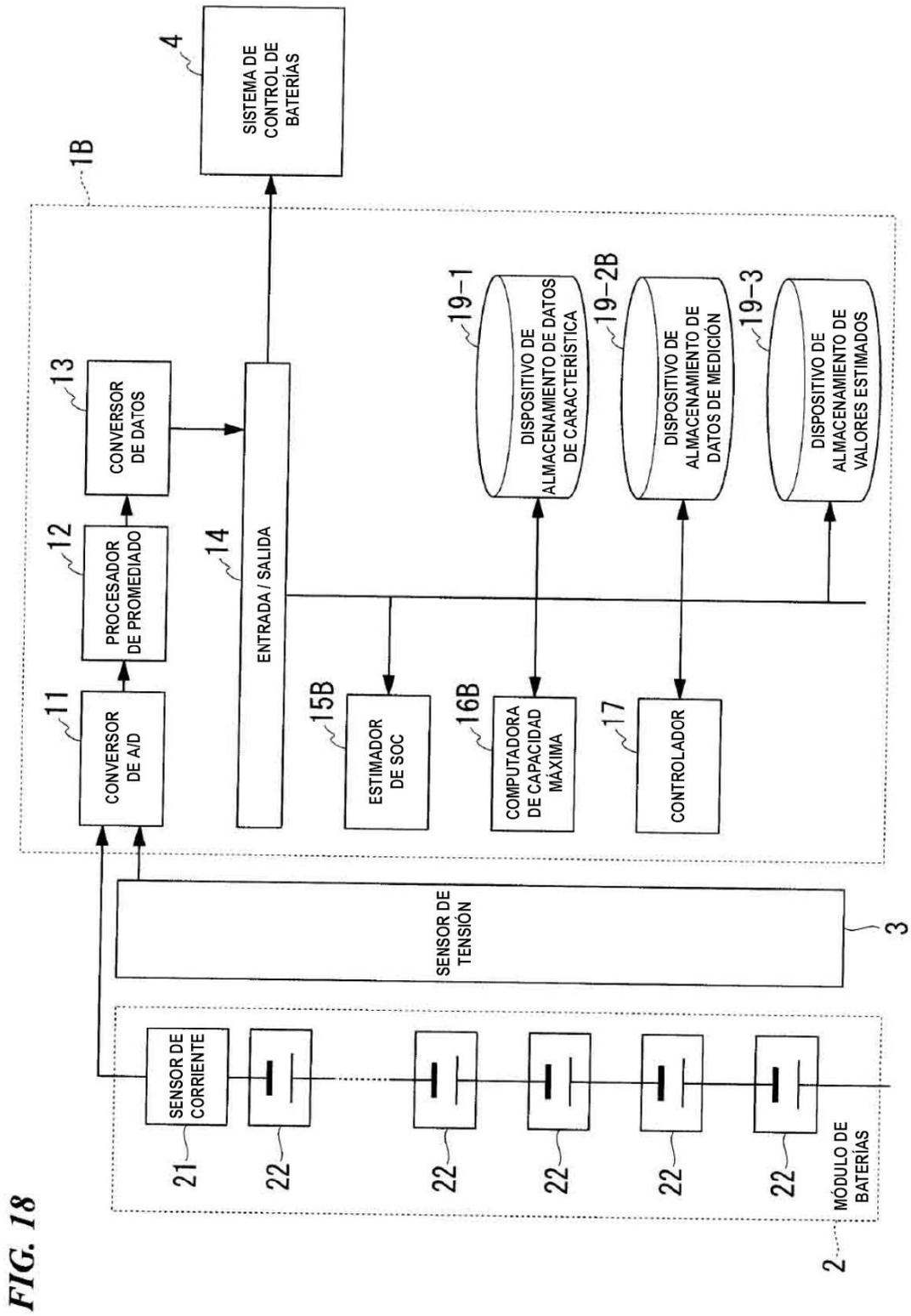


FIG. 19

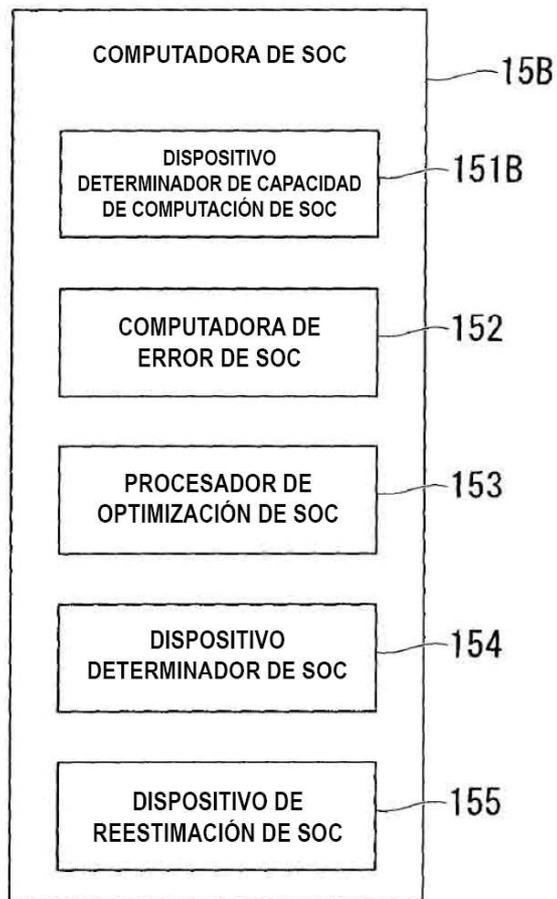


FIG. 20

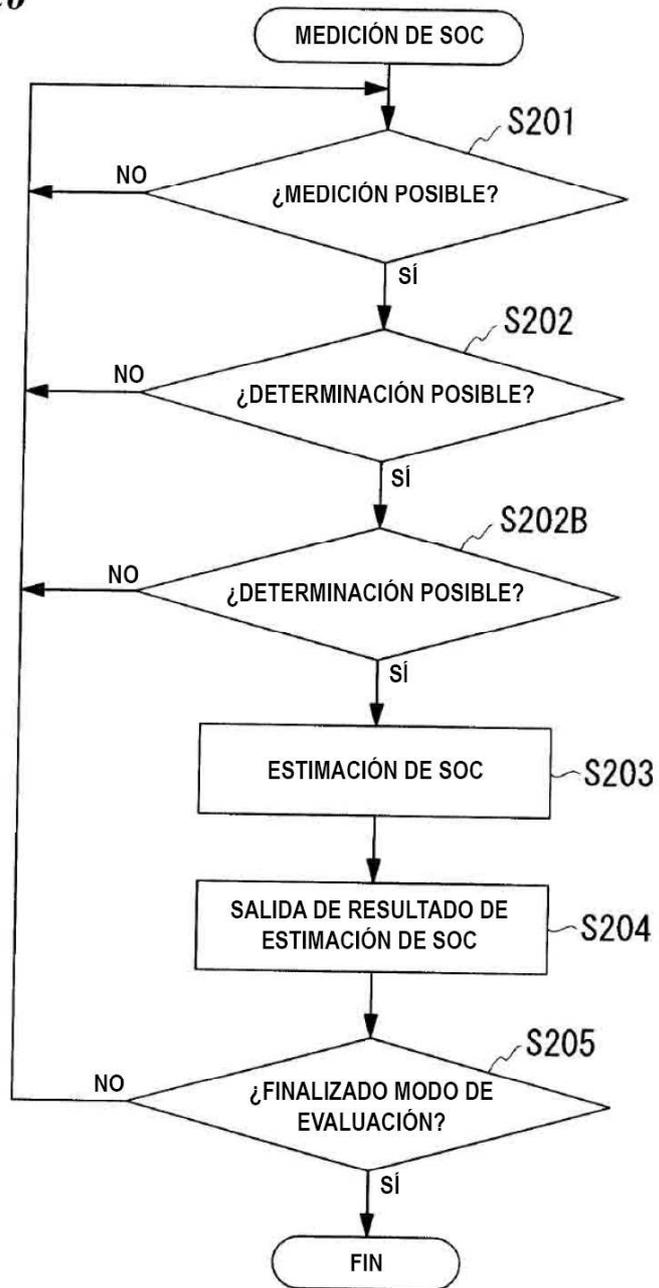


FIG. 21

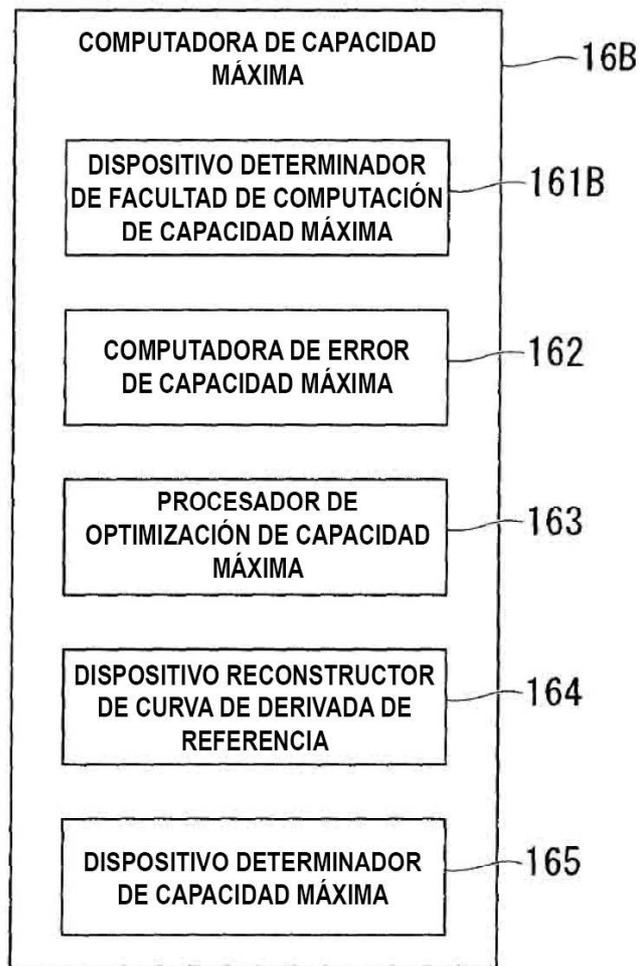


FIG. 22

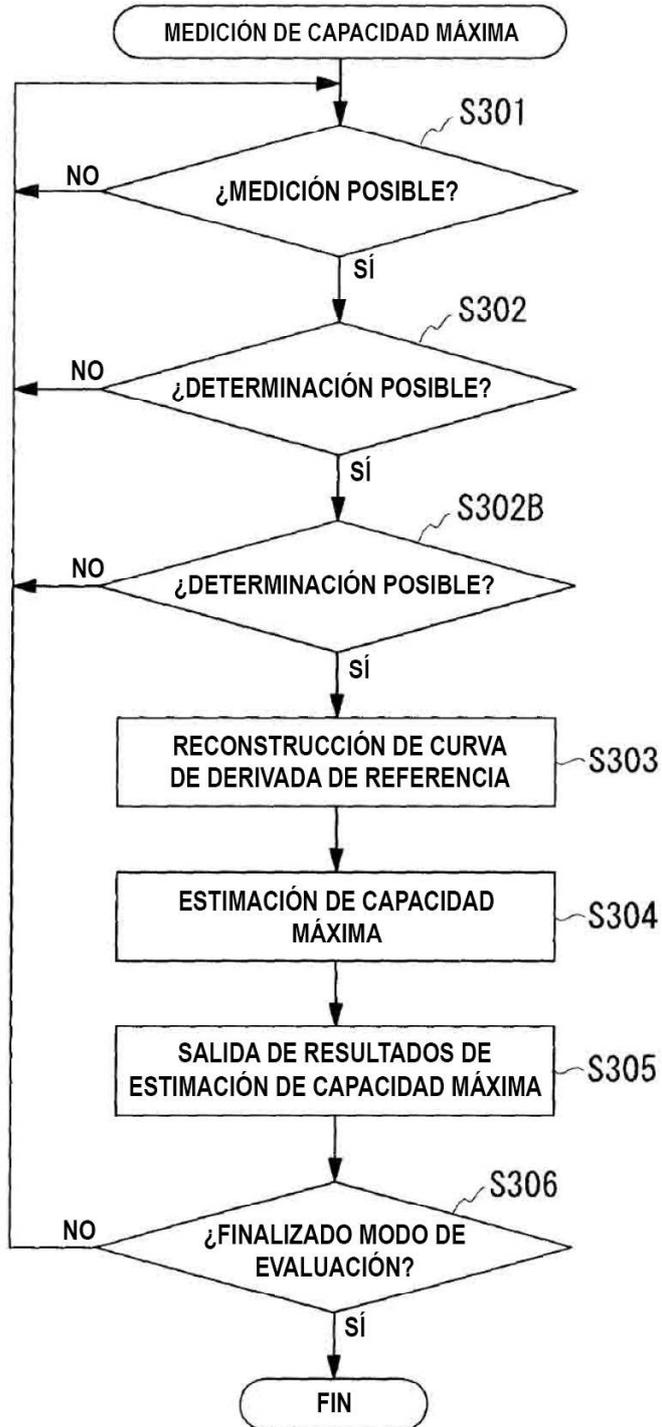


FIG. 23

