

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 975 835**

51 Int. Cl.:

G01R 31/367 (2009.01)

G01R 31/36 (2010.01)

G01R 31/382 (2009.01)

G01R 31/3842 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.01.2020** **PCT/KR2020/001522**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.08.2020** **WO20162675**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2020** **E 20752645 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2024** **EP 3828568**

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

30 Prioridad:

07.02.2019 KR 20190014609

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

16.07.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

LIM, BO-MI

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 975 835 T3

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

DESCRIPCIÓN

Aparato de gestión de batería, método de gestión de batería y bloque de batería

5 **Sector de la técnica**

La presente divulgación se refiere a una estimación del estado de carga (SOC, por sus siglas en inglés) de la batería.

10 La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente coreana n.º 10-2019-0014609, presentada en la República de Corea el 7 de febrero de 2019.

Estado de la técnica

15 Recientemente, ha existido una demanda notablemente creciente de productos electrónicos portátiles, tales como ordenadores portátiles, cámaras de vídeo y teléfonos móviles y, dado el amplio desarrollo de los vehículos eléctricos, los acumuladores para el almacenamiento de energía, los robots y los satélites, se están realizando muchos estudios sobre baterías que se puedan recargar repetidamente.

20 Actualmente, las baterías disponibles en el mercado incluyen baterías de níquel-cadmio, baterías de níquel-hidrógeno, baterías de níquel-zinc, baterías de litio y similares y, entre ellas, las baterías de litio presentan un nivel bajo o inexistente de efecto de memoria y, por lo tanto, resultan más llamativas que las baterías de níquel por las ventajas de que se pueden recargar cuando sea conveniente, su tasa de autodescarga es muy baja y su densidad de energía es alta.

25 Uno de los parámetros importantes requeridos para controlar la carga/descarga de una batería es el estado de carga (SOC). El SOC es un parámetro que indica una proporción relativa de la capacidad restante a la capacidad máxima que indica la energía eléctrica almacenada en la batería cuando la batería está completamente cargada, y puede expresarse como 0~1 o 0 %~100 %. Por ejemplo, cuando la capacidad máxima de la batería es de 1000 Ah (amperios-hora) y la capacidad restante de la batería es de 750 Ah, el SOC de la batería es 0,75 (o 75 %).

30 Habitualmente, el recuento de amperios y un modelo de circuito equivalente se utilizan para estimar el SOC de la batería. De acuerdo con el recuento de amperios, el SOC de la batería se estima en función de un valor de corriente acumulada correspondiente a la corriente que fluye a través de la batería acumulada a lo largo del tiempo. Sin embargo, debido a un error de medición de un sensor de corriente y/o ruido externo, puede existir una discrepancia entre el SOC estimado mediante el recuento de amperios y el SOC real. El modelo de circuito equivalente está diseñado para simular las propiedades electroquímicas de la batería. Sin embargo, la batería tiene la característica no lineal de acuerdo con el estado de funcionamiento y es muy difícil diseñar el modelo de circuito equivalente para que simule perfectamente la característica no lineal de la batería.

40 Para superar los inconvenientes descritos anteriormente de cada uno del recuento de amperios y el modelo de circuito equivalente, se ha sugerido una estimación del SOC de la batería mediante el uso del filtro de Kalman extendido. El filtro de Kalman extendido que usa el recuento de amperios con el modelo de circuito equivalente en combinación logra una estimación del SOC más precisa que cuando se usa únicamente el recuento de amperios o el modelo de circuito equivalente.

45 Para estimar el SOC de la batería mediante el uso del filtro de Kalman extendido, es necesario establecer dos ruidos de proceso, cada uno asociado con al menos una variable de estado (por ejemplo, SOC, sobrepotencial).

50 Sin embargo, dado que se asignan valores fijos a cada ruido de proceso, es difícil ajustar la fiabilidad de cada uno del recuento de amperios y el modelo de circuito equivalente de manera apropiada para el estado de funcionamiento de la batería y el entorno en el que se utiliza la batería.

La técnica anterior adicional se divulga en el documento US 2007/299620 A1.

55 **Objeto de la invención****Problema técnico**

60 La presente divulgación está diseñada para resolver el problema descrito anteriormente y, por lo tanto, la presente divulgación pretende proporcionar un aparato de gestión de batería, un método de gestión de batería y un bloque de batería, en el que se determina una pluralidad de valores candidatos para el estado de carga (SOC) de la batería en cada ciclo y el SOC de la batería se determina en función de la relación entre la pluralidad de valores candidatos.

65 La presente divulgación pretende, además, proporcionar un aparato de gestión de batería, un método de gestión de batería y un bloque de batería, en el que la fiabilidad de cada uno del recuento de amperios y el modelo de circuito equivalente en el filtro de Kalman extendido se ajusta en función de cada valor de dos componentes incluidas en la

ganancia de Kalman del filtro de Kalman extendido determinados en cada ciclo.

Estos/as y otros/as objetos y ventajas de la presente divulgación se entenderán mediante la siguiente descripción y serán evidentes a partir de las realizaciones de la presente divulgación. Así mismo, se entenderá fácilmente que los objetos y ventajas de la presente divulgación pueden realizarse mediante los medios expuestos en las reivindicaciones adjuntas y mediante combinaciones de estos.

Solución técnica

Un aparato de gestión de batería de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación incluye una unidad de detección configurada para detectar una corriente, una tensión y una temperatura de una batería, y una unidad de control. La unidad de control está configurada para generar un conjunto de datos que incluye un valor de corriente que indica la corriente detectada, un valor de tensión que indica la tensión detectada y un valor de temperatura que indica la temperatura detectada. La unidad de control está configurada para determinar un primer valor candidato para un estado de carga (SOC) de la batería en función del valor de corriente mediante el uso de recuento de amperios. La unidad de control está configurada para determinar una ganancia de Kalman y un segundo valor candidato para el SOC en función del conjunto de datos mediante el uso de un filtro de Kalman extendido. La unidad de control está configurada para determinar el SOC para que sea igual al primer valor candidato cuando un valor de diferencia entre el primer valor candidato y el segundo valor candidato es mayor que un valor umbral. La unidad de control está configurada para establecer una proporción de un segundo ruido de proceso a un primer ruido de proceso en el filtro de Kalman extendido para que sea igual a una proporción de referencia predeterminada cuando una primera componente de la ganancia de Kalman es igual a, o más alta que, un primer límite más bajo predeterminado y una segunda componente de la ganancia de Kalman es igual a, o más alta que, un segundo límite más bajo predeterminado. El primer ruido de proceso está asociado con la fiabilidad del recuento de amperios. El segundo ruido de proceso está asociado con la fiabilidad de un modelo de circuito equivalente de la batería.

La unidad de control puede configurarse para establecer el primer ruido de proceso para que sea igual a un primer valor de referencia predeterminado y el segundo ruido de proceso para que sea igual a un segundo valor de referencia predeterminado cuando la primera componente de la ganancia de Kalman es igual a, o más alta que, el primer límite más bajo y la segunda componente de la ganancia de Kalman es igual a, o más alta que, el segundo límite más bajo. La proporción de referencia puede ser un valor obtenido al dividir el segundo valor de referencia por el primer valor de referencia.

La unidad de control puede configurarse para reducir la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso por debajo de la proporción de referencia cuando la primera componente es más baja que el primer límite más bajo y la segunda componente es igual a, o más alta que, el segundo límite más bajo.

La unidad de control puede configurarse para determinar el primer ruido de proceso para que sea igual a un valor que sea mayor que el primer valor de referencia o determinar el segundo ruido de proceso para que sea igual a un valor que sea menor que el segundo valor de referencia cuando la primera componente es más baja que el primer límite más bajo y la segunda componente es igual a, o más alta que, el segundo límite más bajo.

La unidad de control puede configurarse para aumentar la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso por encima de la proporción de referencia cuando la primera componente es igual a, o más alta que, el primer límite más bajo y la segunda componente es más baja que el segundo límite más bajo.

La unidad de control puede configurarse para determinar el primer ruido de proceso para que sea igual a un valor que sea menor que el primer valor de referencia o determinar el segundo ruido de proceso para que sea igual a un valor que sea mayor que el segundo valor de referencia cuando la primera componente es igual a, o más alta que, el primer límite más bajo y la segunda componente es más baja que el segundo límite más bajo.

La unidad de control puede configurarse para determinar el primer ruido de proceso y el segundo ruido de proceso mediante el uso de las siguientes Ecuaciones 1 y 2 cuando la primera componente es más baja que el primer límite más bajo o la segunda componente es más baja que el segundo límite más bajo:

<Ecuación 1>

$$W1_k = (M_1 D_1 - M_2 D_2) + M_{w1}$$

<Ecuación 2>

$$W2_k = (M_4 D_2 - M_3 D_1) + M_{w2}$$

en donde D_1 indica un valor absoluto de una diferencia entre la primera componente y el primer límite más bajo, D_2 indica un valor absoluto de una diferencia entre la segunda componente y el segundo límite más bajo, M_{w1} indica el primer valor de referencia, M_{w2} indica el segundo valor de referencia, M_1 indica un primer peso, M_2 indica un segundo

peso, M_3 indica un tercer peso, M_4 indica un cuarto peso, $W1_k$ indica el primer ruido de proceso y $W2_k$ indica el segundo ruido de proceso.

5 La unidad de control puede configurarse para determinar el SOC para que sea igual al segundo valor candidato en lugar del primer valor candidato cuando el valor de diferencia es igual a, o menor que, el valor umbral.

10 La unidad de control puede configurarse para emitir selectivamente una señal de conmutación para controlar un conmutador instalado en una trayectoria de corriente de la batería. La unidad de control puede configurarse para regular un ciclo de trabajo de la señal de conmutación para que sea igual a, o menor que, un ciclo de trabajo de referencia cuando la primera componente es más baja que el primer límite más bajo o la segunda componente es más baja que el segundo límite más bajo.

Un bloque de batería de acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación incluye el aparato de gestión de batería.

15 Un método de gestión de batería de acuerdo con otro aspecto más de la presente divulgación incluye detectar una corriente, una tensión y una temperatura de una batería, generar un conjunto de datos que incluye un valor de corriente que indica la corriente detectada, un valor de tensión que indica la tensión detectada y un valor de temperatura que indica la temperatura detectada, determinar un primer valor candidato para un SOC de la batería en función del valor de corriente mediante el uso de recuento de amperios, determinar una ganancia de Kalman y un segundo valor candidato para el SOC en función del conjunto de datos mediante el uso de un filtro de Kalman extendido, determinar el SOC para que sea igual al primer valor candidato cuando un valor de diferencia entre el primer valor candidato y el segundo valor candidato es mayor que un valor umbral, y establecer una proporción de un segundo ruido de proceso a un primer ruido de proceso en el filtro de Kalman extendido para que sea igual a una proporción de referencia predeterminada cuando una primera componente de la ganancia de Kalman es igual a, o más alta que, un primer límite más bajo predeterminado y una segunda componente de la ganancia de Kalman es igual a, o más alta que, un segundo límite más bajo predeterminado. El primer ruido de proceso está asociado con la fiabilidad del recuento de amperios. El segundo ruido de proceso está asociado con la fiabilidad de un modelo de circuito equivalente de la batería.

30 El método de gestión de batería puede incluir, además, reducir la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso por debajo de la proporción de referencia cuando la primera componente es más baja que el primer límite más bajo y la segunda componente es igual a, o más alta que, el segundo límite más bajo.

35 El método de gestión de batería puede incluir, además, aumentar la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso por encima de la proporción de referencia cuando la primera componente es igual a, o más alta que, el primer límite más bajo y la segunda componente es más baja que el segundo límite más bajo.

Efectos ventajosos

40 De acuerdo con al menos una de las realizaciones de la presente divulgación, es posible determinar el estado de carga (SOC) de la batería con mayor precisión en función de la relación entre una pluralidad de valores candidatos determinados para el SOC de la batería en cada ciclo.

45 Así mismo, de acuerdo con al menos una de las realizaciones de la presente divulgación, es posible ajustar la fiabilidad de cada uno del recuento de amperios y el modelo de circuito equivalente en el filtro de Kalman extendido en función de cada valor de dos componentes incluidas en la ganancia de Kalman del filtro de Kalman extendido determinados en cada ciclo.

50 Los efectos de la presente divulgación no se limitan a los efectos mencionados anteriormente y los expertos en la técnica entenderán claramente estos y otros efectos a partir de las reivindicaciones adjuntas.

Descripción de las figuras

55 La Figura 1 es un diagrama ilustrativo de una configuración de un bloque de batería de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

La Figura 2 es un diagrama ilustrativo de una configuración de circuito de un modelo de circuito equivalente de una batería.

La Figura 3 es un diagrama ilustrativo de una curva de tensión de circuito abierto (OCV, por sus siglas en inglés)-estado de carga (SOC) de una batería.

60 Las Figuras 4 y 5 son diagramas de flujo ilustrativos de un método de gestión de batería realizado por un aparato de gestión de batería de la Figura 1.

Descripción detallada de la invención

65 En lo sucesivo en el presente documento, las realizaciones preferidas de la presente divulgación se describirán en detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Antes de la descripción, debería entenderse que los términos o las

palabras que se usan en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas no deben interpretarse como que se limitan a significados generales y de diccionario, sino que deben interpretarse en función de los significados y conceptos correspondientes a los aspectos técnicos de la presente divulgación considerando que el inventor puede definir los términos apropiadamente para una mejor explicación.

Por lo tanto, las realizaciones descritas en el presente documento y las ilustraciones que se muestran en los dibujos son únicamente la realización más preferida de la presente divulgación, pero no pretenden describir completamente los aspectos técnicos de la presente divulgación, por lo que debería entenderse que, en el momento en que se presentó la solicitud, podrían haberse hecho en esta diversas modificaciones.

Los términos que incluyen un número ordinal, tales como "primero/a", "segundo/a" y similares, se usan para distinguir un elemento de otro entre diversos elementos, pero sin pretender limitar los elementos mediante dichos términos.

A menos que el contexto indique claramente lo contrario, se entenderá que el término "comprende", cuando se usa en esta memoria descriptiva, especifica la presencia de elementos mencionados, pero no excluye la presencia o adición de uno o más otros elementos. Adicionalmente, la expresión "unidad de control", como se usa en el presente documento, se refiere a una unidad de procesamiento de al menos una función u operación, y esto puede implementarse mediante *hardware* o *software* o una combinación de *hardware* y *software*.

Así mismo, a lo largo de toda la memoria descriptiva, se entenderá, además, que, cuando se hace referencia a un elemento "conectado a" otro elemento, este puede estar conectado directamente al otro elemento o pueden estar presentes elementos intermedios.

La Figura 1 es un diagrama ilustrativo de una configuración de un bloque de batería de acuerdo con una realización de la presente divulgación, la Figura 2 es un diagrama ilustrativo de una configuración de circuito de un modelo de circuito equivalente de una batería y la Figura 3 es un diagrama ilustrativo de una curva de tensión de circuito abierto (OCV)-estado de carga (SOC) de la batería.

Haciendo referencia a la Figura 1, el bloque de batería 10 está configurado para suministrar la energía eléctrica requerida para un dispositivo alimentado por electricidad, tal como un vehículo eléctrico 1, e incluye una batería 20, un conmutador 30 y un aparato de gestión de batería 100.

La batería 20 incluye al menos una celda de batería. Cada celda de batería puede ser, por ejemplo, una celda de iones de litio. Por supuesto, el tipo de la celda de batería no se limita a la celda de iones de litio y puede incluir, sin limitación, cualquier tipo que pueda recargarse repetidamente. Cada celda de batería incluida en la batería 20 está conectada eléctricamente a otra celda de batería en serie o en paralelo.

El conmutador 30 está instalado en una trayectoria de corriente para cargar y descargar la batería 20. Un terminal de control del conmutador 30 está provisto para conectarse eléctricamente a una unidad de control 120. El conmutador 30 se controla para que se encienda y se apague de acuerdo con el ciclo de trabajo de una señal de conmutación SS emitida por la unidad de control 120, en respuesta a la señal de conmutación SS que se aplica al terminal de control. Cuando la señal de conmutación SS es de nivel alto, el conmutador 30 puede encenderse y, cuando la señal de conmutación SS es de nivel bajo, el conmutador 30 puede apagarse.

El aparato de gestión de batería 100 se proporciona para conectarse eléctricamente a la batería 20 para determinar periódicamente el SOC de la batería 20. El aparato de gestión de batería 100 incluye una unidad de detección 110, la unidad de control 120, una unidad de memoria 130 y una unidad de comunicación 140.

La unidad de detección 110 está configurada para detectar la tensión, la corriente y la temperatura de la batería 20. La unidad de detección 110 incluye un sensor de corriente 111, un sensor de tensión 112 y un sensor de temperatura 113.

El sensor de corriente 111 se proporciona para conectarse eléctricamente a la trayectoria de carga/descarga de la batería 20. El sensor de corriente 111 está configurado para detectar la corriente que fluye a través de la batería 20 y emitir una señal SI que indica la corriente detectada a la unidad de control 120.

El sensor de tensión 112 se proporciona para conectarse eléctricamente a los terminales positivo y negativo de la batería 20. El sensor de tensión 112 está configurado para detectar la tensión a través de los terminales positivo y negativo de la batería 20, y emitir una señal SV que indica la tensión detectada a la unidad de control 120.

El sensor de temperatura 113 está configurado para detectar la temperatura de un área dentro de una distancia predeterminada de la batería 20 y emitir una señal ST que indica la temperatura detectada a la unidad de control 120.

La unidad de control 120 está operativamente acoplada a la unidad de detección 110, la unidad de memoria 130, la unidad de comunicación 140 y el conmutador 30. La unidad de control 120 puede implementarse físicamente utilizando al menos uno de circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC), procesadores de señales digitales (DSP),

dispositivos de procesamiento de señales digitales (DSPD), dispositivos lógicos programables (PLD), matrices de puertas programables en campo (FPGA), microprocesadores y unidades eléctricas para realizar otras funciones.

La unidad de control 120 está configurada para recibir periódicamente la señal SI, la señal SV y la señal ST emitidas por la unidad de detección 110. La unidad de control 120 está configurada para determinar un valor de corriente, un valor de tensión y un valor de temperatura a partir de la señal SI, la señal SV y la señal ST, respectivamente, mediante el uso de un convertidor de analógico a digital (ADC, por sus siglas en inglés) incluido en la unidad de control 120 y almacenar un conjunto de datos que incluye el valor de corriente, el valor de tensión y el valor de temperatura en la unidad de memoria 130.

La unidad de memoria 130 está operativamente acoplada a la unidad de control 120. La unidad de memoria 130 puede almacenar programas y datos necesarios para realizar las etapas descritas a continuación. La unidad de memoria 130 puede incluir, por ejemplo, al menos un tipo de medio de almacenamiento, tal como una memoria flash, un disco duro, un disco de estado sólido (SSD), una unidad de disco de silicio (SDD), una tarjeta multimedia de tipo micro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria estática de acceso aleatorio (SRAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura programable y borrable eléctricamente (EEPROM) y una memoria de solo lectura programable (PROM).

La unidad de comunicación 140 puede acoplarse para comunicarse con un dispositivo externo 2, tal como una unidad de control electrónico (ECU, por sus siglas en inglés) del vehículo eléctrico 1. La unidad de comunicación 140 puede recibir un mensaje de comando desde el dispositivo externo 2 y proporcionar el mensaje de comando recibido a la unidad de control 120. El mensaje de comando puede ser un mensaje que solicite la activación de una función específica (por ejemplo, una estimación del SOC, el control de ENCENDIDO/APAGADO del conmutador 30) del aparato de gestión de batería 100. La unidad de comunicación 140 puede enviar un mensaje de notificación desde la unidad de control 120 al dispositivo externo 2. El mensaje de notificación puede ser un mensaje para notificar el resultado (por ejemplo, el SOC estimado) de la función realizada por la unidad de control 120 al dispositivo externo 2. Por ejemplo, la unidad de comunicación 140 puede comunicarse con el dispositivo externo 2 a través de una red cableada, tal como una red de área local (LAN), una red de área de controlador (CAN) y una cadena tipo margarita y/o una red inalámbrica de corto alcance, por ejemplo, Bluetooth, Zigbee y Wi-Fi.

La unidad de control 120 está configurada para determinar el estado de salud (SOH) o la capacidad máxima de la batería 20. La capacidad máxima indica la cantidad máxima de cargas que se pueden almacenar en ese momento en la batería 20 y puede denominarse "capacidad de carga completa". Es decir, la capacidad máxima es igual al valor acumulado de las corrientes que fluyen durante la descarga de la batería 20 en un SOC de 1 (= 100 %) hasta que el SOC es 0 (=0 %). En un ejemplo, la unidad de control 120 puede calcular la resistencia interna de la batería 20 y determinar el SOH o la capacidad máxima de la batería 20 en función de una diferencia entre la resistencia interna calculada y la resistencia de referencia. En otro ejemplo, la unidad de control 120 puede determinar el SOH o la capacidad máxima de la batería 20, en función del SOC en cada uno de los diferentes puntos de tiempo en los que la batería 20 se carga y descarga, y el valor de corriente acumulada durante un período de tiempo entre los dos puntos de tiempo, mediante el uso de la siguiente Ecuación 1. Supongamos que el punto de tiempo anterior de los dos puntos de tiempo es t_1 y el punto de tiempo posterior es t_2 .

<Ecuación 1>

$$SOH_{nuevo} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} i_t dt}{SOC_2 - SOC_1} = \frac{\Delta C}{\Delta SOC} = \frac{Q_{est}}{Q_{ref}}$$

En la Ecuación 1, Q_{ref} indica una capacidad de referencia, SOC_1 indica un SOC estimado en el punto de tiempo t_1 , SOC_2 indica un SOC estimado en el punto de tiempo t_2 , ΔSOC indica una diferencia entre SOC_1 y SOC_2 , i_t indica un valor de corriente que indica la corriente detectada en un punto de tiempo t entre el punto de tiempo t_1 y el punto de tiempo t_2 , ΔC indica el valor de corriente acumulada durante un período de tiempo desde el punto de tiempo t_1 hasta el punto de tiempo t_2 , Q_{est} indica una estimación de la capacidad máxima en el punto de tiempo t_2 y SOH_{nuevo} indica una estimación de SOH en el punto de tiempo t_2 . Q_{ref} es un valor preestablecido que indica la capacidad máxima cuando el SOH de la batería 20 es 1 y puede almacenarse previamente en la unidad de memoria 130.

En relación con la Ecuación 1, cuando ΔSOC es demasiado pequeño, Q_{est} puede ser diferente en gran medida de la real. Por consiguiente, la unidad de control 120 puede configurarse para determinar el SOH o la capacidad máxima de la batería 20 mediante el uso de la Ecuación 1 únicamente cuando ΔSOC es igual a, o mayor que, un valor predeterminado (por ejemplo, 0,5).

En lo sucesivo en el presente documento, la operación para estimar el SOC de la batería 20, realizada mediante la unidad de control 120, se describirá con mayor detalle.

La unidad de control 120 determina un primer valor candidato en función del valor de corriente mediante el uso de recuento de amperios. El primer valor candidato indica una estimación del SOC de la batería 20 en el ciclo actual. La siguiente Ecuación 2 puede usarse para determinar el primer valor candidato.

<Ecuación 2>

$$\text{SOC}[k+1] = \text{SOC}_e[k] + \frac{i[k+1]\Delta t}{Q_{\text{est}}}$$

5 A continuación, se muestra la descripción de los símbolos usados en la Ecuación 2. Δt indica la duración de tiempo por ciclo. K es un índice de tiempo que aumenta en 1 cada vez que Δt desaparece e indica el número de ciclos desde el punto de tiempo en el que se produjo un evento predeterminado hasta el punto de tiempo actual. El evento puede ser, por ejemplo, un evento de inicio de la carga y descarga de la batería 20 cuya tensión está estabilizada. La batería 20 cuya tensión está estabilizada puede ser la batería 20 en una condición sin carga en la que la corriente no fluye a través de la batería 20 y la tensión de la batería 20 se mantiene de manera uniforme. En este caso, $\text{SOC}_e[0]$ puede determinarse a partir de una curva de OCV-SOC que define una relación de correspondencia entre la OCV y el SOC de la batería 20 mediante el uso de la OCV de la batería 20 en el punto de tiempo en el que se produjo el evento como un índice. La curva de OCV-SOC se almacena en la unidad de memoria 130.

15 En la Ecuación 2, $i[k+1]$ indica la corriente detectada en el ciclo actual y $\text{SOC}_e[k]$ indica el SOC determinado en el ciclo anterior por el recuento de amperios o el filtro de Kalman extendido. $\text{SOC}[k+1]$ es el primer valor candidato. En la Ecuación 2, $i[k+1]$ puede sustituirse por $i[k]$.

20 La unidad de control 120 determina un segundo valor candidato mediante el uso del filtro de Kalman extendido. El segundo valor candidato indica una estimación del SOC de la batería 20 en el ciclo actual. En lo sucesivo en el presente documento, se describirá el filtro de Kalman extendido.

25 El filtro de Kalman extendido es un algoritmo para actualizar periódicamente el SOC de la batería 20, utilizando adicionalmente el modelo de circuito equivalente 200 de la batería 20 junto con el recuento de amperios representado mediante la Ecuación 2.

Haciendo referencia a la Figura 2, el modelo de circuito equivalente 200 incluye una fuente de OCV 210, una resistencia óhmica R_i y un par de resistencia-condensador (RC) 220.

30 La fuente de OCV 210 simula la OCV que es la tensión entre los electrodos positivo y negativo de la batería 20 estabilizada electroquímicamente a largo plazo. La OCV emitida por la fuente de OCV 210 está en una relación funcional no lineal con el SOC de la batería 20. Es decir, $\text{OCV} = f_1(\text{SOC})$, $\text{SOC} = f_2(\text{OCV})$ y f_1 y f_2 son funciones inversas entre sí. Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 3, $3,3 \text{ V} = f_1(0,5)$ y $0,7 = f_2(3,47 \text{ V})$.

35 La OCV emitida por la fuente de OCV 210 puede preestablecerse mediante el SOC y la temperatura a través de experimentación.

40 La resistencia óhmica R_i está asociada con la caída de IR V_1 de la batería 20. La caída de IR se refiere a un cambio instantáneo en la tensión a través de la batería 20 cuando la batería 20 se conmuta de la condición sin carga a la condición de carga/descarga o de la condición de carga/descarga a la condición sin carga. En un ejemplo, la tensión de la batería 20 medida en el punto de tiempo en el que la batería 20 en una condición sin carga inicia la carga es más alta que la OCV. En otro ejemplo, la tensión de la batería 20 medida en el punto de tiempo en el que la batería 20 en una condición sin carga inicia la descarga es más baja que la OCV. El valor de resistencia de la resistencia óhmica R_i puede preestablecerse también mediante el SOC y la temperatura a través de experimentación.

45 El par de RC 220 emite un sobrepotencial (también conocido como "tensión de polarización") V_2 inducido por una doble capa eléctrica de la batería 20 e incluye una resistencia R_2 y un condensador C_2 conectados en paralelo. El sobrepotencial V_2 puede denominarse "tensión de polarización". La constante de tiempo del par de RC 220 es la multiplicación del valor de resistencia de la resistencia R_2 por la capacitancia del condensador C_2 y puede preestablecerse mediante el SOC y la temperatura a través de experimentación.

50 V_{ecm} es una tensión de salida del modelo de circuito equivalente 200 y es igual a la suma de la OCV procedente de la fuente de OCV 210, la caída de IR V_1 a través de la resistencia óhmica R_i y el sobrepotencial V_2 a través del par de RC 220.

En el modelo de circuito equivalente 200, el sobrepotencial en el ciclo actual puede definirse como la siguiente Ecuación 3.

60 <Ecuación 3>

$$V_2[k+1] = V_2[k]e^{-\frac{\Delta t}{\tau[k+1]}} + R_2[k+1]i[k+1]\left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau[k+1]}}\right)$$

En la Ecuación 3, $R_2[k+1]$ indica el valor de resistencia de la resistencia R_2 en el ciclo actual, $\tau[k+1]$ indica la constante de tiempo del par de RC 220 en el ciclo actual, $V_2[k]$ indica el sobrepotencial en el ciclo anterior y $V_2[k+1]$ indica el sobrepotencial en el ciclo actual. En la Ecuación 3, $i[k+1]$ puede sustituirse por $i[k]$. El sobrepotencial $V_2[0]$ en el punto de tiempo en el que se produjo el evento puede ser 0 V (voltios).

La siguiente Ecuación 4 es una primera ecuación de estado asociada con el proceso de actualización de tiempo del filtro de Kalman extendido y se deriva de una combinación de la Ecuación 2 y la Ecuación 3.

<Ecuación 4>

$$\hat{x}_{k+1}^- = \begin{pmatrix} SOC[k+1] \\ V_2[k+1] \end{pmatrix} = A\hat{x}_k + B i[k+1]$$

$$\hat{x}_k = \begin{pmatrix} SOC_e[k] \\ V_2[k] \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{-\frac{\Delta t}{\tau[k+1]}} \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} \frac{\Delta t}{Q_{est}} \\ R_2[k+1] \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau[k+1]}} \right) \end{pmatrix}$$

En la Ecuación 4 y las siguientes Ecuaciones 5 a 8, el símbolo ^ en superíndice indica un valor estimado mediante actualizaciones de tiempo. Adicionalmente, el símbolo - en superíndice indica un valor antes de una corrección mediante actualizaciones de medición descritas a continuación.

La siguiente Ecuación 5 es una segunda ecuación de estado asociada con el proceso de actualización de tiempo del filtro de Kalman extendido.

<Ecuación 5>

$$P_{k+1}^- = A P_k A^T + Q_k$$

$$Q_k = \begin{pmatrix} W1_k & 0 \\ 0 & W2_k \end{pmatrix}$$

En la Ecuación 5, P_k indica una matriz de covarianza de error corregida en el ciclo anterior, Q_k indica una matriz de covarianza de ruido de proceso en el ciclo anterior, T indica un operador de transposición y P_{k+1} indica una matriz de covarianza de error en el ciclo actual. En $k=0$, P_0 puede ser igual a $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$. $W1_k$ es el primer ruido de proceso establecido en el ciclo anterior y está asociado con la fiabilidad del recuento de amperios. Es decir, $W1_k$ es un número positivo que indica una imprecisión del valor de corriente acumulada calculado mediante el uso del recuento de amperios. $W2_k$ es el segundo ruido de proceso establecido en el ciclo anterior y está asociado con la fiabilidad del modelo de circuito equivalente 200. Es decir, $W2_k$ es un número positivo que indica una imprecisión de los parámetros asociados con el modelo de circuito equivalente 200. Por consiguiente, la unidad de control 120 puede aumentar el

primer ruido de proceso a medida que aumenta la imprecisión del recuento de amperios. La unidad de control 120 puede aumentar el segundo ruido de proceso a medida que aumenta la imprecisión del modelo de circuito equivalente 200.

- 5 Cuando se completa el proceso de actualización de tiempo mediante el uso de la Ecuación 4 y la Ecuación 5, la unidad de control 120 realiza un proceso de actualización de medición.

La siguiente Ecuación 6 es una primera ecuación de observación asociada con el proceso de actualización de medición del filtro de Kalman extendido.

10

<Ecuación 6>

$$K_{k+1} = \begin{pmatrix} K_{(1,1)k+1} \\ K_{(2,1)k+1} \end{pmatrix} = P_{k+1}^- H_{k+1}^T (H_{k+1} P_{k+1}^- H_{k+1}^T + R)^{-1}$$

$$H_{k+1}^T = \begin{pmatrix} \frac{f_1(SOC[k+1] + 0,01n) - f_1(SOC[k+1] - 0,01n)}{2n} \\ 1 \end{pmatrix}$$

- 15 En la Ecuación 6, K_{k+1} indica una ganancia de Kalman en el ciclo actual. $K_{(1,1)k+1}$ es una primera componente de la ganancia de Kalman y $K_{(2,1)k+1}$ es una segunda componente de la ganancia de Kalman. Adicionalmente, R es una matriz de covarianza de ruido de medición y tiene componentes preestablecidas. H_{k+1} es una matriz de sistema y se usa para reflejar cambios en la OCV de la batería 20 de acuerdo con la curva de OCV-SOC cuando se estima el SOC de la batería 20. n es un número entero positivo preestablecido (por ejemplo, 1).

- 20 La siguiente Ecuación 7 es una segunda ecuación de observación asociada con el proceso de actualización de medición del filtro de Kalman extendido.

<Ecuación 7>

$$\hat{x}_{k+1} = \hat{x}_{k+1}^- + K_{k+1} \{z_{k+1} - V_{ecm}[k+1]\}$$

$$= \hat{x}_{k+1}^- + K_{k+1} \{z_{k+1} - (f_1(SOC[k+1]) + V_1[k+1] + V_2[k+1])\}$$

25

En la Ecuación 7, z_{k+1} indica la tensión de la batería 20 medida en el ciclo actual y $V_{ecm}[k+1]$ indica la tensión de salida del modelo de circuito equivalente 200 en el ciclo actual. $f_1(SOC[k+1])$ indica la OCV en el ciclo actual (véase la descripción de la Figura 2). $V_1[k+1]$ indica la tensión a través de la resistencia óhmica R_i en el ciclo actual y puede ser igual a la multiplicación de uno cualquiera de $i[k+1]$ e $i[k]$ por $R_1[k+1]$. $R_1[k+1]$ es el valor de resistencia de la resistencia óhmica R_i en el ciclo actual. La unidad de control 120 puede determinar $R_1[k+1]$ en función del valor de temperatura. Para este fin, la unidad de memoria 130 registra una primera tabla de consulta que define una relación de correspondencia entre el valor de temperatura y el valor de resistencia de la resistencia óhmica R_i . La unidad de control 120 puede obtener un valor de resistencia mapeado a un valor de temperatura específico (por ejemplo, el valor de temperatura del conjunto de datos) a partir de la primera tabla de consulta mediante el uso del valor de temperatura específico como un índice. Cada uno de $SOC[k+1]$ y $V_2[k+1]$ obtenido a partir de la Ecuación 4 se corrige mediante la Ecuación 7.

30

35

- Haciendo referencia a las Ecuaciones 6 y 7, al corregir $SOC[k+1]$ obtenido a partir de la Ecuación 4, dado que el valor de $K_{(1,1)k+1}$ está más cerca de 0, la influencia de una diferencia entre z_{k+1} y $V_{ecm}[k+1]$ disminuye. Una de las causas de la disminución de $K_{(1,1)k+1}$ es la incompletitud del recuento de amperios (véase la Ecuación 2). La disminución de $K_{(1,1)k+1}$ da como resultado una capacidad de aprendizaje reducida del filtro de Kalman extendido en función de la diferencia entre z_{k+1} y $V_{ecm}[k+1]$.

40

- Adicionalmente, haciendo referencia a las Ecuaciones 6 y 7, al corregir $V_2[k+1]$ obtenido a partir de la Ecuación 4, dado que el valor de $K_{(2,1)k+1}$ está más cerca de 0, la influencia de una diferencia entre z_{k+1} y $V_{ecm}[k+1]$ disminuye. Una de las causas de la disminución de $K_{(2,1)k+1}$ es la inestabilidad del modelo de circuito equivalente 200. La disminución de $K_{(2,1)k+1}$ da como resultado una capacidad de aprendizaje reducida del filtro de Kalman extendido en función de la diferencia entre z_{k+1} y $V_{ecm}[k+1]$.

45

- 50 La unidad de control 120 puede regular una proporción entre el primer ruido de proceso y el segundo ruido de proceso

para impedir una reducción de precisión de estimación debido a la disminución significativa en al menos uno de $K_{(1,1)k+1}$ y $K_{(2,1)k+1}$ al estimar el SOC de la batería 20 mediante el uso del filtro de Kalman extendido.

La siguiente Ecuación 8 es una tercera ecuación de observación asociada con el proceso de actualización de medición del filtro de Kalman extendido.

<Ecuación 8>

$$P_{k+1} = (E - K_{k+1}H_{k+1})P_{k+1}^-$$

En la Ecuación 8, E indica la matriz unidad. P_{k+1} obtenido a partir de la Ecuación 5 se corrige a P_{k+1} mediante la Ecuación 8.

La unidad de control 120 actualiza periódicamente el SOC de la batería 20 realizando cada etapa de cálculo de las Ecuaciones 4 a 8 al menos una vez cada vez que el índice de tiempo k aumenta en 1.

En lo sucesivo en el presente documento, la operación de determinación del segundo valor candidato se describirá con referencia a la descripción anterior del filtro de Kalman extendido.

La unidad de control 120 determina el segundo valor candidato en función del conjunto de datos. Como se ha descrito previamente, el conjunto de datos incluye el valor de corriente, el valor de tensión y el valor de temperatura. La unidad de control 120 determina $R_2[k+1]$ y $\tau[k+1]$ de la Ecuación 4 en función del valor de temperatura y el SOC determinado en el ciclo anterior. Para este fin, la unidad de memoria 130 puede registrar una segunda tabla de consulta que defina una relación de correspondencia entre el SOC, el valor de temperatura y el valor de resistencia de la resistencia R_2 . La unidad de control 120 puede obtener el valor de resistencia mapeado al valor de temperatura del conjunto de datos y el SOC determinado en el ciclo anterior como $R_2[k+1]$ de la Ecuación 4 a partir de la segunda tabla de consulta mediante el uso del valor de temperatura del conjunto de datos y el SOC determinado en el ciclo anterior como un índice. Adicionalmente, la unidad de memoria 130 puede registrar una tercera tabla de consulta que defina una relación de correspondencia entre el SOC, el valor de temperatura y la constante de tiempo. La unidad de control 120 puede obtener la constante de tiempo mapeada al valor de temperatura del conjunto de datos y el SOC determinado en el ciclo anterior como $\tau[k+1]$ de la Ecuación 4 a partir de la tercera tabla de consulta mediante el uso del valor de temperatura del conjunto de datos y el SOC determinado en el ciclo anterior como un índice.

La unidad de control 120 puede establecer $i[k+1]$ (o $i[k]$) de la Ecuación 4 para que sea igual al valor de corriente del conjunto de datos y puede establecer z_{k+1} de la Ecuación 7 para que sea igual al valor de tensión del conjunto de datos. Por consiguiente, la unidad de control 120 puede determinar el segundo valor candidato para que sea igual a $SOC[k+1]$ corregido mediante la Ecuación 7.

Cuando la determinación del primer valor candidato y el segundo valor candidato para el SOC de la batería 20 se completa en el ciclo actual, la unidad de control 120 está configurada para determinar uno del primer valor candidato y el segundo valor candidato como el SOC de la batería 20 en el ciclo actual a través de un proceso descrito a continuación.

La unidad de control 120 determina un valor de diferencia que es un valor absoluto de una diferencia entre el primer valor candidato y el segundo valor candidato. En un ejemplo, cuando el primer valor candidato es 0,51 y el segundo valor candidato es 0,52, el valor de diferencia es 0,01. En otro ejemplo, cuando el primer valor candidato es 0,77 y el segundo valor candidato es 0,75, el valor de diferencia es 0,02.

La unidad de control 120 puede comparar el primer valor de diferencia con un valor umbral predeterminado. El valor umbral se almacena en la unidad de memoria 130 y puede ser, por ejemplo, 0,03.

Cuando el valor de diferencia es mayor que el valor umbral, la unidad de control 120 puede determinar el SOC de la batería 20 para que sea igual al primer valor candidato.

Cuando el valor de diferencia es igual a, o menor que, el valor umbral, la unidad de control 120 puede determinar el SOC de la batería 20 para que sea igual al segundo valor candidato en lugar del primer valor candidato.

Cuando la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es igual a, o más alta que, un primer límite más bajo predeterminado (por ejemplo, 0,01) y la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es igual a, o más alta que, un segundo límite más bajo predeterminado (por ejemplo, 0,001), la unidad de control 120 puede establecer una proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso para que sea igual a una proporción de referencia predeterminada (por ejemplo, 0,1). Por ejemplo, el primer ruido de proceso puede establecerse para que sea igual a un primer valor de referencia predeterminado (por ejemplo, 0,1) y el segundo ruido de proceso puede establecerse para que sea igual a un segundo valor de referencia predeterminado (por ejemplo, 0,01). Es decir, la proporción de referencia puede ser igual a un valor obtenido al dividir el segundo valor de referencia por el primer valor

de referencia.

Cuando la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es más baja que el primer límite más bajo y la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es igual a, o más alta que, el segundo límite más bajo, la unidad de control 120 puede reducir la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso por debajo de la proporción de referencia. En un ejemplo, el primer ruido de proceso puede establecerse para que sea igual al primer valor de referencia y el segundo ruido de proceso puede establecerse como un valor que es menor que el segundo valor de referencia. En otro ejemplo, el primer ruido de proceso puede establecerse como un valor que es mayor que el primer valor de referencia y el segundo ruido de proceso puede establecerse para que sea igual al segundo valor de referencia. En otro ejemplo más, el primer ruido de proceso puede establecerse como un valor que es mayor que el primer valor de referencia y el segundo ruido de proceso puede establecerse como un valor que es menor que el segundo valor de referencia.

Cuando la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es más baja que el primer límite más bajo y la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es igual a, o más alta que, el segundo límite más bajo, la unidad de control 120 puede determinar la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso de tal manera que una diferencia entre la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso y la proporción de referencia sea proporcional a una diferencia entre la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ y el primer límite más bajo. Por ejemplo, cuando la diferencia entre la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ y el primer límite más bajo es 0,002, la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso puede determinarse como 0,09 y, cuando la diferencia entre la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ y el primer límite más bajo es 0,003, la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso puede determinarse como 0,085.

Cuando la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es igual a, o más alta que, el primer límite más bajo y la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es más baja que el segundo límite más bajo, la unidad de control 120 puede aumentar la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso por encima de la proporción de referencia. En un ejemplo, el primer ruido de proceso puede establecerse para que sea igual al primer valor de referencia y el segundo ruido de proceso puede establecerse como un valor que es mayor que el segundo valor de referencia. En otro ejemplo, el primer ruido de proceso puede establecerse como un valor que es menor que el primer valor de referencia y el segundo ruido de proceso puede establecerse para que sea igual al segundo valor de referencia. En otro ejemplo más, el primer ruido de proceso puede establecerse como un valor que es menor que el primer valor de referencia y el segundo ruido de proceso puede establecerse como un valor que es mayor que el segundo valor de referencia.

Cuando la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es igual a, o más alta que, el primer límite más bajo y la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es más baja que el segundo límite más bajo, la unidad de control 120 puede determinar la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso de tal manera que la diferencia entre la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso y la proporción de referencia sea proporcional a una diferencia entre la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ y el segundo límite más bajo. Por ejemplo, la diferencia entre la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ y el segundo límite más bajo es 0,002, la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso puede determinarse como 0,115 y, cuando la diferencia entre la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ y el segundo límite más bajo es 0,003, la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso puede determinarse como 0,121.

Cuando la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es más baja que el primer límite más bajo, la unidad de control 120 puede determinar el primer ruido de proceso mediante el uso de la siguiente Ecuación 9. Cuando la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es más baja que el segundo límite más bajo, la unidad de control 120 puede determinar el segundo ruido de proceso mediante el uso de la siguiente Ecuación 10.

<Ecuación 9>

$$W1_k = (M_1 D_1 - M_2 D_2) + M_{w1}$$

<Ecuación 10>

$$W2_k = (M_4 D_2 - M_3 D_1) + M_{w2}$$

En las Ecuaciones 9 y 10, D_1 indica el valor absoluto de la diferencia entre la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ y el primer límite más bajo, D_2 indica el valor absoluto de la diferencia entre la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ y el segundo límite más bajo, M_{w1} indica el primer valor de referencia, M_{w2} indica el segundo valor de referencia, M_1 indica un primer peso, M_2 indica un segundo peso, M_3 indica un tercer peso, M_4 indica un cuarto peso, $W1_k$ indica el primer ruido de proceso y $W2_k$ indica el segundo ruido de proceso. M_1 , M_2 , M_3 y M_4 pueden ser números positivos que están preestablecidos para que sean idénticos o diferentes entre sí.

Cuando la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es más baja que el primer límite más bajo y la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es más baja que el segundo límite más bajo, la unidad

de control 120 puede establecer el primer ruido de proceso y el segundo ruido de proceso para que sean iguales a $W1_k$ mediante la Ecuación 9 y $W2_k$ mediante la Ecuación 10, respectivamente.

5 El primer ruido de proceso y el segundo ruido de proceso establecidos como se ha descrito anteriormente pueden asignarse, respectivamente, a $W1_k$ y $W2_k$ de la Ecuación 5 en el proceso de estimación del SOC para el próximo ciclo.

10 La unidad de control 120 puede emitir, selectivamente, la señal de conmutación SS para controlar el conmutador 30. Cuando la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ es más baja que el primer límite más bajo o la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ es más baja que segundo límite más bajo, la unidad de control 120 puede regular el ciclo de trabajo de la señal de conmutación SS para que sea igual a, o menor que, un ciclo de trabajo de referencia predeterminado (por ejemplo, 0,2). Cuando el ciclo de trabajo de la señal de conmutación SS se regula por debajo del ciclo de trabajo de referencia, la cantidad máxima de corrientes que pueden fluir a través de la batería 20 se reduce, evitando así cambios rápidos en la tensión y la temperatura de la batería 20.

15 Las Figuras 4 y 5 son diagramas de flujo ilustrativos de un método de gestión de batería realizado por el aparato de gestión de batería de la Figura 1. El método de las Figuras 4 y 5 pueden realizarse periódicamente desde el punto de tiempo en el que se produjo el evento. El método de las Figuras 4 y 5 puede finalizar cuando se detiene la carga/descarga de la batería 20.

20 Haciendo referencia a las Figuras 1 a 5, en la etapa S400, la unidad de control 120 determina la capacidad máxima (o SOH) de la batería 20 (véase la Ecuación 1).

25 En la etapa S405, la unidad de control 120 detecta la corriente, la tensión y la temperatura de la batería 20 mediante el uso de la unidad de detección 110. La unidad de detección 110 emite una señal SI que indica la corriente detectada, una señal SV que indica la tensión detectada y una señal ST que indica la temperatura detectada a la unidad de control 120.

30 En la etapa S410, la unidad de control 120 recibe la señal SI, la señal SV y la señal ST, y genera un conjunto de datos que incluye un valor de corriente que indica la corriente de la batería 20, un valor de tensión que indica la tensión de la batería 20 y un valor de temperatura que indica la temperatura de la batería 20.

En la etapa S420, la unidad de control 120 determina un primer valor candidato para el SOC de la batería 20 en función del valor de corriente mediante el uso de recuento de amperios (véase la Ecuación 2).

35 En la etapa S430, la unidad de control 120 determina una ganancia de Kalman K_{k+1} y un segundo valor candidato para el SOC de la batería 20 en función del conjunto de datos mediante el uso del filtro de Kalman extendido (véanse las Ecuaciones 3 a 8).

40 A diferencia de la Figura 4, las etapas S420 y S430 pueden realizarse al mismo tiempo o la etapa S430 puede preceder a la etapa S420.

En la etapa S440, la unidad de control 120 determina un valor de diferencia entre el primer valor candidato y el segundo valor candidato.

45 En la etapa S500, la unidad de control 120 determina si el valor de diferencia es mayor que el valor umbral. Cuando un valor de la etapa S500 es "SÍ", se lleva a cabo la etapa S510. Cuando el valor de la etapa S500 es "NO", se lleva a cabo la etapa S520.

50 En la etapa S510, la unidad de control 120 determina el SOC de la batería 20 para que sea igual al primer valor candidato.

En la etapa S520, la unidad de control 120 determina el SOC de la batería 20 para que sea igual al segundo valor candidato.

55 En la etapa S530, la unidad de control 120 determina si la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es más baja que el primer límite más bajo o la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ de la ganancia de Kalman K_{k+1} es más baja que el segundo límite más bajo. Un valor de la etapa S530 que sea "NO" representa que la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ es igual a, o más alta que, el primer límite más bajo y la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ es igual a, o más alta que, el segundo límite más bajo. Cuando el valor de la etapa S530 es "NO", se lleva a cabo la etapa S540. Cuando el valor de la etapa S530 es "YES", se realiza al menos una de las etapas S550 y S560.

60 En la etapa S540, la unidad de control 120 establece una proporción de un segundo ruido de proceso a un primer ruido de proceso para que sea igual a la proporción de referencia. Por ejemplo, el primer ruido de proceso puede establecerse para que sea igual al primer valor de referencia y el segundo ruido de proceso puede establecerse para que sea igual al segundo valor de referencia. La proporción de referencia es un valor obtenido al dividir el segundo valor de referencia por el primer valor de referencia.

En la etapa S550, la unidad de control 120 disminuye o aumenta la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso con respecto a la proporción de referencia (véanse las Ecuaciones 9 y 10).

- 5 En la etapa S560, la unidad de control 120 regula el ciclo de trabajo de la señal de conmutación SS emitida al conmutador 30 para que sea igual a, o menor que, el ciclo de trabajo de referencia. Una diferencia entre el ciclo de trabajo regulado y el ciclo de trabajo de referencia puede ser proporcional a uno cualquiera (por ejemplo, uno mayor) del valor absoluto de la diferencia entre la primera componente $K_{(1,1)k+1}$ y el primer límite más bajo, y el valor absoluto de la diferencia entre la segunda componente $K_{(2,1)k+1}$ y el segundo límite más bajo. A diferencia de la Figura 5, las etapas S550 y S560 pueden realizarse al mismo tiempo, o la etapa S560 puede preceder a la etapa S550, o puede realizarse únicamente una de la etapa S550 y la etapa S560.
- 10

- Las realizaciones de la presente divulgación descritas anteriormente no se implementan únicamente a través del aparato y el método, y pueden implementarse a través de programas que realizan las funciones correspondientes a las configuraciones de las realizaciones de la presente divulgación o medios de grabación que tienen los programas grabados en ellos, y tal implementación pueden lograrla fácilmente los expertos en la técnica a partir de la divulgación de las realizaciones descritas anteriormente.
- 15

- Si bien la presente divulgación se ha descrito anteriormente con respecto a un número limitado de realizaciones y dibujos, la presente divulgación no se limita a estos y es obvio para los expertos en la materia que se pueden realizar diversas modificaciones y diversos cambios de estos dentro de los aspectos técnicos de la presente divulgación y el alcance de las reivindicaciones adjuntas.
- 20

REIVINDICACIONES

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

una unidad de detección (110) configurada para detectar una corriente, una tensión y una temperatura de una batería (20); y
una unidad de control (120) configurada para generar un conjunto de datos que incluye un valor de corriente que indica la corriente detectada, un valor de tensión que indica la tensión detectada y un valor de temperatura que indica la temperatura detectada,
en donde la unidad de control (120) está configurada para:

determinar un primer valor candidato para un estado de carga (SOC) de la batería (20) en función del valor de corriente mediante el uso de recuento de amperios,
determinar una ganancia de Kalman y un segundo valor candidato para el SOC en función del conjunto de datos mediante el uso de un filtro de Kalman extendido,
determinar el SOC para que sea igual al primer valor candidato cuando un valor de diferencia entre el primer valor candidato y el segundo valor candidato es mayor que un valor umbral, y
establecer una proporción de un segundo ruido de proceso a un primer ruido de proceso en el filtro de Kalman extendido para que sea igual a una proporción de referencia predeterminada cuando una primera componente de la ganancia de Kalman es igual a, o más alta que, un primer límite más bajo predeterminado y una segunda componente de la ganancia de Kalman es igual a, o más alta que, un segundo límite más bajo predeterminado, en donde el primer ruido de proceso está asociado con la fiabilidad del recuento de amperios, y el segundo ruido de proceso está asociado con la fiabilidad de un modelo de circuito equivalente de la batería (20).

2. El aparato de gestión de batería (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de control (120) está configurada para establecer el primer ruido de proceso para que sea igual a un primer valor de referencia predeterminado y el segundo ruido de proceso para que sea igual a un segundo valor de referencia predeterminado cuando la primera componente de la ganancia de Kalman es igual a, o más alta que, el primer límite más bajo y la segunda componente de la ganancia de Kalman es igual a, o más alta que, el segundo límite más bajo, y la proporción de referencia es un valor obtenido al dividir el segundo valor de referencia por el primer valor de referencia.

3. El aparato de gestión de batería (100) de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la unidad de control (120) está configurada para reducir la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso por debajo de la proporción de referencia cuando la primera componente es más baja que el primer límite más bajo y la segunda componente es igual a, o más alta que, el segundo límite más bajo.

4. El aparato de gestión de batería (100) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la unidad de control (120) está configurada para determinar el primer ruido de proceso para que sea igual a un valor que sea mayor que el primer valor de referencia o determinar el segundo ruido de proceso para que sea igual a un valor que sea menor que el segundo valor de referencia cuando la primera componente es más baja que el primer límite más bajo y la segunda componente es igual a, o más alta que, el segundo límite más bajo.

5. El aparato de gestión de batería (100) de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la unidad de control (120) está configurada para aumentar la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso por encima de la proporción de referencia cuando la primera componente es igual a, o más alta que, el primer límite más bajo y la segunda componente es más baja que el segundo límite más bajo.

6. El aparato de gestión de batería (100) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la unidad de control (120) está configurada para determinar el primer ruido de proceso para que sea igual a un valor que sea menor que el primer valor de referencia o determinar el segundo ruido de proceso para que sea igual a un valor que sea mayor que el segundo valor de referencia cuando la primera componente es igual a, o más alta que, el primer límite más bajo y la segunda componente es más baja que el segundo límite más bajo.

7. El aparato de gestión de batería (100) de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la unidad de control (120) está configurada para determinar el primer ruido de proceso y el segundo ruido de proceso mediante el uso de las siguientes Ecuaciones 1 y 2 cuando la primera componente es más baja que el primer límite más bajo o la segunda componente es más baja que el segundo límite más bajo:

<Ecuación 1>

$$W1_k = (M_1 D_1 - M_2 D_2) + M_{W1}$$

<Ecuación 2>

$$W2_k = (M_4 D_2 - M_3 D_1) + M_{W2}$$

en donde D_1 indica un valor absoluto de una diferencia entre la primera componente y el primer límite más bajo, D_2 indica un valor absoluto de una diferencia entre la segunda componente y el segundo límite más bajo, M_{W1} indica el primer valor de referencia, M_{W2} indica el segundo valor de referencia, M_1 indica un primer peso, M_2 indica un segundo peso, M_3 indica un tercer peso, M_4 indica un cuarto peso, $W1_k$ indica el primer ruido de proceso y $W2_k$ indica el segundo ruido de proceso.

8. El aparato de gestión de batería (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de control (120) está configurada para determinar el SOC para que sea igual al segundo valor candidato en lugar del primer valor candidato cuando el valor de diferencia es igual a, o menor que, el valor umbral.

9. El aparato de gestión de batería (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de control (120) está configurada para:

emitir selectivamente una señal de conmutación para controlar un conmutador instalado en una trayectoria de corriente de la batería (20), y
regular un ciclo de trabajo de la señal de conmutación para que sea igual a, o menor que, un ciclo de trabajo de referencia cuando la primera componente es más baja que el primer límite más bajo o la segunda componente es más baja que el segundo límite más bajo.

10. Un bloque de batería (10) que comprende el aparato de gestión de batería (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

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

detectar (S405) una corriente, una tensión y una temperatura de una batería;
generar (S410) un conjunto de datos que incluye un valor de corriente que indica la corriente detectada, un valor de tensión que indica la tensión detectada y un valor de temperatura que indica la temperatura detectada;
determinar (S420) un primer valor candidato para un estado de carga (SOC) de la batería (20) en función del valor de corriente mediante el uso de recuento de amperios;
determinar (S430) una ganancia de Kalman y un segundo valor candidato para el SOC en función del conjunto de datos mediante el uso de un filtro de Kalman extendido;
determinar (S440) el SOC para que sea igual al primer valor candidato cuando un valor de diferencia entre el primer valor candidato y el segundo valor candidato es mayor que un valor umbral; y
establecer (S530) una proporción de un segundo ruido de proceso a un primer ruido de proceso en el filtro de Kalman extendido para que sea igual a una proporción de referencia predeterminada cuando una primera componente de la ganancia de Kalman es igual a, o más alta que, un primer límite más bajo predeterminado y una segunda componente de la ganancia de Kalman es igual a, o más alta que, un segundo límite más bajo predeterminado,
en donde el primer ruido de proceso está asociado con la fiabilidad del recuento de amperios, y
el segundo ruido de proceso está asociado con la fiabilidad de un modelo de circuito equivalente de la batería (20).

12. El método de gestión de batería de acuerdo con la reivindicación 11, que, además, comprende:

reducir (S550) la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso por debajo de la proporción de referencia cuando la primera componente es más baja que el primer límite más bajo y la segunda componente es igual a, o más alta que, el segundo límite más bajo.

13. El método de gestión de batería de acuerdo con la reivindicación 11, que, además, comprende:

aumentar (S550) la proporción del segundo ruido de proceso al primer ruido de proceso por encima de la proporción de referencia cuando la primera componente es igual a, o más alta que, el primer límite más bajo y la segunda componente es más baja que el segundo límite más bajo.

FIG. 1

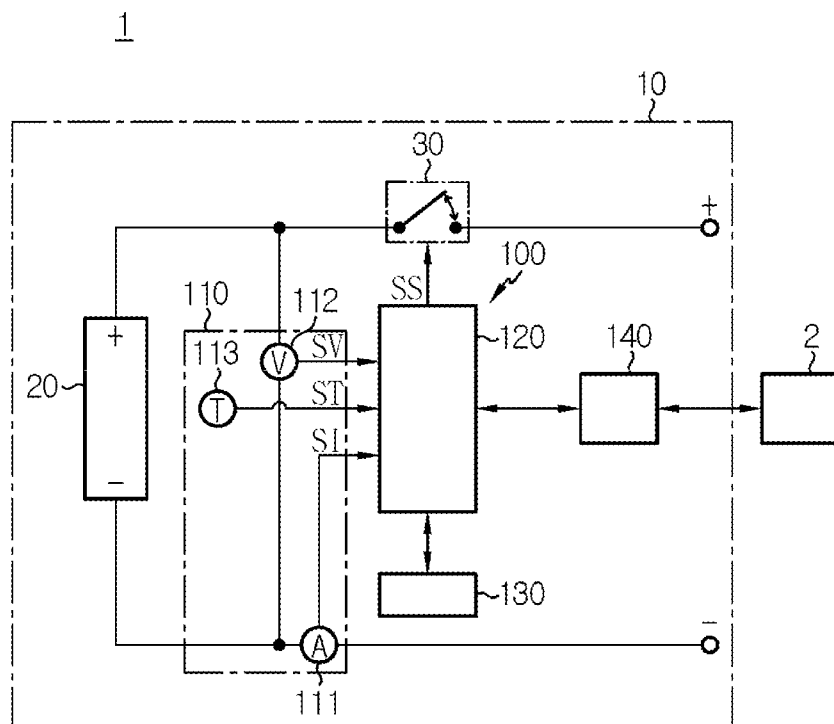


FIG. 2

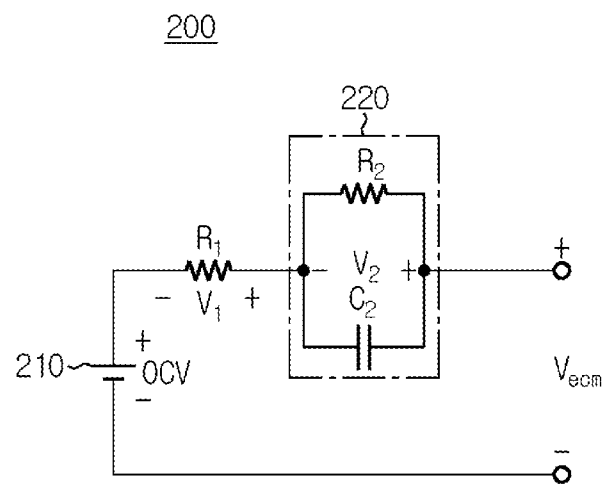


FIG. 3

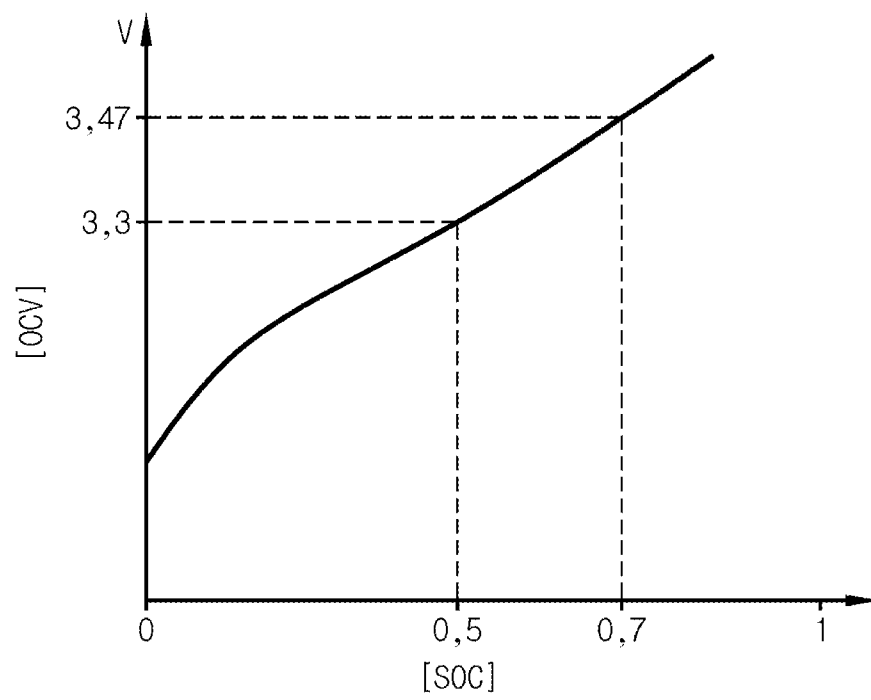


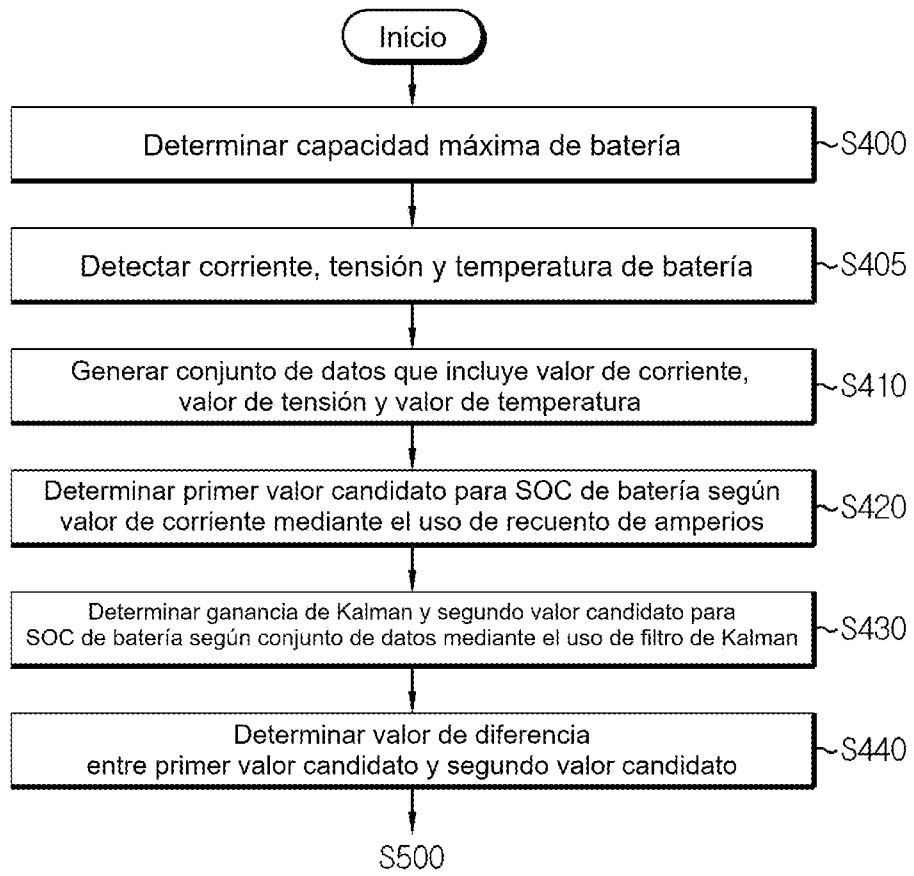
FIG. 4

FIG. 5

