

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 004 660**

51 Int. Cl.:

G01R 31/367 (2009.01)
G01R 31/36 (2010.01)
G01R 31/392 (2009.01)
G01R 31/382 (2009.01)
G01R 19/165 (2006.01)
G01R 19/10 (2006.01)
G01R 31/387 (2009.01)
H01M 10/48 (2006.01)
H01M 10/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2021** **PCT/KR2021/019712**
87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2022** **WO22149769**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2021** **E 21917931 (4)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2024** **EP 4148442**

54 Título: **Método de predicción de corriente de descarga máxima y sistema de batería que usa el mismo**

30 Prioridad:

08.01.2021 KR 20210002662

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.03.2025

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

LEE, SUN JONG y
KIM, CHEOLTAEK

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 3 004 660 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de predicción de corriente de descarga máxima y sistema de batería que usa el mismo

5 Sector de la técnica

Referencia cruzada a solicitud relacionada

10 Esta solicitud reivindica prioridad con respecto a y el beneficio de la Solicitud de Patente Coreana n.º 10-2021-0002662 presentada ante la Oficina de Propiedad Intelectual de Corea el 8 de enero de 2021.

La presente descripción se refiere a un método de predicción de corriente de descarga máxima y a un sistema de batería que usa el mismo.

15 Estado de la técnica

20 Cuando se usa una batería secundaria de iones de litio, es muy importante encontrar una corriente a la cual la celda de batería de iones de litio alcance cierta tensión después de cierto tiempo. Si la celda de batería se usa de modo que la tensión de celda de batería es menor que una tensión límite inferior, puede ocurrir un problema en la seguridad y ciclo de vida de la celda de batería.

25 Como tal, se requiere una técnica (en lo sucesivo, método de predicción de corriente de descarga máxima) para predecir si la tensión de la celda de batería alcanzará la tensión límite de descarga después de cuánto tiempo cuando se descarga con cierta corriente en un SOC y a una temperatura específicos.

30 Si no hay un método de predicción de corriente de descarga máxima como se describe más arriba, múltiples tiempos de descarga se establecen dividiendo un tiempo de descarga predeterminado en una unidad predeterminada, y múltiples valores de corriente de descarga para múltiples SOC y múltiples temperaturas en cada tiempo de descarga deben almacenarse en el sistema de gestión de batería. Es decir, el sistema de gestión de batería almacena la información de más arriba en la forma de una tabla de consulta, y encuentra el valor de corriente de descarga correspondiente a la condición de descarga de corriente de la tabla de consulta cuando se descarga la celda de batería. Sin embargo, la capacidad de la tabla de consulta es muy grande, y múltiples experimentos de descarga deben llevarse a cabo para generar la tabla de consulta, y los experimentos requieren una cantidad de tiempo considerable.

35 El documento US2016/0131714 A1 describe un método para determinar una corriente de carga eléctrica máxima o una corriente de descarga eléctrica máxima de una celda de almacenamiento de energía, comprendiendo el método: (a) proveer un límite de tensión superior o límite de tensión inferior predeterminados de la celda de almacenamiento de energía; (b) proveer un horizonte temporal como una diferencia de tiempo entre un tiempo presente y un tiempo futuro; en donde, con un periodo de repetición diferente del horizonte temporal, repetir las siguientes etapas: (c) medir un nivel de tensión presente de la celda de almacenamiento de energía; (d) calcular, por una unidad de control, una diferencia de tensión entre el nivel de tensión presente y el límite de tensión superior o límite de tensión inferior; y (e) en base a la diferencia de tensión, el horizonte temporal y el modelo de circuito equivalente que comprende una capacitancia y una resistencia de la celda de almacenamiento de energía en relación con una corriente de carga eléctrica o una corriente de descarga eléctrica con respecto a una tensión estimada respectiva de la celda de almacenamiento de energía, determinar la corriente de carga eléctrica máxima o la corriente de descarga eléctrica máxima de la celda de almacenamiento de energía correspondiente a la diferencia de tensión, en donde la respectiva tensión estimada de la celda de almacenamiento de energía es menor que o igual al límite de tensión superior durante el horizonte temporal en el caso de una corriente de carga eléctrica, o mayor que o igual al límite de tensión inferior durante el horizonte temporal en el caso de una corriente de descarga eléctrica.

Objeto de la invención

Problema técnico

55 La presente descripción es para proveer un método de predicción de corriente de descarga máxima que pueda predecir la corriente de descarga máxima con la cual una celda de batería alcanzará una tensión de límite de descarga después de que haya transcurrido un periodo de descarga predeterminado en un SOC y a una temperatura arbitrarios, y un sistema de batería que use el mismo.

60 Solución técnica

65 Un método de predicción de una corriente de descarga máxima para una celda de batería incluye: recibir un tiempo de descarga y una tensión de límite de descarga; establecer una tensión de referencia de descarga; obtener una constante proporcional y un parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga, en donde la constante proporcional y el parámetro de índice se aplican a una relación entre una corriente constante y un

tiempo de descarga durante una descarga; calcular una corriente constante para el tiempo de descarga usando la constante proporcional y el parámetro de índice; y ajustar la tensión de referencia de descarga cuando una diferencia entre una tensión de límite de descarga temporal a la cual una tensión debida a la corriente constante y una resistencia interna de la celda de batería cae de la tensión de referencia de descarga y la tensión de límite de descarga se desvía de un error predeterminado.

El ajuste de la tensión de referencia de descarga puede incluir: restar la tensión de referencia de descarga por una tensión de compensación predeterminada cuando la tensión de límite de descarga temporal es mayor que la tensión de límite de descarga; reducir la tensión de compensación en una relación predeterminada; y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga.

El ajuste de la tensión de referencia de descarga puede incluir: reducir la tensión de compensación predeterminada en una relación predeterminada; y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga cuando la tensión de límite de descarga temporal no es mayor que la tensión de límite de descarga.

Después del ajuste de la tensión de referencia de descarga, el cálculo de la corriente constante para el tiempo de descarga adquiriendo la constante proporcional y el parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga puede llevarse a cabo de manera repetida, y el ajuste de la tensión de referencia de descarga puede repetirse cuando la diferencia entre la tensión de límite de descarga temporal en base a la corriente constante calculada por la iteración y la tensión de límite de descarga se desvía del error predeterminado.

El ajuste de la tensión de referencia de descarga puede incluir: reducir la tensión de compensación en una relación predeterminada y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga después de restar la tensión de referencia de descarga por una tensión de compensación predeterminada cuando la tensión de límite de descarga temporal es mayor que la tensión de límite de descarga; reducir la tensión de compensación predeterminada en una relación predeterminada; y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga cuando la tensión de límite de descarga temporal no es mayor que la tensión de límite de descarga.

El método de predicción de la corriente de descarga máxima puede además incluir predecir la corriente constante calculada cuando la tensión de compensación es menor que o igual a una tensión umbral predeterminada como la corriente de descarga máxima para el tiempo de descarga.

La obtención de la constante proporcional y del parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga puede incluir seleccionar la constante proporcional y el parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga entre múltiples constantes proporcionales y múltiples parámetros de índice. Múltiples constantes proporcionales y múltiples parámetros de índice pueden obtenerse midiendo un primer tiempo requerido para que la tensión de celda de batería se reduzca a la primera tensión de límite de descarga por una primera descarga de corriente constante, medir un segundo tiempo requerido para que la tensión de celda de batería se reduzca a la segunda tensión de límite de descarga por una segunda descarga de corriente constante, y calcular una constante proporcional y un parámetro de índice en base a la primera corriente constante y el primer tiempo, y a la segunda corriente constante y el segundo tiempo, mientras se cambia el nivel de la tensión de referencia de descarga. La primera tensión de límite de descarga puede ser una tensión a la cual la tensión debida a la primera corriente constante y la resistencia interna de la celda de batería cae de la tensión de referencia de descarga, y la segunda tensión de límite de descarga es la tensión a la cual la tensión debida a la segunda corriente constante y la resistencia interna de la celda de batería cae de la tensión de referencia de descarga.

La obtención de la constante proporcional y del parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga puede incluir seleccionar la constante proporcional y el parámetro de índice según una condición de SOC y temperatura de la celda de batería.

Un sistema de batería según otra característica de la invención incluye: múltiples celdas de batería; y un sistema de gestión de batería conectado a múltiples celdas de batería para estimar un SOC de múltiples celdas de batería, para recibir información para una temperatura de cada una de múltiples celdas de batería, y para recibir un tiempo de descarga y una tensión de límite de descarga del exterior. El sistema de gestión de batería puede establecer una tensión de referencia de descarga, calcular una corriente constante para el tiempo de descarga usando una constante proporcional y un parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga, y ajustar la tensión de referencia de descarga cuando una diferencia entre una tensión de límite de descarga temporal a la cual una tensión debida a la corriente constante y una resistencia interna de la celda de batería cae de la tensión de referencia de descarga y la tensión de límite de descarga se desvía de un error predeterminado, y la constante proporcional y el parámetro de índice pueden aplicarse a una relación entre la corriente constante y el tiempo de descarga durante la descarga.

El sistema de gestión de batería puede reducir la tensión de compensación en una relación predeterminada, y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga después de restar la tensión de referencia de descarga por una tensión de compensación predeterminada cuando la tensión de límite de descarga

temporal es mayor que la tensión de límite de descarga.

El sistema de gestión de batería puede reducir una tensión de compensación predeterminada en una relación predeterminada y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga cuando la tensión de límite de descarga temporal no es mayor que la tensión de límite de descarga.

El sistema de gestión de batería, después del ajuste de la tensión de referencia de descarga, puede calcular una corriente constante para el tiempo de descarga usando una constante proporcional y un parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga y ajustar la tensión de referencia de descarga cuando la diferencia entre la tensión de límite de descarga temporal en base a la corriente constante calculada y la tensión de límite de descarga se desvía del error predeterminado.

El sistema de gestión de batería puede reducir la tensión de compensación en una relación predeterminada y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga después de restar la tensión de referencia de descarga por una tensión de compensación predeterminada cuando la tensión de límite de descarga temporal es mayor que la tensión de límite de descarga, y puede reducir la tensión de compensación predeterminada en una relación predeterminada y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga cuando la tensión de límite de descarga temporal no es mayor que la tensión de límite de descarga.

El sistema de gestión de batería puede predecir la corriente constante calculada como una corriente de descarga máxima para el tiempo de descarga cuando la tensión de compensación es menor que una tensión umbral predeterminada.

El sistema de gestión de batería puede incluir una tabla de consulta que almacena múltiples constantes proporcionales y múltiples parámetros de índice según el nivel de la tensión de referencia de descarga. Múltiples constantes proporcionales y múltiples parámetros de índice pueden obtenerse midiendo un primer tiempo requerido para que la tensión de celda de batería se reduzca a la primera tensión de límite de descarga por una primera descarga de corriente constante, medir un segundo tiempo requerido para que la tensión de celda de batería se reduzca a la segunda tensión de límite de descarga por una segunda descarga de corriente constante, y calcular una constante proporcional y un parámetro de índice en base a la primera corriente constante y el primer tiempo, y a la segunda corriente constante y el segundo tiempo, mientras se cambia el nivel de la tensión de referencia de descarga. La primera tensión de límite de descarga puede ser una tensión a la cual la tensión debida a la primera corriente constante y la resistencia interna de la celda de batería cae de la tensión de referencia de descarga, y la segunda tensión de límite de descarga es la tensión a la cual la tensión debida a la segunda corriente constante y la resistencia interna de la celda de batería cae de la tensión de referencia de descarga.

El sistema de gestión de batería puede seleccionar la constante proporcional y el parámetro de índice según la tensión de referencia de descarga, un SOC, y una condición de temperatura de la celda de batería.

Efectos ventajosos

Se proveen el método de predicción de corriente de descarga máxima que puede predecir la corriente de descarga máxima con la cual la celda de batería alcanza la tensión de límite de descarga después de que haya transcurrido un período de descarga predeterminado en un SOC y a una temperatura arbitrarios, y un sistema de batería que usa el mismo.

Descripción de las figuras

La FIG. 1 es un gráfico para explicar un método de predicción según una realización.

La FIG. 2 es una vista que muestra una configuración parcial de un sistema de batería según una realización y un vehículo equipado con el mismo.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo que muestra un método para predecir una corriente de descarga máxima según una realización.

La FIG. 4 es un gráfico para explicar un método de predicción de gráfico de tensión de descarga según una realización.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo que muestra un método para determinar una constante proporcional y un parámetro de índice entre una corriente constante y un tiempo de descarga según una realización.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo que muestra un método para predecir una corriente de descarga máxima según una realización.

La FIG. 7 es una vista que muestra un gráfico de tensión de descarga de predicción según una realización y un gráfico de tensión de descarga según un resultado experimental real.

Descripción detallada de la invención

El método de predicción de corriente de descarga según una realización puede aplicarse a un sistema de gestión de batería (BMS, por sus siglas en inglés). El BMS puede recibir una solicitud del vehículo de una corriente de descarga máxima que permita que la tensión de celda de batería alcance la tensión de límite de descarga para un tiempo predeterminado, y puede predecir la corriente de descarga máxima que puede satisfacer la solicitud.

De aquí en adelante, las realizaciones descritas en la presente memoria descriptiva se describirán en detalle con referencia a los dibujos anexos. En la presente memoria descriptiva, los componentes iguales o similares se denotarán por numerales de referencia iguales o similares, y una descripción superpuesta de los mismos se omitirá. Los términos "módulo" y "unidad" para componentes usados en la siguiente descripción se usan solo para hacer que la memoria descriptiva sea más fácil. Por lo tanto, estos términos no tienen significados o roles que se distinguen entre sí por sí mismos. Además, en la descripción de las realizaciones de la presente memoria, cuando se determina que una descripción detallada de la técnica conocida asociada a la presente invención no es apropiada, se omitirá. Además, los dibujos anexos se proveen solo para permitir que las realizaciones descritas en la presente memoria se comprendan fácilmente y no pretenden limitar el alcance de protección de la presente invención, que se define en las reivindicaciones anexas.

Los términos que incluyen números ordinales como, por ejemplo, primero, segundo y similares, se usarán solo para describir varios componentes, y no se interpretarán como unos que limitan dichos componentes. Los términos solo se usan para diferenciar un componente de otros componentes.

Se comprenderá que, cuando se hace referencia a un componente como "conectado" o "acoplado" a otro componente, puede conectarse o acoplarse directamente a otro componente o conectarse o acoplarse a otro componente con el otro componente interviniendo entre ambos. Por otro lado, se comprenderá que, cuando se hace referencia a un componente como "conectado o acoplado directamente" a otro componente, puede conectarse o acoplarse a otro componente sin otro componente interviniendo entre ambos.

Se comprenderá además que los términos "comprender" y "tener" usados en la presente memoria especifican la presencia de características, numerales, etapas, operaciones, componentes, partes o una combinación establecida de los mismos, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, numerales, etapas, operaciones, componentes, partes o una combinación diferente de los mismos.

La FIG. 1 es un gráfico para explicar un método de predicción según una realización.

Un gráfico superior de la FIG. 1 es un gráfico de tensión de descarga obtenido a través de un experimento de descarga de corriente constante (CC). El eje vertical es una tensión de celda de batería, y el eje horizontal es un tiempo de descarga. Las dos curvas en líneas continuas son curvas de tensión de descarga cuando se lleva a cabo la descarga con corrientes I1 e I2 constantes. A través del experimento de descarga de CC que usa dos corrientes I1 e I2 constantes, la constante proporcional y el parámetro de índice en la relación entre la corriente constante y el tiempo de descarga durante la descarga pueden obtenerse.

En el gráfico inferior de la FIG. 1, mediante el uso de la constante proporcional y el parámetro de índice obtenidos, el gráfico de tensión de descarga según el paso del tiempo de descarga durante la descarga de CC para las corrientes I3 a I5 constantes para las cuales no se llevó a cabo ningún experimento se muestra como una línea de puntos. Es decir, mediante el uso de la constante proporcional y el parámetro de índice obtenidos, el gráfico de tensión de descarga según el transcurso del tiempo de descarga puede predecirse durante la descarga de CC para las corrientes I3 a I5 constantes.

De manera convencional, varios experimentos de descarga de corriente constante se han llevado a cabo para obtener la corriente de descarga máxima para un período de descarga predeterminado. Para la descarga de corriente constante sin probar, el resultado de descarga de corriente constante sin probar se ha pronosticado interpolando los resultados de la prueba de descarga usando al menos dos corrientes constantes adyacentes al tamaño de la corriente constante de la descarga de corriente constante sin probar. La presente invención adquiere una constante proporcional y un parámetro de índice en el experimento de descarga usando dos corrientes constantes, de manera diferente de la técnica anterior, y puede predecir la corriente de descarga máxima para un tiempo de descarga arbitrario usando los mismos.

La FIG. 2 es una vista que muestra una configuración de un sistema de batería según una realización y un vehículo equipado con el mismo.

El sistema 1 de batería puede montarse en el vehículo, y puede conectarse a un dispositivo 3 de potencia para generar varias fuentes de alimentación necesarias para operar el vehículo y cargar el sistema 1 de batería. Una

unidad 2 de control electrónico (ECU, por sus siglas en inglés) que controla el funcionamiento del vehículo puede transmitir y recibir información a través de la comunicación CAN con el sistema 20 de gestión de batería.

5 El sistema 1 de batería puede incluir la batería 10, el sistema 20 de gestión de batería (BMS), un relé 30, un sensor 40 de corriente y un sensor 50 de temperatura.

La batería 10 incluye múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería (donde n es un número natural) conectadas en serie.

10 El relé 30 se conecta entre el terminal positivo de la batería 10 y un terminal de salida P+, y se abre o cierra bajo el control del BMS 20. Por ejemplo, el relé 30 puede cerrarse según una señal de control de relé RCS, por sus siglas en inglés, de un nivel encendido recibida del BMS 20 y puede abrirse según la señal de control de relé RCS de un nivel apagado. En la FIG. 1, solo se muestra un relé, pero este es un ejemplo de la presente invención y no está limitado a ello. Un relé puede además conectarse entre el electrodo negativo de la batería 10 y el terminal (-) de salida.

15 El sensor 40 de corriente puede detectar una corriente que fluye a través de la batería 10 (en lo sucesivo, una corriente de batería) y el sensor 40 de corriente puede transmitir una señal que indica la corriente detectada al BMS 20.

20 El sensor 50 de temperatura se instala dentro de la batería 10 para medir la temperatura de cada una de múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería. El sensor 50 de temperatura puede transmitir una señal que indica las temperaturas medidas de múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería al BMS 20.

25 El BMS 20 puede conectarse a múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería para medir la tensión de celda de múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería y la tensión de la batería 10, para recibir la información para la corriente de batería y la temperatura de múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería, para controlar la corriente de carga y descarga de la batería 10 en base a la tensión de celda de múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería, la corriente de batería, etc., y para controlar una operación de equilibrio de celdas para múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería.

30 El BMS 20 controla la apertura y el cierre del relé 30 para controlar la carga y descarga de la batería 10. El BMS 20 puede generar y suministrar la señal de control RCS que controla la apertura y el cierre del relé 30.

35 El BMS 20 puede estimar un SOC (estado de carga, SOC, por sus siglas en inglés) de cada una de múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería en base a múltiples tensiones de celda de batería y la corriente de batería, y la temperatura de celda de batería, y estimar una resistencia interna de cada una de múltiples de celdas 11_1 a 11_n de batería. El método para estimar el SOC y la resistencia interna es una técnica conocida, y pueden aplicarse varios métodos a la presente invención.

40 El BMS 20 recibe una solicitud de la ECU 2 para la corriente de descarga que permite que la tensión de celda de batería alcance la tensión de límite de descarga en un tiempo de descarga predeterminado, y predice la corriente de descarga que puede satisfacer la solicitud. El BMS 20 puede almacenar una tabla 21 de consulta en la cual la constante proporcional y parámetros de índice se registran para cada SOC y temperatura de celda.

45 En lo sucesivo, se describirá en detalle el método de predicción de corriente de descarga del BMS 20 según una realización.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo que muestra un método para predecir una corriente de descarga máxima según una realización.

50 En primer lugar, se lleva a cabo una prueba de descarga usando cada una de dos corrientes I1 e I2 constantes para cada condición de SOC y temperatura. Los datos del resultado obtenidos del experimento llevado a cabo de esta manera pueden incluir la constante proporcional y el parámetro de índice en la relación entre la corriente constante y el tiempo de descarga durante la descarga, y pueden almacenarse en la tabla 21 de consulta del BMS 20 (E1).

55 Un controlador superior del vehículo equipado con el sistema 1 de batería establece un tiempo Dt de descarga y una tensión V_corte de límite de descarga (E2). El tiempo Dt de descarga se refiere al tiempo requerido para que la tensión de celda de batería alcance la tensión de límite de descarga desde el inicio de la descarga, y la tensión de límite de descarga se refiere a la tensión mínima a la cual la tensión de celda de batería puede reducirse durante la descarga. Si la celda de batería se descarga hasta la tensión a la cual la tensión de la celda de batería es menor que la tensión de límite de descarga, la celda de batería puede dañarse.

60

El BMS 20 recibe el tiempo Dt de descarga y la tensión V_corte de límite de descarga del controlador superior (E3).

65 Por ejemplo, la ECU 2 puede establecer el tiempo Dt de descarga y la tensión V_corte de límite de descarga, y transmitirlos al BMS 20 a través de la comunicación CAN, y el BMS 20 puede recibir el tiempo Dt de descarga y la tensión V_corte de límite de descarga.

El BMS 20 adquiere la información de SOC y temperatura de cada una de múltiples celdas de batería (E4). El BMS 20 puede recibir una señal que indica la temperatura de cada una de múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería del sensor 50 de temperatura para obtener la información de temperatura y estimar el SOC de cada una de múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería en base a la corriente de batería, la tensión de celda, y la temperatura de cada una de múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería.

El BMS 20 deriva la constante proporcional y el parámetro de índice correspondientes al SOC y temperatura de cada una de múltiples celdas 11_1 a 11_n de batería de la tabla 21 de consulta, y predice la corriente constante a la cual la tensión de celda alcanza la tensión de límite de descarga cuando la descarga de corriente constante se lleva a cabo durante el tiempo Dt de descarga usando la constante proporcional y el parámetro de índice derivados (E5). En lo sucesivo, la corriente constante pronosticada por la etapa (E5) se denomina corriente de descarga máxima para el tiempo Dt de descarga.

El BMS 20 transmite la corriente de descarga máxima para el tiempo Dt de descarga al controlador superior, por ejemplo, la ECU 2, a través de la comunicación CAN E6.

En lo sucesivo, se describe un método para calcular la constante proporcional y el parámetro de índice en la relación entre la corriente de descarga y el tiempo de descarga según una realización.

La FIG. 4 es un gráfico para explicar un método de predicción de gráfico de tensión de descarga según una realización.

En la FIG. 4, cuando la descarga se lleva a cabo con diferentes corrientes constantes en una condición de SOC (estado de carga) inicial predeterminado y temperatura inicial predeterminada para la misma celda de batería, se muestra el cambio de la tensión de celda de batería según el transcurso del tiempo.

En primer lugar, en la FIG. 4, el gráfico DV1 de tensión de descarga es un gráfico que muestra el cambio en la tensión VC de celda de batería cuando se descarga con la corriente I1 constante, y el gráfico DV2 de tensión de descarga es un gráfico que muestra el cambio en la tensión VC de celda de batería cuando se descarga con la corriente I2 constante.

En la FIG. 4, "VCO" puede seleccionarse de forma arbitraria como una tensión de referencia de descarga cuando la corriente de descarga es cero. "VCO1" es una tensión (VCO-VIR1) obtenida restando la caída de tensión (VIR1 = R*I1) de la tensión (VCO) de referencia de descarga cuando la corriente I1 constante fluye a través de la celda de batería, y "VCO2" es la tensión (VCO-VIR2) obtenida restando la caída de tensión (VIR2 = R*I2) de la tensión (VCO) de referencia de descarga cuando la corriente I2 constante fluye a través de la celda de batería. Es decir, VCO1 es la tensión de límite de descarga cuando la corriente de descarga es I1, y VCO2 es la tensión de límite de descarga cuando la corriente de descarga es I2. Cuando se lleva a cabo la descarga de CC en la condición de los mismos SOC inicial y temperatura inicial, VCO1, VCO2 y VCO tienen la relación que se muestra en la Ecuación 1.

Ecuación 1

$$VCO1 + R * I1 = VCO2 + R * I2 = VCO$$

Como se muestra en la FIG. 4, cuando se inicia la descarga, la tensión VC de celda de batería se reduce rápidamente de la tensión VCOV de circuito abierto (OCV, por sus siglas en inglés) por la caída de tensión provocada por la corriente constante y resistencia correspondientes de la celda de batería, y luego se reduce según el transcurso del tiempo. La tensión de celda de batería se reduce al inicio de la descarga por la caída de tensión R*I1 debida a la corriente I1 constante y la resistencia R de celda de batería y, a medida que el tiempo transcurre, la tensión de celda de batería se reduce y alcanza la tensión VCO1 de límite de descarga cuando transcurre el tiempo t1. La tensión de celda de batería se reduce al inicio de la descarga por la caída de tensión R*I2 debida a la corriente I2 constante y la resistencia R de celda de batería y, a medida que el tiempo transcurre, la tensión de celda de batería se reduce y alcanza la tensión VCO2 de límite de descarga cuando transcurre el tiempo t2.

La relación entre la corriente constante "I" y el tiempo de descarga "t" cuando la celda de batería se descarga satisface la Ecuación 2 de más abajo.

Ecuación 2

$$I = a * t^b$$

En la Ecuación 2, "a" y "b" son la constante proporcional y los parámetros de índice entre la corriente constante y el tiempo de descarga durante la descarga.

Si la Ecuación 2 se resume con respecto al tiempo, es como la Ecuación 3.

Ecuación 3

$$t = \left(\frac{V}{I} \right)^{\frac{1}{b}}$$

La FIG 5 es un diagrama de flujo que muestra un método para determinar una constante proporcional y un parámetro de índice entre una corriente constante y un tiempo de descarga según una realización.

En primer lugar, se establecen dos corrientes I1 e I2 constantes (E10).

Luego, se selecciona la tensión VCO de referencia de descarga (E11).

Cuando se descarga hasta la corriente I1 constante, se mide el tiempo t1 requerido para alcanzar la tensión VCO1 de límite de descarga a medida que se reduce la tensión (VC) de celda de batería (E12).

Luego, cuando se descarga hasta la corriente I2 constante, se mide el tiempo t2 requerido para alcanzar la tensión VCO2 de límite de descarga a medida que se reduce la tensión VC de celda de batería (E13).

Dos ecuaciones simultáneas se obtienen reemplazando I1, t1, I2 y t2 obtenidos a través de la etapa (E12) y la etapa (E13) en la Ecuación 2, y la constante proporcional "a" y el parámetro de índice "b" se obtienen resolviendo dos ecuaciones simultáneas (E14).

La tensión VCO de referencia de descarga se cambia (E15) y se repiten las etapas (E12 a E15).

Como se describe más arriba, mientras se cambia la tensión VCO de referencia de descarga, la constante proporcional y el parámetro de índice se adquieren para cada tensión VCO de referencia de descarga. Además, mientras se cambian las condiciones de SOC y temperatura, según el método que se muestra en la FIG 5, se obtienen la constante proporcional y el parámetro de índice para cada tensión VCO de referencia de descarga. La constante proporcional y el parámetro de índice obtenidos en la manera de más arriba se almacenan en la tabla 21 de consulta para cada tensión VCO de referencia de descarga para múltiples condiciones de SOC y temperatura.

En lo sucesivo, un método de predicción de la corriente de descarga máxima para el tiempo Dt de descarga según una realización se describe con referencia a la FIG 6.

La FIG 6 es un diagrama de flujo que muestra un método para predecir una corriente de descarga máxima según una realización.

El BMS 20 establece una tensión inicial Vinic y una tensión de compensación V_comp, y establece la suma de la tensión inicial Vinic y la tensión de compensación V_comp como la tensión VCO de referencia de descarga (E51).

El BMS 20 deriva la constante proporcional y el parámetro de índice correspondientes al SOC y temperatura obtenidos en la etapa (E4), y la tensión de referencia de descarga predeterminada en la etapa (E51) en la tabla 21 de consulta (E52).

El BMS 20 calcula la corriente Ix constante durante la descarga reemplazando la constante proporcional y el parámetro de índice derivados de la etapa (E52) y el tiempo Dt de descarga recibidos de la etapa (E3) en la Ecuación 2 (E53).

El BMS 20 determina si la tensión (VCO-R*Ix) obtenida restando la caída de tensión (R*Ix) debida a la corriente Ix constante y la resistencia R interna de la celda de batería de la tensión VCO de referencia de descarga es mayor que la tensión V_corte de límite de descarga (E54). En lo sucesivo, la tensión obtenida restando la caída de tensión (R*Ix) debida a la corriente Ix constante y la resistencia R interna de la celda de batería de la tensión VCO de referencia de descarga se denomina tensión de límite de descarga temporal (VCO-R*Ix).

Como resultado de la determinación de la etapa (E54), si la tensión de límite de descarga temporal (VCO-R*Ix) es mayor que la tensión (x) de límite de descarga, el BMS 20 resta la tensión de compensación V_comp de la tensión VCO de referencia de descarga (E55). La etapa (E55) es seguida por la etapa (E56).

Como resultado de la determinación de la etapa (E54), si la tensión de límite de descarga temporal (VCO-R*Ix) no es mayor que la tensión (x) de límite de descarga, el BMS 20 cambia la tensión de compensación V_comp multiplicando la tensión de compensación V_comp por una relación predeterminada (p. ej., 0,5), y añade la tensión de compensación V_comp a la tensión VCO de referencia de descarga (E56).

El BMS 20 determina si la tensión de compensación V_{comp} es mayor que una tensión Vésima umbral predeterminada (E57).

Como resultado de la determinación de la etapa (E57), si la tensión de compensación V_{comp} no es mayor que la tensión Vésima umbral, el BMS 20 determina la corriente I_x constante calculada en la etapa (E53) como la corriente de descarga máxima para el tiempo Dt de descarga (E58).

Como resultado de la determinación de la etapa (E57), si la tensión de compensación V_{comp} es mayor que la tensión Vésima umbral, el BMS 20 repite desde la etapa (E52) para la tensión VCO de referencia de descarga cambiada en la etapa (E56).

Es decir, en la predicción de la corriente de descarga máxima para el tiempo Dt de descarga que se muestra en la FIG. 6, la corriente I_x constante cuando una diferencia entre la tensión de límite de descarga temporal a la cual cae la tensión debido a la corriente I_x constante y la resistencia R interna de la celda de batería desde la tensión VCO de referencia de descarga, la tensión V_{corte} de límite de descarga pertenece a un error predeterminado, se predice como la corriente de descarga máxima. Dado que el error predeterminado se establece como más pequeño, la tensión de límite de descarga temporal se aproxima a la tensión de límite de descarga V_{corte} . Es decir, a medida que la tensión umbral se reduce, la tensión de compensación se reduce y la tensión VCO de referencia de descarga se ajusta más finamente, luego, la tensión de límite de descarga temporal también se ajusta finamente, de modo que puede acercarse a la tensión de límite de descarga V_{corte} . Sin embargo, a medida que las etapas E52 a E57 se repiten, aumenta la cantidad de cómputo y el tiempo de cómputo del BMS 20. Por lo tanto, la tensión umbral puede establecerse, de manera apropiada, teniendo en cuenta la cantidad de cómputo y el margen de error permisible que se llevan a cabo para predecir la corriente de descarga máxima.

La FIG. 7 es una vista que muestra un gráfico de tensión de descarga de predicción según una realización y un gráfico de tensión de descarga según un resultado experimental real.

Los gráficos de tensión de descarga que se muestran en la FIG. se obtuvieron por el experimento de descarga llevado a cabo en las condiciones de SOC 5 % y 25 °C, y las corrientes de descarga máxima se pronosticaron en las mismas condiciones.

Un gráfico en línea continua en la FIG. 7 es un gráfico 71-76 de tensión de descarga según el resultado de prueba de descarga real para cada corriente de descarga, es decir, cada corriente constante de 2,5 C, 3,0 C, 3,5 C, 4,0 C, 4.5 C, y 5,0 C.

Cuando la tensión de límite de descarga es de 2,5 V, en base al gráfico 76 de tensión de descarga por la corriente constante de 5,0 C y el gráfico 75 de tensión de descarga por la corriente constante de 4,5 C que se muestran en la FIG. 7, se obtienen la constante proporcional y el parámetro de índice entre la corriente constante y el tiempo de descarga.

Según el método de predicción de corriente de descarga según una realización, la corriente de descarga máxima para cada tiempo de descarga de 1 a 10 segundos (divididos en unidades de 1 segundo) puede predecirse usando la constante proporcional y el parámetro de índice obtenidos. La FIG. 7 muestra diez curvas 81 a 90 de tensión de descarga según la corriente de descarga máxima pronosticada.

Por ejemplo, la corriente de descarga máxima pronosticada es de 6,3 C y el gráfico de tensión de descarga es "81" para 1 segundo del tiempo de descarga, la corriente de descarga máxima pronosticada es de 5,42 C y el gráfico de tensión de descarga es "82" para 2 segundos del tiempo de descarga, la corriente de descarga máxima pronosticada es de 4,8 C y el gráfico de tensión de descarga es "83" para 3 segundos del tiempo de descarga, la corriente de descarga máxima pronosticada es de 4,37 C y el gráfico de tensión de descarga es "84" para 4 segundos del tiempo de descarga, la corriente de descarga máxima pronosticada es de 4,07 C y el gráfico de tensión de descarga es "85" para 5 segundos del tiempo de descarga, la corriente de descarga máxima pronosticada es de 3,77 C y el gráfico de tensión de descarga es "86" para 6 segundos del tiempo de descarga, la corriente de descarga máxima pronosticada es de 3,55 C y el gráfico de tensión de descarga es "87" para 7 segundos del tiempo de descarga, la corriente de descarga máxima pronosticada es de 3,36 C y el gráfico de tensión de descarga es "88" para 8 segundos del tiempo de descarga, la corriente de descarga máxima pronosticada es de 3,18 C y el gráfico de tensión de descarga es "89" para 9 segundos del tiempo de descarga, y la corriente de descarga máxima pronosticada es de 3,05 C y el gráfico de tensión de descarga es "90" para 10 segundos del tiempo de descarga.

En la FIG. 7, la curva 76 de tensión de descarga que depende de la corriente constante de 5 C según el experimento se posiciona entre la curva 83 de tensión de descarga que depende de la corriente de descarga máxima pronosticada de 4,8 C para el tiempo de descarga de 3 segundos y la curva 82 de tensión de descarga que depende de la corriente de descarga máxima pronosticada de 5,42 C para el tiempo de descarga de 2 segundos. Asimismo, la curva 75 de tensión de descarga que depende de la corriente constante de 4,5 C según el experimento se posiciona entre la curva 83 de tensión de descarga que depende de la corriente de descarga máxima pronosticada de 4,8 C para el tiempo de descarga de 3 segundos y la curva 84 de tensión de descarga que depende de la corriente de

descarga máxima pronosticada de 4,37 C para el tiempo de descarga de 4 segundos. Es decir, puede verse que la disposición entre las curvas de tensión de descarga según el resultado de predicción y las curvas de tensión de descarga según el experimento se dispone de manera adecuada en el orden de la corriente constante y la corriente de descarga máxima.

5 Como tal, a través de la presente invención, como resultado de la descarga de CC con dos corrientes, la predicción de corriente de descarga máxima para un tiempo de descarga arbitrario (x segundos) es posible, de modo que es posible reducir el número de experimentos para obtener la corriente de descarga máxima. Además, cuando la corriente de descarga máxima para el tiempo de descarga (x segundos) se solicita en el vehículo, el BMS puede predecir en tiempo real proveer la corriente de descarga máxima.

10 La técnica convencional tenía que llevar a cabo varios experimentos de descarga de CC con el fin de adquirir la corriente de descarga máxima para cada tiempo de descarga, y la corriente de descarga máxima para el tiempo de descarga no experimentado se predecía interpolando el resultado experimental. Para esto, el BMS debe tener una tabla de consulta que almacena la corriente de descarga máxima según el SOC y la temperatura para cada tiempo de descarga. La presente invención, a diferencia de la técnica convencional, solo necesita almacenar la información sobre la constante proporcional y el parámetro de índice. En la presente invención, cuando se recibe la solicitud de corriente de descarga máxima para el tiempo de descarga del vehículo, que es el controlador superior, puede calcularse en tiempo real y proveerse al controlador superior.

20 Aunque esta invención se ha descrito en relación con lo que en la presente se considera que son realizaciones prácticas, se comprenderá que la invención no está limitada a las realizaciones descritas. Por el contrario, pretende cubrir varias modificaciones que pueden caer dentro del alcance de las reivindicaciones anexas.

25

REIVINDICACIONES

1. Un método de predicción de una corriente de descarga máxima para una celda de batería, que comprende:

5 recibir un tiempo de descarga y una tensión de límite de descarga;

establecer (E11) una tensión de referencia de descarga;

10 obtener (E14) una constante proporcional y un parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga, en donde la constante proporcional y el parámetro de índice se aplican a una relación entre una corriente constante y un tiempo de descarga durante una descarga;

15 calcular una corriente constante para el tiempo de descarga usando la constante proporcional y el parámetro de índice; y

ajustar (E15) la tensión de referencia de descarga cuando una diferencia entre la tensión de límite de descarga temporal a la cual una tensión debida a la corriente constante y una resistencia interna de la celda de batería cae desde la tensión de referencia de descarga y la tensión de límite de descarga se desvía de un error predeterminado.

20 2. El método de predicción de la corriente de descarga máxima para la celda de batería de la reivindicación 1, en donde

ajustar (E15) la tensión de referencia de descarga incluye:

25 restar la tensión de referencia de descarga por una tensión de compensación predeterminada cuando la tensión de límite de descarga temporal es mayor que la tensión de límite de descarga;

30 reducir la tensión de compensación en una relación predeterminada; y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga.

3. El método de predicción de la corriente de descarga máxima para la celda de batería de la reivindicación 1, en donde

35 ajustar (E15) la tensión de referencia de descarga incluye:

reducir la tensión de compensación predeterminada en una relación predeterminada; y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga cuando la tensión de límite de descarga temporal no es mayor que la tensión de límite de descarga.

40 4. El método de predicción de la corriente de descarga máxima para la celda de batería de la reivindicación 1, que además comprende

después del ajuste de la tensión de referencia de descarga,

45 el cálculo (E53) de la corriente constante para el tiempo de descarga adquiriendo la constante proporcional y el parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga se lleva a cabo de manera repetida, y

50 el ajuste (E15) de la tensión de referencia de descarga se repite cuando la diferencia entre la tensión de límite de descarga temporal en base a la corriente constante calculada por la iteración y la tensión de límite de descarga se desvía del error predeterminado.

5. El método de predicción de la corriente de descarga máxima para la celda de batería de la reivindicación 1, en donde

55 el ajuste (E15) de la tensión de referencia de descarga incluye:

60 reducir la tensión de compensación en una relación predeterminada y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga después de restar la tensión de referencia de descarga por una tensión de compensación predeterminada cuando la tensión de límite de descarga temporal es mayor que la tensión de límite de descarga;

65 reducir la tensión de compensación predeterminada en una relación predeterminada; y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga cuando la tensión de límite de descarga temporal no es mayor que la tensión de límite de descarga.

6. El método de predicción de la corriente de descarga máxima para la celda de batería de la reivindicación 5, que

además comprende

predecir la corriente constante calculada cuando la tensión de compensación es menor que o igual a una tensión umbral predeterminada como la corriente de descarga máxima para el tiempo de descarga.

7. El método de predicción de la corriente de descarga máxima para la celda de batería de la reivindicación 1, en donde

la obtención (E14) de la constante proporcional y el parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga incluye:

seleccionar la constante proporcional y el parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga entre múltiples constantes proporcional y múltiples parámetros de índice,

múltiples constantes proporcionales y múltiples parámetros de índice se obtienen midiendo un primer tiempo requerido para que la tensión de celda de batería se reduzca a la primera tensión de límite de descarga por una primera descarga de corriente constante, midiendo un segundo tiempo requerido para que la tensión de celda de batería se reduzca a la segunda tensión de límite de descarga por una segunda descarga de corriente constante, y calculando una constante proporcional y un parámetro de índice en base a la primera corriente constante y el primer tiempo, y a la segunda corriente constante y el segundo tiempo, mientras se cambia el nivel de la tensión de referencia de descarga,

en donde la primera tensión de límite de descarga es una tensión a la cual la tensión debida a la primera corriente constante y la resistencia interna de la celda de batería cae de la tensión de referencia de descarga, y la segunda tensión de límite de descarga es la tensión a la cual la tensión debida a la segunda corriente constante y la resistencia interna de la celda de batería cae de la tensión de referencia de descarga.

8. El método de predicción de la corriente de descarga máxima para la celda de batería de la reivindicación 1, en donde

la obtención (E14) de la constante proporcional y el parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga incluye:

seleccionar la constante proporcional y el parámetro de índice según un SOC y una condición de temperatura de la celda de batería.

9. Un sistema (1) de batería que comprende:

múltiples celdas (11) de batería; y

un sistema (20) de gestión de batería conectado a las múltiples celdas (11) de batería para estimar un SOC de múltiples celdas de batería, para recibir información para una temperatura de cada una de múltiples celdas de batería y para recibir un tiempo de descarga y una tensión de límite de descarga del exterior, y

el sistema (20) de gestión de batería se configura para establecer una tensión de referencia de descarga, calcular una corriente constante para el tiempo de descarga usando una constante proporcional y un parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga, y ajustar la tensión de referencia de descarga cuando una diferencia entre una tensión de límite de descarga temporal a la cual una tensión debida a la corriente constante y una resistencia interna de la celda de batería cae de la tensión de referencia de descarga y la tensión de límite de descarga se desvía de un error predeterminado, y la constante proporcional y el parámetro de índice se aplican a una relación entre la corriente constante y el tiempo de descarga durante la descarga.

10. El sistema (1) de batería de la reivindicación 9, en donde

el sistema (20) de gestión de batería se configura para reducir la tensión de compensación en una relación predeterminada, y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga después de restar la tensión de referencia de descarga por una tensión de compensación predeterminada cuando la tensión de límite de descarga temporal es mayor que la tensión de límite de descarga.

11. El sistema (1) de batería de la reivindicación 9, en donde

el sistema de gestión de batería se configura para reducir una tensión de compensación predeterminada en una relación predeterminada y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga cuando la tensión de límite de descarga temporal no es mayor que la tensión de límite de descarga.

12. El sistema (1) de batería de la reivindicación 9, en donde

el sistema (20) de gestión de batería, después de ajustar la tensión de referencia de descarga, se configura para calcular una corriente constante para el tiempo de descarga usando una constante proporcional y un parámetro de índice correspondientes a la tensión de referencia de descarga y ajustar la tensión de referencia de descarga cuando una diferencia entre la tensión de límite de descarga temporal en base a la corriente constante calculada y la tensión de límite de descarga se desvía del error predeterminado.

13. El sistema (1) de batería de la reivindicación 9, en donde

el sistema (20) de gestión de batería se configura para reducir la tensión de compensación en una relación predeterminada y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga después de restar la tensión de referencia de descarga por una tensión de compensación predeterminada cuando la tensión de límite de descarga temporal es mayor que la tensión de límite de descarga, y reducir la tensión de compensación predeterminada en una relación predeterminada y añadir la tensión de compensación reducida a la tensión de referencia de descarga cuando la tensión de límite de descarga temporal no es mayor que la tensión de límite de descarga.

14. El sistema (1) de batería de la reivindicación 13, en donde

el sistema (20) de gestión de batería se configura para predecir la corriente constante calculada como una corriente de descarga máxima para el tiempo de descarga cuando la tensión de compensación es menor que una tensión umbral predeterminada.

15. El sistema (1) de batería de la reivindicación 9, en donde

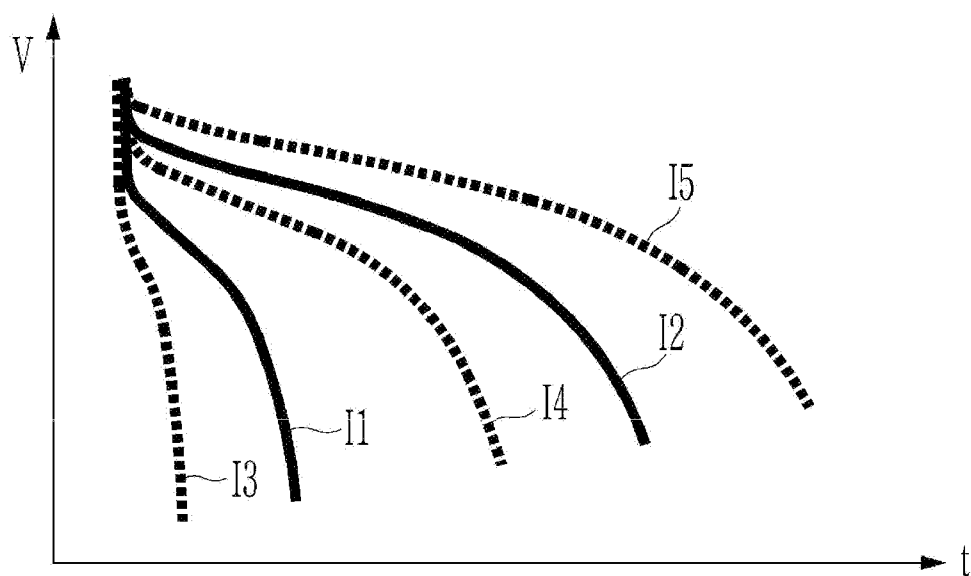
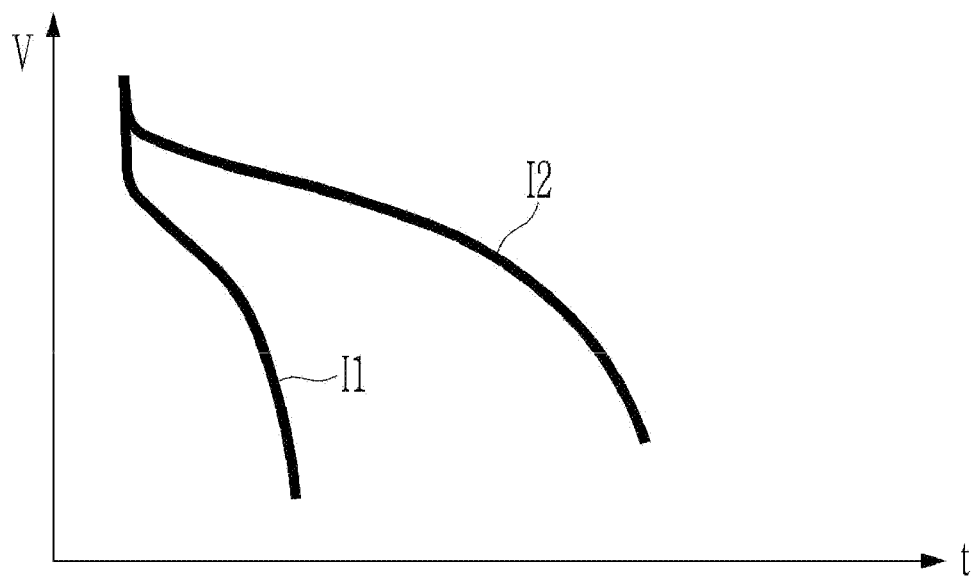
el sistema (20) de gestión de batería se configura para incluir una tabla de consulta que almacena múltiples constantes proporcionales y múltiples parámetros de índice según el nivel de la tensión de referencia de descarga,

múltiples constantes proporcionales y múltiples parámetros de índice se obtienen,

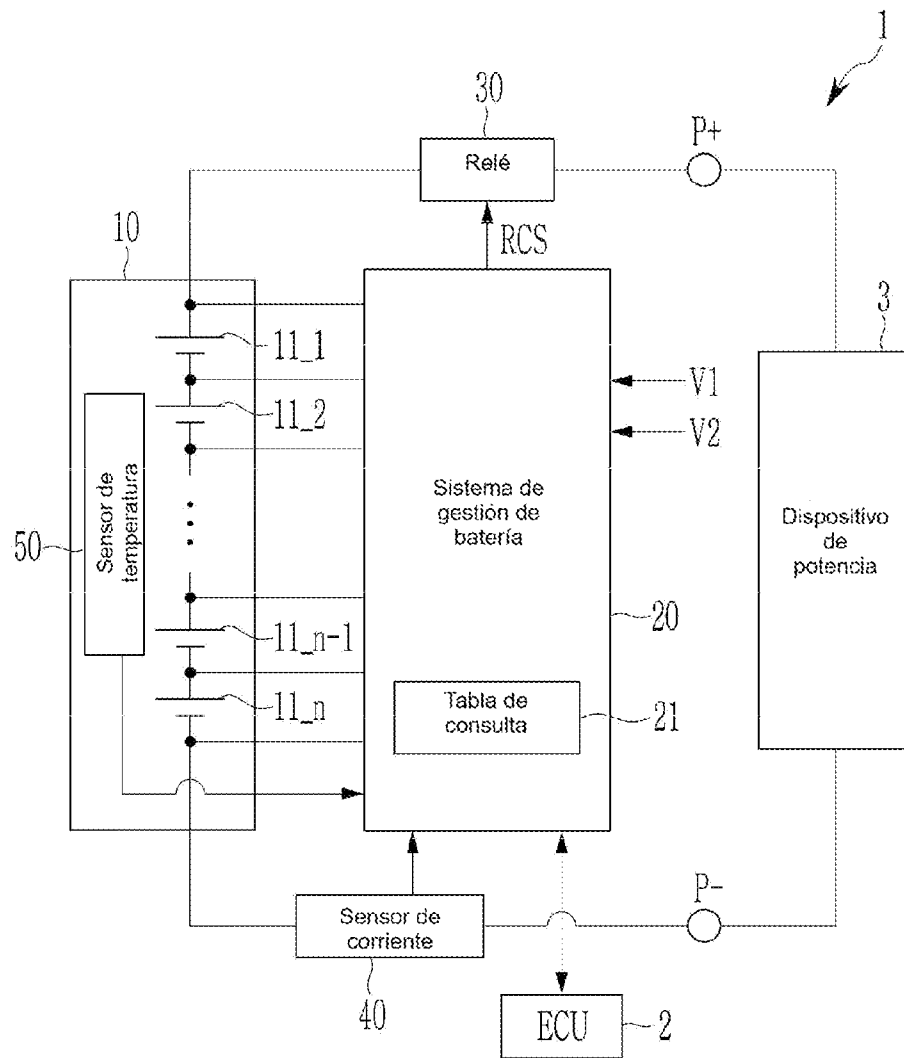
midiendo un primer tiempo requerido para que la tensión de celda de batería se reduzca a la primera tensión de límite de descarga por una primera descarga de corriente constante, midiendo un segundo tiempo requerido para que la tensión de celda de batería se reduzca a la segunda tensión de límite de descarga por una segunda descarga de corriente constante, y calculando una constante proporcional y un parámetro de índice en base a la primera corriente constante y el primer tiempo, y a la segunda corriente constante y el segundo tiempo, mientras se cambia el nivel de la tensión de referencia de descarga,

la primera tensión de límite de descarga es una tensión a la cual la tensión debida a la primera corriente constante y la resistencia interna de la celda de batería cae de la tensión de referencia de descarga, y la segunda tensión de límite de descarga es la tensión a la cual la tensión debida a la segunda corriente constante y la resistencia interna de la celda de batería cae de la tensión de referencia de descarga.

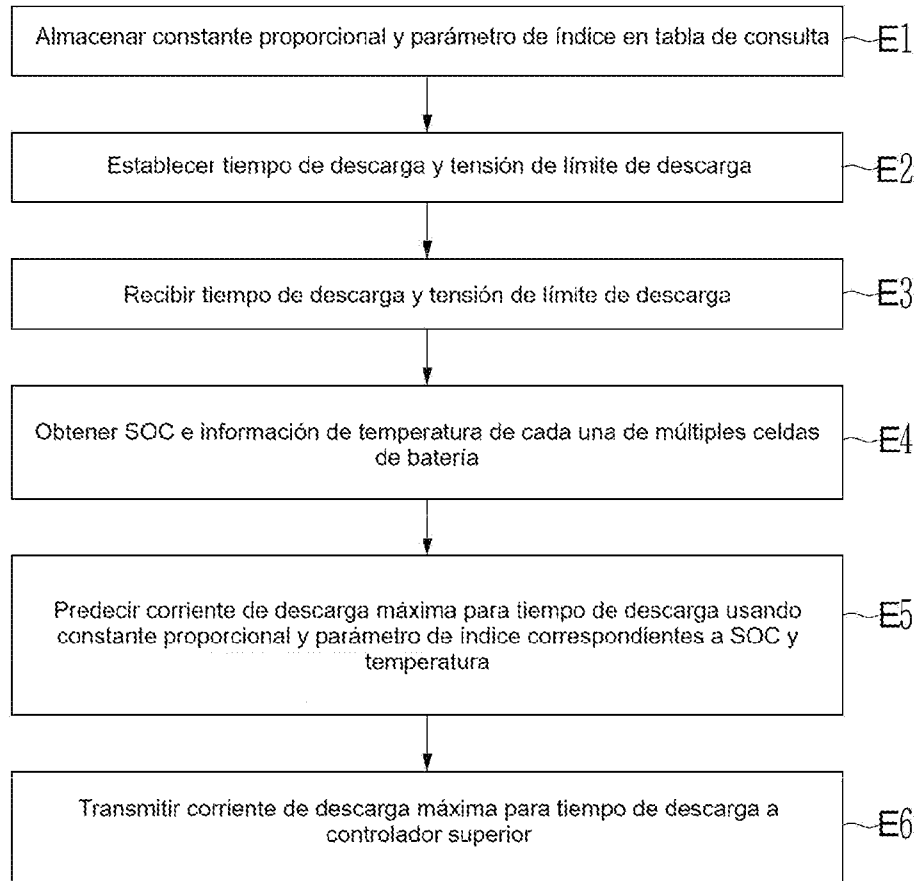
[FIG. 1]



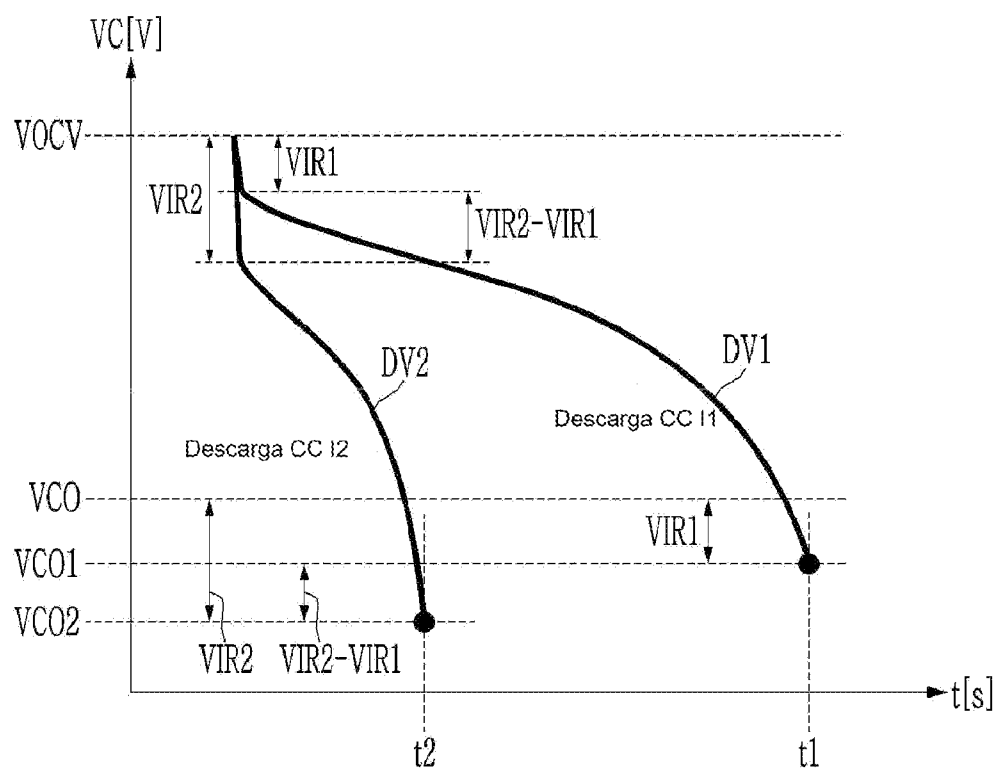
[FIG. 2]



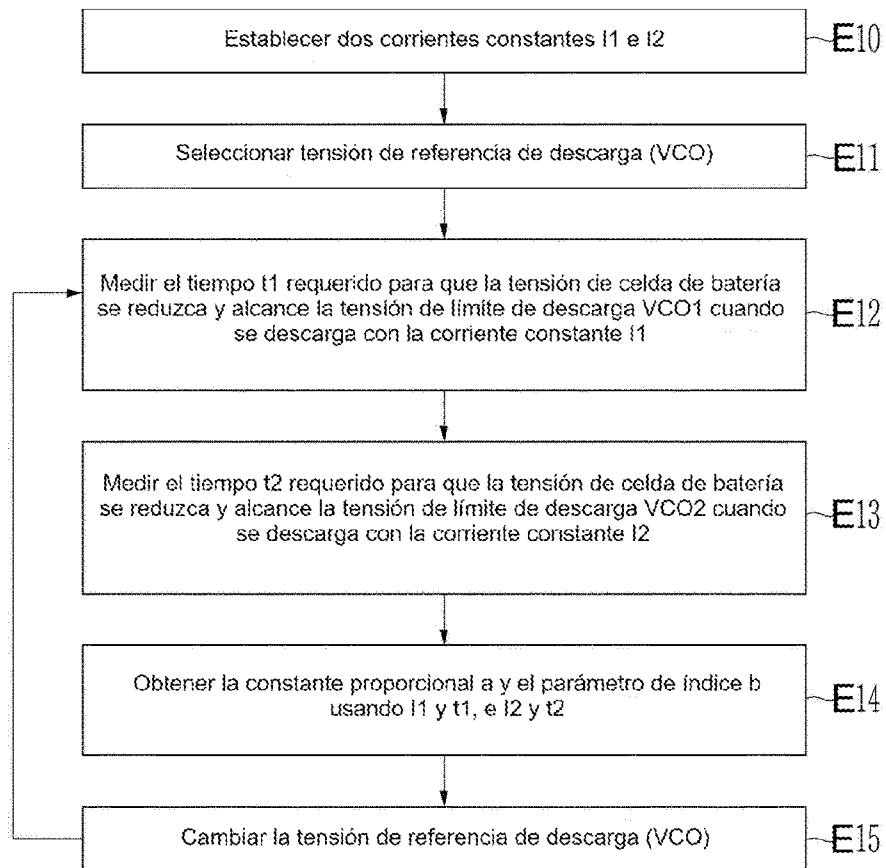
[FIG. 3]



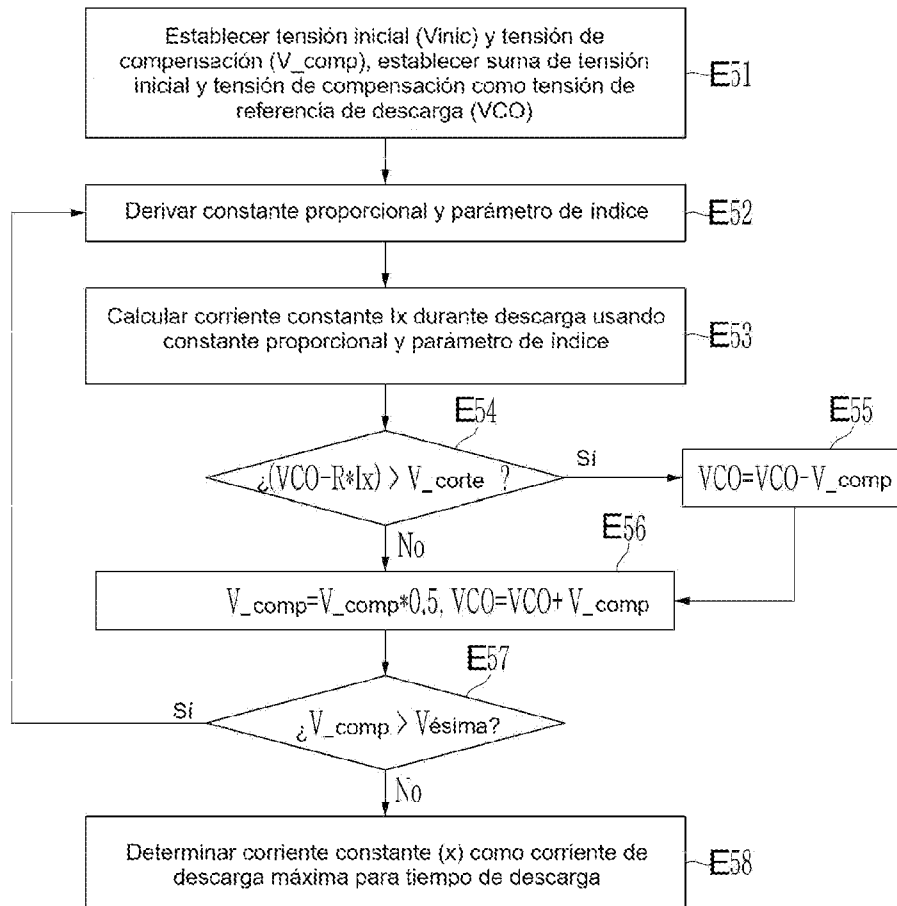
[FIG. 4]



[FIG. 5]



[FIG. 6]



[FIG. 7]

