

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 348**

51 Int. Cl.:

G01R 31/26 (2010.01)

G01R 31/392 (2009.01)

G01R 31/382 (2009.01)

G01R 31/396 (2009.01)

G01R 31/367 (2009.01)

B60L 58/10 (2009.01)

H01M 10/48 (2006.01)

H01M 10/42 (2006.01)

B60L 58/16 (2009.01)

G01R 31/3842 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2021** **PCT/KR2021/019237**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.07.2022** **WO22145830**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2021** **E 21915628 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2024** **EP 4166956**

54 Título: **Dispositivo de diagnóstico de batería, método de diagnóstico de batería, bloque de baterías, y vehículo eléctrico**

30 Prioridad:
29.12.2020 KR 20200185698

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.11.2024

73 Titular/es:
LG ENERGY SOLUTION, LTD. (100.0%)
Tower 1, 108, Yeoui-daeroYeongdeungpo-gu
Seoul 07335, KR

72 Inventor/es:
KIM, YOUNG-JIN

74 Agente/Representante:
BERTRÁN VALLS, Silvia

ES 2 989 348 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

Dispositivo de diagnóstico de batería, método de diagnóstico de batería, bloque de baterías, y vehículo eléctrico

5 **Campo técnico**

La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente coreana n.º 10-2020-0185698 presentada el 29 de diciembre de 2020 ante la Oficina coreana de propiedad intelectual coreana.

10 La presente divulgación se refiere a tecnología para el diagnóstico de la degradación anómala de una batería.

Antecedentes de la técnica

15 Recientemente, ha habido un rápido aumento en la demanda de productos electrónicos portátiles tales como ordenadores portátiles, videocámaras y teléfonos móviles, y con el amplio desarrollo de vehículos eléctricos, acumuladores para el almacenamiento de energía, robots y satélites, están realizándose muchos estudios sobre baterías de alto rendimiento que puedan recargarse repetidamente.

20 Actualmente, las baterías disponibles comercialmente incluyen baterías de níquel-cadmio, baterías de níquel-hidrógeno, baterías de níquel-zinc, baterías de iones de litio y similares, y entre ellas, las baterías de iones de litio tienen poco o ningún efecto de memoria y, por tanto, están ganando más atención que las baterías a base de níquel por sus ventajas de que puede realizarse recarga siempre que sea conveniente, la tasa de autodescarga es muy baja y la densidad de energía es alta.

25 Una batería se degrada gradualmente a lo largo del tiempo por la carga, la descarga y el reposo en la liberación de producto. La degradación de la batería aparece en diversos aspectos, tales como una disminución en la capacidad de carga máxima permisible y un aumento en la resistencia interna.

30 Una de las causas del aumento de la resistencia interna es un aumento en la tortuosidad de un electrodo negativo de la batería. La tortuosidad del electrodo negativo es un parámetro que indica hasta qué punto es tortuosa una trayectoria de flujo de un ion reactivo en el electrodo negativo. En la presente divulgación, la tortuosidad del electrodo negativo puede definirse como una razón de la distancia de movimiento real del ion reactivo con respecto a la distancia de movimiento más corta (el grosor de una capa de material activo de electrodo negativo) cuando el ion reactivo pasa a través de la capa de material activo de electrodo negativo. Cuando la batería es una batería de iones de litio, el ion reactivo es un ion de litio.

35 La degradación de la batería provoca la tortuosidad aumentada del electrodo negativo, y a medida que aumenta la tortuosidad del electrodo negativo, la batería se degrada más rápido debido a la reacción de carga/descarga no uniforme en el electrodo negativo.

40 El documento US 2020/018799 A1 describe un aparato y un método para obtener información de degradación de una celda de batería de iones de litio. El aparato estima una primera región de uso de electrodo positivo relacionada con un primer estado de salud de la celda de batería de iones de litio. El aparato estima una segunda región de uso de electrodo positivo relacionada con un segundo estado de salud de la celda de batería de iones de litio. A 45 continuación, el aparato calcula una cantidad de cambio de la capacidad de almacenamiento máxima de un electrodo positivo de la celda de batería de iones de litio con respecto a un periodo de uso desde el primer estado de salud al segundo estado de salud, basándose en la primera región de uso de electrodo positivo y la segunda región de uso de electrodo positivo.

50 El documento US 2020/074297 A1 describe un método para controlar una batería. El método incluye entrenar una red neuronal artificial para calcular un valor de parámetro característico interno de la batería correspondiente a un valor de parámetro de entrada/salida detectado usando datos de entrenamiento, detectar el valor de parámetro de entrada/salida de la batería, adquirir el valor de parámetro característico correspondiente al valor de parámetro de entrada/salida detectado usando la red neuronal artificial entrenada, y controlar la carga o descarga de la batería 55 basándose en el valor de parámetro característico adquirido.

Divulgación

Problema técnico

60 Los inventores reconocieron que una curva de capacidad que indica una relación entre la tensión y la capacidad residual de una batería cambia por un aumento en la tortuosidad de un electrodo negativo de la batería.

65 La presente divulgación está diseñada para resolver el problema descrito anteriormente, y la presente divulgación se refiere a proporcionar un aparato de diagnóstico de batería, un método de diagnóstico de batería, un bloque de baterías y un vehículo eléctrico en que se obtiene una curva de capacidad de una batería que se ha degradado

desde el estado nuevo a través de un procedimiento de corriente constante y/o un procedimiento de carga de corriente constante y se usa para determinar si la tortuosidad del electrodo negativo de la batería aumentó de manera anómala.

5 Estos y otros objetos y ventajas de la presente divulgación pueden entenderse mediante la siguiente descripción y resultarán evidentes a partir de las realizaciones de la presente divulgación. Además, se entenderá fácilmente que los objetos y ventajas de la presente divulgación pueden realizarse mediante los medios expuestos en las reivindicaciones adjuntas y una combinación de las mismas.

10 **Solución técnica**

Los problemas mencionados se resuelven mediante el contenido de las reivindicaciones independientes. Realizaciones preferidas adicionales se definen en las reivindicaciones dependientes.

15 El circuito de control puede configurarse para determinar una curva de capacidad aproximada ajustando la curva de capacidad medida a una función polinómica. El circuito de control puede configurarse para determinar la curva diferencial medida diferenciando la capacidad residual de la curva de capacidad aproximada con respecto a la tensión de batería.

20 El circuito de control puede configurarse para determinar una primera tensión de interés que es una tensión a la que el tamaño de una diferencia en la capacidad diferencial entre la curva diferencial medida y la curva diferencial de referencia es máximo. El circuito de control puede configurarse para determinar una distancia de señal entre la curva diferencial medida y la curva diferencial de referencia a lo largo de un intervalo de tensión de interés desde la primera tensión de interés hasta una segunda tensión de interés mayor que la primera tensión de interés. El circuito de control puede configurarse para determinar que la tortuosidad de electrodo negativo de la batería aumentó de manera anómala cuando la distancia de señal es igual a o mayor que una distancia de referencia.

25 El circuito de control puede configurarse para determinar la segunda tensión de interés como igual a la menor de una suma de la primera tensión de interés y una tensión de referencia y el límite de tensión superior.

30 El circuito de control puede configurarse para determinar la distancia de señal usando deformación dinámica del tiempo.

35 El circuito de control puede configurarse para determinar una capacidad de carga/descarga acumulativa de la batería a lo largo de una duración de uso total de la batería. El circuito de control puede configurarse para determinar la distancia de referencia basándose en la capacidad de carga/descarga acumulativa.

El circuito de control puede configurarse para determinar la distancia de referencia usando la siguiente ecuación:

40
$$y = \sum_{i=0}^m C[i] \times x^i$$

donde m es un número natural predeterminado, C[i] es un coeficiente positivo predeterminado iésimo, x es la capacidad de carga/descarga acumulativa, e y es la distancia de referencia.

45 Un bloque de baterías según otro aspecto de la presente divulgación incluye el aparato de diagnóstico de batería.

Un vehículo eléctrico según todavía otro aspecto de la presente divulgación incluye el bloque de baterías.

50 Un método de diagnóstico de batería según aún otro aspecto de la presente divulgación puede realizarse por el aparato de diagnóstico de batería. El método de diagnóstico de batería puede incluir determinar una curva de capacidad medida que indica una relación entre la tensión de batería y una capacidad residual a lo largo de un intervalo de tensión establecido predeterminado basándose en la señal de tensión y la señal de corriente recogida en cada unidad de tiempo durante un periodo de corriente constante durante el cual la batería se carga o se descarga a una tasa de corriente predeterminada a lo largo del intervalo de tensión establecido; determinar una curva diferencial medida que indica una relación entre la tensión de batería y una capacidad diferencial a lo largo del intervalo de tensión establecido basándose en la curva de capacidad medida, en el que la capacidad diferencial es una razón de un cambio en la capacidad residual para cada unidad de tiempo con respecto a un cambio en la tensión de batería para cada unidad de tiempo; y determinar si una tortuosidad de electrodo negativo de la batería aumentó de manera anómala comparando la curva diferencial medida con la curva diferencial de referencia, en el que la curva diferencial de referencia se da como la relación entre la tensión de batería y la capacidad diferencial a lo largo del intervalo de tensión establecido cuando la batería está en estado nuevo.

Efectos ventajosos

Según al menos una de las realizaciones de la presente divulgación, es posible determinar si la tortuosidad del electrodo negativo de la batería aumentó de manera anómala usando la curva de capacidad obtenida a través del procedimiento de corriente constante y/o el procedimiento de carga de corriente constante para la batería que se ha degradado desde el estado nuevo.

Según al menos una de las realizaciones de la presente divulgación, es posible determinar si la tortuosidad del electrodo negativo de la batería degradada aumentó de manera anómala basándose en una similitud (véase una "distancia de señal" descrita a continuación) entre una curva diferencial correspondiente a la curva de capacidad obtenida a partir de la batería degradada y otra curva diferencial asociada con el estado nuevo a lo largo de un intervalo de tensión específico.

Según al menos una de las realizaciones de la presente divulgación, es posible establecer un valor de referencia (véase una "distancia de referencia" descrita a continuación) usado para determinar si la tortuosidad del electrodo negativo de la batería degradada aumentó de manera anómala basándose en la capacidad de carga/descarga acumulativa de la batería degradada.

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 no mencionados en el presente documento a partir de las reivindicaciones adjuntas.

Descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos ilustran una realización preferida de la presente divulgación, y junto con la descripción detallada de la presente divulgación descrita a continuación, sirven para proporcionar una comprensión adicional de los aspectos técnicos de la presente divulgación, y por tanto la presente divulgación no debe interpretarse como limitada a los dibujos.

La figura 1 es un diagrama a modo de ejemplo que muestra un vehículo eléctrico según la presente divulgación.

La figura 2 es un diagrama a modo de ejemplo que muestra una curva de capacidad obtenida a través de un procedimiento de corriente constante de una batería mostrada en la figura 1.

La figura 3 es un diagrama a modo de ejemplo que muestra curvas diferenciales asociadas con las curvas de capacidad mostradas en la figura 2.

La figura 4 es un diagrama a modo de ejemplo que muestra una diferencia de capacidad diferencial entre las curvas diferenciales mostradas en la figura 3.

La figura 5 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo que muestra un método de diagnóstico de batería que puede realizarse por un aparato de diagnóstico de batería mostrado en la figura 1.

La figura 6 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo que muestra las subetapas de la etapa S540 de la figura 5.

Mejor modo

A continuación en el presente documento, se describirán en detalle las realizaciones preferidas de la presente divulgación con referencia a los dibujos adjuntos. Antes de la descripción, debe entenderse que los términos o expresiones usados en la memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas no deben interpretarse como limitados a significados generales y de diccionario, sino que más bien deben interpretarse basándose en los significados y conceptos correspondientes a aspectos técnicos de la presente divulgación, basándose en el principio de que se permite que el inventor defina términos de manera apropiada para la mejor explicación.

Por tanto, las realizaciones descritas en el presente documento y las ilustraciones mostradas en los dibujos son solo una realización más preferida de la presente divulgación, pero no pretenden describir completamente los aspectos técnicos de la presente divulgación, de modo que debe entenderse que podrían realizarse una variedad de otros equivalentes y modificaciones en la misma en el momento de presentar la solicitud.

Los términos que incluyen el número ordinal tal como "primero", "segundo" y similares, se usan para distinguir un elemento de otro entre varios elementos, pero se pretende limitar los elementos mediante los 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 indicados, pero no excluye la presencia o adición de uno o más de otros elementos. Adicionalmente, el término "unidad de control" tal 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 bien solos o bien en combinación.

Además, a lo largo de la memoria descriptiva, se entenderá adicionalmente que cuando se hace referencia a un elemento como "conectado a" otro elemento, puede estar conectado directamente al otro elemento o pueden estar presentes elementos intermedios.

5 La figura 1 es un diagrama a modo de ejemplo que muestra un vehículo eléctrico según la presente divulgación.

En referencia a la figura 1, el vehículo 1 eléctrico incluye un bloque 2 de baterías, un inversor 3, un motor 4 eléctrico, un circuito 5 de carga/descarga y un controlador 6 de vehículo.

10 El bloque 2 de baterías incluye una batería B, un conmutador SW y un sistema 100 de gestión de batería.

La batería B puede acoplarse al inversor 3 y/o al circuito 5 de carga/descarga a través de un par de terminales de potencia proporcionados en el bloque 2 de baterías. La batería B es una batería recargable, y puede ser, por ejemplo, una batería de iones de litio.

El inversor 3 se proporciona para convertir la corriente continua (CC) de la batería B en corriente alterna (CA) en respuesta a un comando del sistema 100 de gestión de batería. El motor 4 eléctrico puede ser, por ejemplo, un motor de CA trifásico. El motor 4 eléctrico funciona usando la CA procedente del inversor 3.

El conmutador SW está conectado en serie a la batería B. El conmutador SW está instalado en una trayectoria de corriente para la carga/descarga de la batería B. El control de encendido/apagado del conmutador SW se realiza en respuesta a una señal de conmutación del sistema 100 de gestión de batería. El conmutador SW puede ser un relé mecánico que se enciende/apaga por la fuerza magnética de una bobina o un dispositivo de conmutación semiconductor tal como un transistor de efecto de campo de semiconductor de óxido metálico (MOSFET).

El circuito 5 de carga/descarga se proporciona para regular la potencia de carga y la potencia de descarga para la batería B en respuesta a un comando del circuito 230 de control. Cuando la tensión de batería de la batería B es igual o inferior a un límite de tensión inferior V_L de un intervalo de tensión establecido tal como se describe a continuación, el circuito 230 de control puede ordenar una carga de corriente constante al circuito 5 de carga/descarga. Cuando la tensión de batería de la batería B es igual o mayor que un límite de tensión superior V_U del intervalo de tensión establecido, el circuito 230 de control puede ordenar una descarga de corriente constante al circuito 5 de carga/descarga.

El sistema 100 de gestión de batería se proporciona para tomar responsabilidad para el control general en relación con la carga/descarga de la batería B. El sistema 100 de gestión de batería incluye un aparato 200 de diagnóstico de batería. El sistema 100 de gestión de batería puede incluir además al menos uno de un sensor 310 de temperatura o un circuito 320 de comunicación. A continuación en el presente documento, se supone que el sistema 100 de gestión de batería incluye el aparato 200 de diagnóstico de batería, el sensor 310 de temperatura y el circuito 320 de comunicación.

El aparato 200 de diagnóstico de batería incluye un sensor 210 de tensión, un sensor 220 de corriente y un circuito 230 de control.

45 El sensor 210 de tensión está conectado en paralelo a la batería B, y está configurado para detectar una tensión de batería a través de la batería B, y generar una señal de tensión que indica la tensión de batería detectada.

El sensor 220 de corriente está conectado en serie a la batería B a través de la trayectoria de corriente. El sensor 220 de corriente está configurado para detectar una corriente de batería que fluye a través de la batería B, y generar una señal de corriente que indica la corriente de batería detectada.

El sensor 310 de temperatura está configurado para detectar una temperatura de la batería B, y generar una señal de temperatura que indica la temperatura detectada.

55 El circuito 230 de control puede implementarse en hardware usando al menos uno de circuitos integrados de aplicación específica (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 o unidades eléctricas para realizar otras funciones.

60 El circuito 230 de control puede tener un dispositivo de memoria. El dispositivo de memoria puede incluir, por ejemplo, al menos un tipo de medio de almacenamiento de tipo memoria flash, tipo de disco duro, tipo de disco de estado sólido (SSD), tipo de unidad de disco de silicio (SDD), tipo de tarjeta multimedia micro, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de acceso aleatorio estática (SRAM), memoria de solo lectura (ROM), memoria de solo lectura programable y borrable eléctricamente (EEPROM) o memoria de solo lectura programable (PROM). El dispositivo de memoria puede almacenar datos y programas requeridos para el cálculo por el circuito 230 de control. El dispositivo de memoria puede almacenar datos que indican el resultado del cálculo por el circuito 230 de control.

5 El circuito 230 de control puede estar acoplado operativamente al conmutador SW, al circuito 5 de carga/descarga, al sensor 210 de tensión, al sensor 220 de corriente, al sensor 310 de temperatura y/o al circuito 320 de comunicación. Acoplado operativamente se refiere a conectado para transmitir y recibir una señal en una o dos direcciones. El circuito 230 de control puede recoger de manera periódica o aperiódica una señal de detección de una manera repetida. La señal de detección indica la señal de tensión, la señal de corriente y/o la señal de temperatura detectadas por sincronización.

10 El circuito 230 de control puede determinar un estado de carga (SOC) de la batería B basándose en la señal de detección en un intervalo de tiempo predeterminado durante la carga/descarga de la batería B. Pueden usarse algoritmos bien conocidos tales como conteo de amperios, una curva de SOC-tensión de circuito abierto (OCV) y filtro de Kalman para determinar el SOC.

15 El circuito 320 de comunicación puede incluir un circuito de comunicación configurado para soportar la comunicación por cable o inalámbrica entre el circuito 230 de control y el controlador 6 de vehículo (por ejemplo, una unidad de control electrónico (ECU)). La comunicación por cable puede ser, por ejemplo, comunicación de red de área de controlador (CAN), y la comunicación inalámbrica puede ser, por ejemplo, comunicación por Zigbee o Bluetooth. El protocolo de comunicación no se limita a un tipo particular y puede incluir cualquier protocolo de comunicación para soportar comunicación por cable/inalámbrica entre el circuito 230 de control y el controlador 6 de vehículo

20 El circuito 320 de comunicación puede incluir un dispositivo de salida (por ejemplo, una pantalla, un altavoz) para proporcionar la información recibida desde el controlador 6 de vehículo y/o el circuito 230 de control de manera reconocible. El controlador 6 de vehículo puede controlar el inversor 3 basándose en información de la batería (por ejemplo, tensión, corriente, temperatura, SOC) recogida a través de la comunicación con el sistema 100 de gestión de batería.

La figura 2 es un diagrama a modo de ejemplo que muestra una curva de capacidad obtenida a través del procedimiento de corriente constante de la batería mostrado en la figura 1.

30 Con referencia a la figura 2, una curva 201 de capacidad medida indica una relación entre la tensión de batería y la capacidad residual de la batería degradada B obtenida a través del procedimiento de corriente constante. Una curva 202 de capacidad de referencia indica una relación entre la tensión de batería y la capacidad residual de una batería de muestra en estado nuevo obtenida a través del procedimiento de corriente constante. La batería de muestra se fabrica con la misma especificación electroquímica que la batería B. El estado nuevo se refiere a un estado completamente nuevo y sin fallos.

40 El procedimiento de corriente constante es un evento de descarga o carga de la batería B usando una tasa de corriente predeterminada (por ejemplo, tasa C 0,1) durante un periodo de corriente constante desde el momento en el que la tensión de batería es igual a uno cualquiera del límite de tensión superior V_U o el límite de tensión inferior V_L de un intervalo de tensión establecido predeterminado, hasta el momento en el que la tensión de batería alcanza el otro. El límite de tensión superior V_U (por ejemplo, 4,2 V) se establece previamente por debajo de una tensión de fin de carga predeterminada a la que se permite la carga de la batería B. El límite de tensión inferior V_L (por ejemplo, 3,0 V) se establece previamente por encima de una tensión de fin de descarga predeterminada a la que se permite la descarga de la batería B.

45 La figura 2 muestra las dos curvas 201, 202 de capacidad obtenidas a través del evento de descarga para el periodo de corriente constante. El circuito 230 de control puede determinar la curva 201 de capacidad medida basándose en la señal de tensión y la señal de corriente recogidas y registradas en cada unidad de tiempo a lo largo del periodo de corriente constante. A medida que la batería B se degrada, la capacidad de carga completa disminuye y, por tanto, el tiempo t_B en que la curva 201 de capacidad medida alcanza el límite de tensión inferior V_L es anterior al tiempo t_C en que la curva 202 de capacidad de referencia alcanza el límite de tensión inferior V_L . A medida que la batería B se degrada, la forma de la curva 201 de capacidad medida cambia y, por tanto, aumenta gradualmente la diferencia entre la curva 202 de capacidad de referencia y la curva 201 de capacidad medida.

55 La figura 3 es un diagrama a modo de ejemplo que muestra curvas diferenciales asociadas con las curvas de capacidad mostradas en la figura 2, y la figura 4 es un diagrama a modo de ejemplo que muestra una diferencia de capacidad diferencial entre las curvas diferenciales mostradas en la figura 3.

60 En referencia a la figura 3, una curva 301 diferencial medida es un conjunto de datos que puede obtenerse a partir de la curva 201 de capacidad medida de la figura 2, e indica una relación entre (i) la tensión de batería V y (ii) la capacidad diferencial dQ/dV , que incluye una serie temporal que define la curva 201 de capacidad medida. La capacidad diferencial dQ/dV es una razón de un cambio dQ en la capacidad residual Q para cada unidad de tiempo con respecto a un cambio dV en la tensión de batería V para cada unidad de tiempo. Por ejemplo, el circuito 230 de control puede determinar una curva de capacidad aproximada que es el resultado de ajustar la relación entre tensión de batería y la capacidad residual de la curva 201 de capacidad medida de la figura 2 a una función polinómica a través del ajuste de curva. Se elimina una componente de ruido presente en la curva 201 de capacidad medida

convirtiendo la curva 201 de capacidad medida en la curva de capacidad aproximada. Posteriormente, el circuito 230 de control puede obtener la curva 301 diferencial medida como resultado de diferenciar la curva de capacidad aproximada con respecto a la variable de entrada, es decir, la tensión de batería.

5 Curva 302 diferencial de referencia es un conjunto de datos de serie temporal que puede obtenerse a partir de la curva 202 de capacidad de referencia de la figura 2, e indica una relación entre (i) la tensión de batería y (ii) la capacidad diferencial, que incluye una serie temporal que define la curva 202 de capacidad de referencia. Es decir, la curva 302 diferencial de referencia puede proporcionarse como resultado de diferenciar la capacidad residual de la curva 202 de capacidad de referencia con respecto a la tensión de batería.

10 Cada una de las curvas 201, 202, 301, 302 descritas anteriormente puede tratarse como un tipo de señal (serie temporal). El circuito 230 de control puede determinar si la tortuosidad de electrodo negativo de la batería B aumentó de manera anómala comparando la curva 301 diferencial medida con la curva 302 diferencial de referencia. El circuito 230 de control puede calcular una diferencia en la capacidad diferencial entre las curvas 301, 302 diferenciales a lo largo del intervalo de tensión establecido desde el límite de tensión superior V_U hasta el límite de tensión inferior V_L . La figura 4 muestra el resultado de restar la capacidad diferencial de la curva 302 diferencial de referencia de la capacidad diferencial de la curva 301 diferencial medida a lo largo del intervalo de tensión establecido.

20 El circuito 230 de control puede determinar una primera tensión de interés que es una tensión a la que el tamaño de la diferencia en la capacidad diferencial es máximo. La primera tensión de interés puede determinarse dentro del intervalo de tensión en el que la curva 301 diferencial medida tiene una capacidad diferencial más pequeña que la curva 302 diferencial de referencia. En la figura 4, la diferencia de capacidad diferencial entre la curva 301 diferencial medida y la curva 302 diferencial de referencia es mínima a una tensión V_1 dentro del intervalo de tensión establecido, y por tanto el circuito 230 de control puede determinar la tensión V_1 como la primera tensión de interés. Adicionalmente, el circuito 230 de control determina una segunda tensión de interés V_2 basándose en la primera tensión de interés V_1 . La segunda tensión de interés V_2 puede ser igual a la menor de la suma de (i) la primera tensión de interés V_1 y una tensión de referencia V_{ref} y (ii) el límite de tensión superior V_U .

30 La tensión de referencia V_{ref} puede proporcionarse como una anchura óptima (por ejemplo, 0,3 V) del intervalo de tensión de interés requerido para medir una similitud de las dos curvas diferenciales.

35 Alternativamente, el circuito 230 de control puede determinar la tensión de referencia V_{ref} basándose en la capacidad de carga/descarga acumulativa de la batería B. El dispositivo de memoria puede registrar previamente una tabla de consulta que define una correlación predeterminada entre la capacidad de carga/descarga acumulativa y la tensión de referencia. En la tabla de consulta, la tensión de referencia puede tener una relación lineal o no lineal inversamente proporcional a la capacidad de carga/descarga acumulativa. Es decir, en la tabla de consulta, la mayor capacidad de carga/descarga acumulativa puede asociarse con la tensión de referencia más pequeña. A medida que la batería B se degrada, la curva 301 diferencial medida tiene una gran diferencia con la curva 302 diferencial de referencia. Por consiguiente, cuando la tensión de referencia V_{ref} que es la anchura del intervalo de tensión de interés disminuye con el aumento de la capacidad de carga/descarga acumulativa de la batería B, es posible comparar la curva 301 diferencial y la curva 302 diferencial de referencia con suficiente precisión a baja complejidad computacional para la medición de similitud.

45 El circuito 230 de control puede determinar una distancia de señal entre la curva 301 diferencial medida y la curva 302 diferencial de referencia a lo largo del intervalo de tensión de interés desde la primera tensión de interés V_1 hasta la segunda tensión de interés V_2 . Como la curva 301 diferencial medida y la curva 302 diferencial de referencia son más similares entre sí en el intervalo de tensión de interés, la distancia de señal disminuye. Puede usarse al menos uno de una variedad de métodos de cálculo de similitud bien conocidos métodos tales como el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la distancia de señal. En relación con esto, debido a la resistencia interna de la batería B, a medida que la batería B se degrada, la tensión de batería en el procedimiento de descarga se desplaza a baja tensión, mientras que la tensión de batería en el procedimiento de carga se desplaza a alta tensión. Por consiguiente, en la determinación de la distancia de señal, puede usarse la deformación dinámica del tiempo que es una función de la salida de la distancia de señal entre dos señales que tienen diferentes patrones como similitud, para compensar el desplazamiento de la tensión de batería durante la carga/descarga.

60 El circuito 230 de control puede determinar que la tortuosidad de electrodo negativo de la batería B aumentó de manera anómala cuando se encuentra que la distancia de señal es igual a o mayor que la distancia de referencia como resultado de comparar la distancia de señal con una distancia de referencia. El aumento anómalo en la tortuosidad de electrodo negativo de la batería B indica que la tortuosidad de electrodo negativo de la batería B es igual a o mayor que el valor de límite superior de la tortuosidad de electrodo negativo correspondiente a la capacidad de carga/descarga acumulativa de la batería B. La capacidad de carga/descarga acumulativa puede ser la suma del valor acumulativo de la corriente de descarga y el valor acumulativo de la corriente de carga que fluye a través de la batería B durante la duración de uso total desde el tiempo de liberación de la batería B hasta el tiempo de comienzo (o tiempo final) del periodo de corriente constante. La distancia de señal corresponde a la tortuosidad de electrodo negativo de la batería B, y la distancia de referencia corresponde al valor de límite superior de la tortuosidad de

electrodo negativo correspondiente a la capacidad de carga/descarga acumulativa de la batería B. Para comparar la distancia de señal con la distancia de referencia, el circuito 230 de control puede determinar la distancia de referencia usando la siguiente ecuación registrada previamente en el dispositivo de memoria.

5 <Ecuación>

$$y = \sum_{i=0}^m C[i] \times x^i$$

10 En la ecuación anterior, m indica un número natural predeterminado, C[i] indica un coeficiente positivo predeterminado ^{jésimo}, x indica la capacidad de carga/descarga acumulativa, e y indica la distancia de referencia. La ecuación anterior puede establecerse previamente a través de pruebas (o simulación informática) para obtener una relación entre la capacidad de carga/descarga acumulativa y la tortuosidad de electrodo negativo de baterías de muestra que tienen la misma especificación electroquímica que la batería B.

15 Cuando se determina que la tortuosidad de electrodo negativo de la batería B aumentó de manera anómala, el circuito 230 de control puede realizar una función de seguridad predeterminada. En un ejemplo, el circuito 230 de control puede transmitir un mensaje de advertencia al controlador 6 de vehículo a través del circuito 320 de comunicación. En otro ejemplo, el circuito 230 de control puede reducir el valor permisible máximo de la corriente de carga y/o la corriente de descarga. La reducción en el valor permisible máximo puede ser proporcionar a una
20 diferencia entre la distancia de señal y la distancia de referencia.

La figura 5 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo que muestra un método de diagnóstico de batería que puede realizarse por el aparato de diagnóstico de batería mostrado en la figura 1, y la figura 6 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo que muestra las subetapas de la etapa S540 de la figura 5.

25 En referencia a las figuras 1 a 5, en la etapa S500, el circuito 230 de control ordena al circuito 5 de carga/descarga que inicie el periodo de corriente constante. El periodo de corriente constante es un periodo de tiempo durante el cual la batería B se carga o se descarga a la tasa de corriente predeterminada a lo largo del intervalo de tensión establecido predeterminado $V_L \sim V_U$.

30 En la etapa S510, el circuito 230 de control recoge la señal de tensión y la señal de corriente en cada unidad de tiempo durante el periodo de corriente constante. Es decir, el circuito 230 de control genera una serie temporal de tensión de batería y una serie temporal de corriente de batería a lo largo del periodo de corriente constante.

35 En la etapa S520, el circuito 230 de control determina la curva 201 de capacidad medida que indica la relación entre la tensión de batería y la capacidad residual a lo largo del intervalo de tensión establecido basándose en la señal de tensión y la señal de corriente recogida para el periodo de corriente constante.

40 En la etapa S530, el circuito 230 de control determina la curva 301 diferencial medida que indica la relación entre la tensión de batería y la capacidad diferencial a lo largo del intervalo de tensión establecido basándose en la curva 201 de capacidad medida. La capacidad diferencial es una razón dQ/dV de un cambio en la capacidad residual para cada unidad de tiempo con respecto a un cambio en la tensión de batería para cada unidad de tiempo.

45 En la etapa S540, el circuito 230 de control determina si la tortuosidad de electrodo negativo de la batería B aumentó de manera anómala comparando la curva 301 diferencial medida con la curva 302 diferencial de referencia. Cuando un valor de la etapa S540 es "SI", puede realizarse la etapa S550.

En la etapa S550, el circuito 230 de control realiza la función de seguridad predeterminada.

50 En referencia a la figura 6, en la etapa S610, el circuito 230 de control determina la primera tensión de interés V_1 que es una tensión a la que el tamaño de una diferencia en la capacidad diferencial entre la curva 301 diferencial medida y la curva 302 diferencial de referencia es máximo.

55 En la etapa S620, el circuito 230 de control determina la segunda tensión de interés V_2 basándose en la primera tensión de interés V_1 . La segunda tensión de interés puede ser igual a una (por ejemplo, una menor) de la suma de (i) la primera tensión de interés V_1 y la tensión de referencia V_{ref} (por ejemplo, 0,3 V) y (ii) el límite de tensión superior V_U .

60 En la etapa S630, el circuito 230 de control determina la distancia de señal entre la curva 301 diferencial medida y la curva 302 diferencial de referencia a lo largo del intervalo de tensión de interés entre la primera tensión de interés V_1 como el límite inferior y la segunda tensión de interés V_2 como el límite superior.

En la etapa S640, el circuito 230 de control determina la distancia de referencia basándose en la capacidad de

carga/descarga acumulativa de la batería B (véase la ecuación). Alternativamente, tal como se describió anteriormente, cuando la tensión de referencia V_{ref} se determina basándose en la capacidad de carga/descarga acumulativa, puede omitirse la etapa S640 y puede usarse el valor predeterminado como la distancia de referencia.

5 En la etapa S650, el circuito 230 de control determina si la distancia de señal es igual a o mayor que la distancia de referencia. La distancia de señal que es igual a o mayor que la distancia de referencia indica que la tortuosidad de electrodo negativo de la batería B aumentó de manera anómala por encima de un valor límite superior esperado desde la capacidad de carga/descarga acumulativa de la batería B.

10 Las realizaciones de la presente divulgación descritas anteriormente en el presente documento no se implementan sólo 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 puede lograrse fácilmente por los expertos en la técnica a partir de la divulgación de las realizaciones descritas anteriormente.

15 Aunque la presente divulgación se ha descrito anteriormente en el presente documento con respecto a un número limitado de realizaciones y dibujos, la presente divulgación no se limita a los mismos y es obvio para los expertos en la técnica que pueden realizar diversas modificaciones y cambios a los mismos dentro de los aspectos técnicos de la presente divulgación y del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

20 Adicionalmente, como los expertos en la técnica pueden realizar muchas modificaciones y cambios a la presente divulgación descrita anteriormente en el presente documento sin apartarse de los aspectos técnicos de la presente divulgación, la presente divulgación no está limitada por las realizaciones descritas anteriormente y los dibujos adjuntos, y todas o algunas de las realizaciones pueden combinarse selectivamente para permitir diversas modificaciones.

25

[Descripción de los números de referencia]

30 1: Vehículo eléctrico

2: Bloque de baterías

B: Batería

35 100: Sistema de gestión de batería

200: Aparato de diagnóstico de batería

40 210: Sensor de tensión

220: Sensor de corriente

230: Circuito de control

45

REIVINDICACIONES

1. Aparato (200) de diagnóstico de batería, que comprende:
 - 5 un sensor (210) de tensión configurado para medir una tensión de batería a través de una batería (B) y generar una señal de tensión que indica la tensión de batería medida;
 - un sensor (220) de corriente configurado para medir una corriente de batería que fluye a través de la batería (B) y generar una señal de corriente que indica la corriente de batería medida; y
 - 10 un circuito (230) de control configurado para recoger la señal de tensión y la señal de corriente en cada unidad de tiempo,
 - caracterizado porque el circuito (230) de control está configurado para:
 - 15 determinar una curva de capacidad medida que indica una relación entre la tensión de batería y una capacidad residual a lo largo de un intervalo de tensión establecido predeterminado basándose en la señal de tensión y la señal de corriente recogida en cada unidad de tiempo durante un periodo de corriente constante durante el cual la batería (B) se carga o se descarga a una tasa de corriente predeterminada a lo largo del intervalo de tensión establecido,
 - 20 determinar una curva diferencial medida que indica una relación entre la tensión de batería y una capacidad diferencial a lo largo del intervalo de tensión establecido basándose en la curva de capacidad medida, en el que la capacidad diferencial es una razón de un cambio en la capacidad residual para cada unidad de tiempo con respecto a un cambio en la tensión de batería para cada unidad de tiempo, y
 - 25 determinar si una tortuosidad de electrodo negativo de la batería (B) aumentó de manera anómala comparando la curva diferencial medida con una curva diferencial de referencia, en el que la curva diferencial de referencia se da como la relación entre la tensión de batería y la capacidad diferencial a lo largo del intervalo de tensión establecido cuando la batería (B) está en estado nuevo.
2. Aparato (200) de diagnóstico de batería según la reivindicación 1, en el que el circuito (230) de control está configurado para:
 - 35 determinar una curva de capacidad medida aproximada ajustando la curva de capacidad medida a una función polinómica, y
 - determinar la curva diferencial medida diferenciando la capacidad residual de la curva de capacidad medida aproximada con respecto a la tensión de batería.
3. Aparato (200) de diagnóstico de batería según la reivindicación 1, en el que el circuito (230) de control está configurado para:
 - 45 determinar una primera tensión de interés que es una tensión a la que el tamaño de una diferencia en la capacidad diferencial entre la curva diferencial medida y la curva diferencial de referencia es máximo,
 - determinar una distancia de señal entre la curva diferencial medida y la curva diferencial de referencia a lo largo de un intervalo de tensión de interés desde la primera tensión de interés hasta una segunda tensión de interés mayor que la primera tensión de interés, y
 - 50 determinar que la tortuosidad de electrodo negativo de la batería (B) aumentó de manera anómala cuando la distancia de señal es igual a o mayor que una distancia de referencia.
4. Aparato (200) de diagnóstico de batería según la reivindicación 3, en el que el circuito (230) de control está configurado para determinar la segunda tensión de interés como igual a la menor de una suma de la primera tensión de interés y una tensión de referencia y el límite de tensión superior.
5. Aparato (200) de diagnóstico de batería según la reivindicación 3, en el que el circuito (230) de control está configurado para determinar la distancia de señal usando deformación dinámica del tiempo.
6. Aparato (200) de diagnóstico de batería según la reivindicación 3, en el que el circuito (230) de control está configurado para:
 - 65 determinar una capacidad de carga/descarga acumulativa de la batería (B) a lo largo de una duración de uso total de la batería (B), y

determinar la distancia de referencia basándose en la capacidad de carga/descarga acumulativa.

7. Aparato (200) de diagnóstico de batería según la reivindicación 6, en el que el circuito (230) de control está configurado para determinar la distancia de referencia usando la siguiente ecuación:

$$y = \sum_{i=0}^m C[i] \times x^i$$

en el que m es un número natural predeterminado, C[i] es un coeficiente positivo predeterminado ^{iésimo}, x es la capacidad de carga/descarga acumulativa, e y es la distancia de referencia.

8. Bloque (2) de baterías que comprende el aparato (200) de diagnóstico de batería según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
9. Vehículo (1) eléctrico que comprende el bloque (2) de baterías según la reivindicación 8.
10. Método de diagnóstico de batería que puede ejecutarse por el aparato (200) de diagnóstico de batería según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, estando el método de diagnóstico de batería caracterizado porque comprende:

determinar una curva de capacidad medida que indica una relación entre la tensión de batería y una capacidad residual a lo largo de un intervalo de tensión establecido predeterminado basándose en la señal de tensión y la señal de corriente recogida en cada unidad de tiempo durante un periodo de corriente constante durante el cual la batería (B) se carga o se descarga a una tasa de corriente predeterminada a lo largo del intervalo de tensión establecido;

determinar una curva diferencial medida que indica una relación entre la tensión de batería y una capacidad diferencial a lo largo del intervalo de tensión establecido basándose en la curva de capacidad medida, en el que la capacidad diferencial es una razón de un cambio en la capacidad residual para cada unidad de tiempo con respecto a un cambio en la tensión de batería para cada unidad de tiempo; y

determinar si una tortuosidad de electrodo negativo de la batería (B) aumentó de manera anómala comparando la curva diferencial medida con la curva diferencial de referencia, en el que la curva diferencial de referencia se da como la relación entre la tensión de batería y la capacidad diferencial a lo largo del intervalo de tensión establecido cuando la batería (B) está en estado nuevo.

FIG. 1

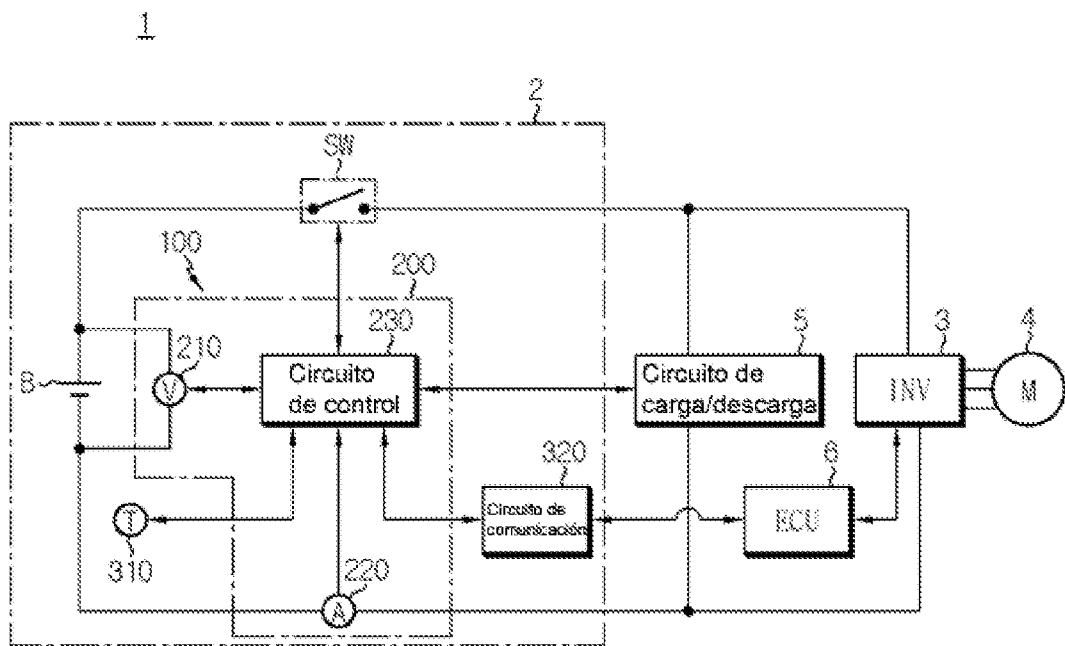


FIG. 2

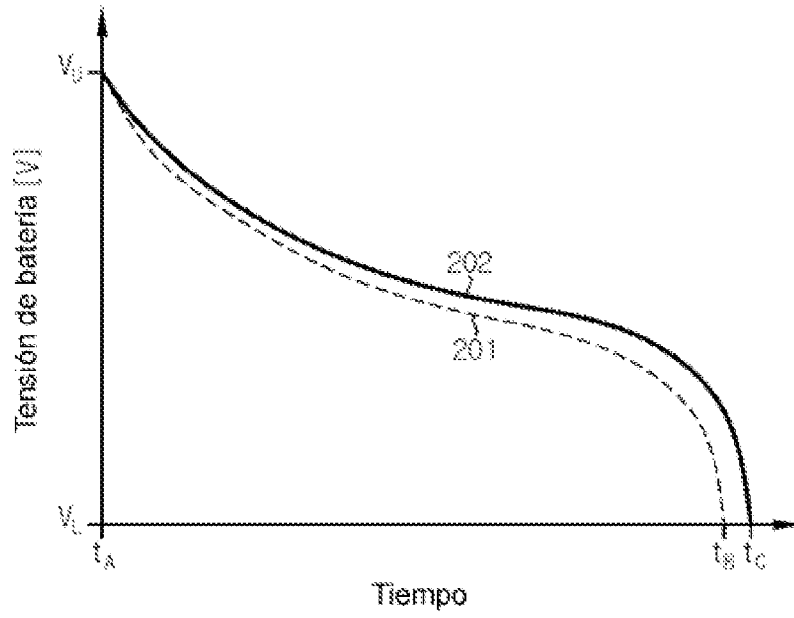


FIG. 3

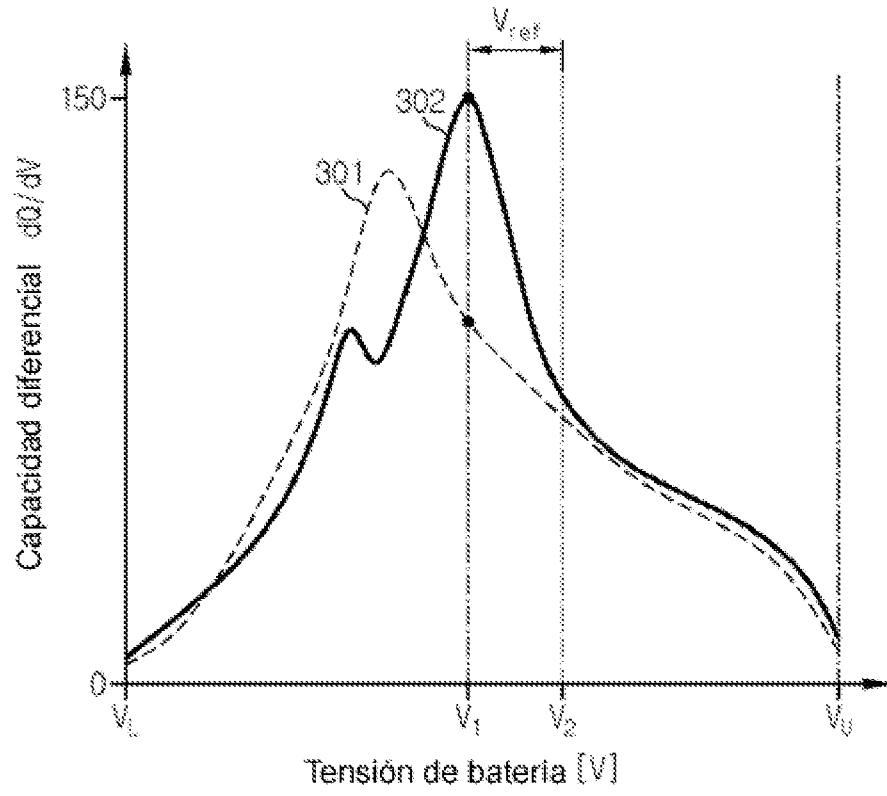


FIG. 4

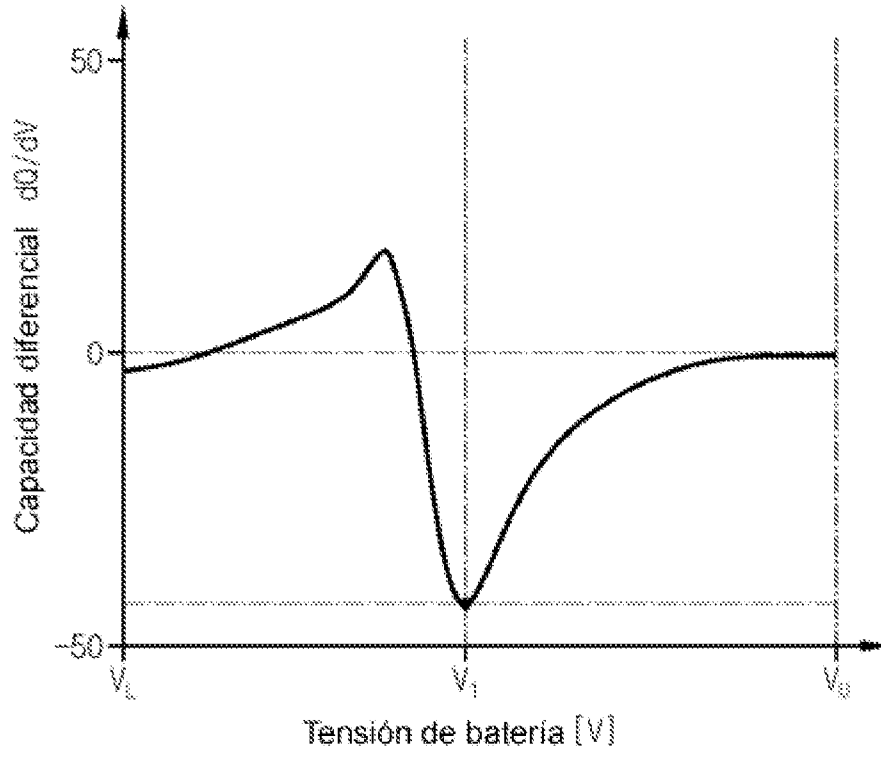


FIG. 5

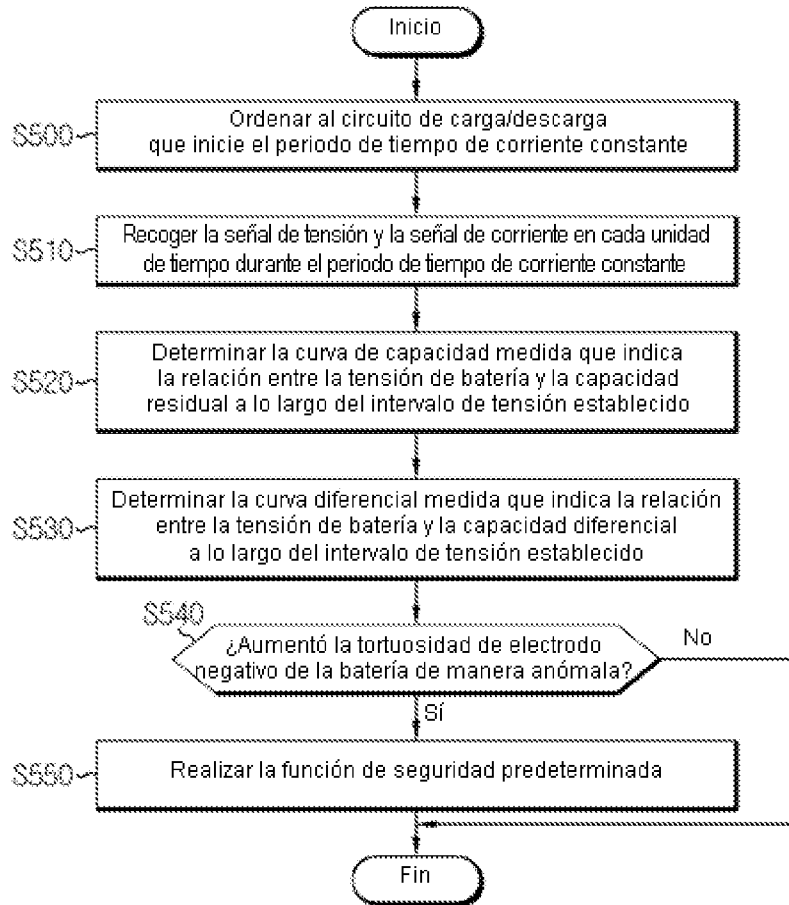


FIG. 6

