

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 833 171**

51 Int. Cl.:

H02J 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2017** **E 17176761 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.10.2020** **EP 3261213**

54 Título: **Método y aparato de carga de baterías**

30 Prioridad:

20.06.2016 CN 201610447577

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

14.06.2021

73 Titular/es:

NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LIMITED
(100.0%)

No.1, Xingang Road, Zhangwan Town, Jiaocheng
Zone, Ningde City
Fujian 352100, CN

72 Inventor/es:

LUO, FUPING;
LUO, YU;
WANG, SHENGWEI;
FANG, ZHANZHAO;
GAO, CHAO y
ZHENG, QIANG

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 833 171 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato de carga de baterías

5 Campo técnico

La presente solicitud se refiere a un método de carga de baterías de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y a un aparato de carga de baterías de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 8.

10 Antecedentes

Después de más de 20 años de desarrollo, la densidad de energía de las baterías de iones de litio ha mejorado notablemente, sin embargo, con el desarrollo de la tecnología de la batería de iones de litio hasta el presente, la mejora de la densidad de energía ha llegado a un cuello de botella. Con una densidad de energía limitada, el cómo mejorar la velocidad de carga de la batería para mejorar efectivamente la experiencia del usuario es un problema que suscita mucho interés. Actualmente, la forma de carga generalmente aplicada a la batería de litio consiste en cargar continuamente con una corriente constante preestablecida a cierto potencial y luego cargar a una tensión constante con ese potencial. Tal forma de carga puede hacer que el potencial del ánodo caiga constantemente, provocando así que los iones de litio se reduzcan a litio metálico y se depositen sobre la superficie del ánodo. En este caso, las dendritas de litio generadas se acumularán en la superficie del electrodo, amenazando así el rendimiento seguro de la batería.

Se conoce un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un aparato de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 8 a partir del documento EP 2 933 898A1. El documento EP 2 933 898A1 divulga que varios métodos, aparatos y sistemas están dirigidos a aplicaciones de carga de baterías. En consonancia con una o más realizaciones expuestas en el presente documento, se modula una corriente de carga para cargar una batería, y la frecuencia de la corriente de carga modulada se establece basándose en una impedancia de la batería. La temperatura de la batería se estima basándose en la impedancia que presenta la batería, mientras la batería se carga con la corriente de carga modulada. En diversas implementaciones, la velocidad de carga de la batería se controla basándose en la temperatura estimada.

Sumario

Por consiguiente, las realizaciones de la presente solicitud proporcionan un método de carga de baterías, que es capaz de mejorar efectivamente la seguridad de la batería.

En un primer aspecto, una realización de la presente solicitud proporciona un método de carga de baterías, que incluye una etapa de obtención de una curva de impedancia del ánodo correspondiente a una batería, y el método además incluye las etapas de:

40 obtener una curva de tensión de circuito abierto del ánodo, un umbral de potencial de deposición de litio y un estado de carga correspondiente a la batería;
determinar una tensión de circuito abierto actual del ánodo en función de la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y del estado de carga;
45 determinar una impedancia actual del ánodo en función de la curva de impedancia del ánodo y del estado de carga;
determinar una corriente de carga actual en función de la tensión de circuito abierto actual del ánodo, de la impedancia actual del ánodo y del umbral de potencial de deposición de litio; y
cargar la batería con la corriente de carga actual.

50 En una primera implementación del primer aspecto en combinación con el primer aspecto, la etapa de determinación de la corriente de carga actual en función de la tensión de circuito abierto actual del ánodo, de la impedancia actual del ánodo y del umbral de potencial de deposición de litio incluye: determinar la corriente de carga actual I según una fórmula $I = (U_a - \eta) / R_a$; en donde, U_a es la tensión de circuito abierto actual del ánodo, R_a es la impedancia actual del ánodo y η es el umbral de potencial de deposición de litio.

55 En una segunda implementación en combinación con la primera implementación del primer aspecto, la etapa de carga de la batería en función de la corriente de carga actual incluye:

60 detectar si una tensión de carga de la batería alcanza una tensión de corte cuando se carga la batería; cargar la batería con la corriente de carga actual cuando la tensión de carga de la batería está por debajo de la tensión de corte;
cuando la tensión de carga de la batería alcanza la tensión de corte, mantener la tensión de carga y cargar la batería con una corriente de corte hasta que la batería esté completamente cargada.

65 En una tercera implementación en combinación con la segunda implementación del primer aspecto, la etapa de obtención de la curva de tensión de circuito abierto del ánodo correspondiente a la batería incluye:

cargar la batería con una corriente de prueba;

cuando se carga la batería con la corriente de prueba, determinar la curva de tensión de circuito abierto del ánodo correspondiente a la batería recopilando una pluralidad de diferencias de potencial entre un ánodo de la batería en diferentes estados de carga y un electrodo de referencia, para determinar la curva de tensión de circuito abierto del ánodo correspondiente a la batería.

En una cuarta implementación en combinación con la segunda implementación del primer aspecto, la etapa de obtención de la curva de impedancia del ánodo incluye:

obtener un primer potencial de descarga y un segundo potencial de descarga de la batería, el primer potencial de descarga es un potencial de la batería después de que la batería se descargue continuamente con una primera corriente de descarga dentro de un primer período de descarga, y el segundo potencial de descarga es un potencial de la batería después de que la batería se descargue continuamente con una segunda corriente de descarga dentro de un segundo período de descarga;

calcular una impedancia de un ánodo según una fórmula $R_a = (U_1 - U_2) / (I_2 - I_1)$; U_1 es el primer potencial de descarga, U_2 es el segundo potencial de descarga, I_2 es la primera corriente de descarga, e I_1 es la segunda corriente de descarga;

determinar la curva de impedancia del ánodo correspondiente a la batería recopilando las impedancias del ánodo de la batería en diferentes estados de carga, respectivamente.

En una quinta implementación en combinación con la segunda implementación del primer aspecto, la etapa para obtener el umbral de potencial de deposición de litio incluye:

cargar la batería con una corriente de carga segura máxima;

determinar el umbral de potencial de deposición de litio recopilando una diferencia de potencial mínima a partir de una pluralidad de diferencias de potencial entre un ánodo correspondiente a la batería y un electrodo de referencia cuando se carga la batería con una corriente de carga segura máxima.

En una sexta implementación en combinación con la tercera, cuarta o quinta implementación del primer aspecto, después de la etapa de carga de la batería en función de la corriente de carga actual, el método además incluye: cuando un número de ciclos de carga de la batería alcanza un número preestablecido, ajustar la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y la curva de impedancia del ánodo obtenidas en función de una capacidad máxima disponible actual de la batería.

En un segundo aspecto, una realización de la presente solicitud además proporciona un aparato de carga de baterías, que incluye un módulo de detección configurado para obtener una curva de impedancia del ánodo correspondiente a una batería, en donde

dicho módulo de detección además está configurado para obtener una curva de tensión de circuito abierto del ánodo, un umbral de potencial de deposición de litio y un estado de carga correspondiente a la batería; y en donde el aparato además comprende:

un primer módulo de cálculo, configurado para determinar una tensión de circuito abierto actual del ánodo en función de la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y del estado de carga;

un segundo módulo de cálculo, configurado para determinar una impedancia actual del ánodo en función de la curva de impedancia del ánodo y del estado de carga; un tercer módulo de cálculo, configurado para determinar una corriente de carga actual en función de la tensión de circuito abierto actual del ánodo, de la impedancia actual del ánodo y del umbral de potencial de deposición de litio; y

un módulo de control, configurado para cargar la batería con la corriente de carga actual.

En una primera implementación del segundo aspecto, en combinación con el segundo aspecto, el tercer módulo de cálculo está configurado para determinar la corriente de carga actual I según una fórmula $I = (U_a - \eta) / R_a$; U_a es la tensión de circuito abierto actual del ánodo, R_a es la impedancia actual del ánodo y η es el umbral de potencial de deposición de litio.

En una segunda implementación en combinación con la primera implementación del segundo aspecto, el módulo de control incluye:

una unidad de detección, configurada para detectar si una tensión de carga de la batería alcanza una tensión de corte cuando se carga la batería;

una unidad de control, configurada para cargar la batería con la corriente de carga actual cuando la tensión de carga de la batería está por debajo de la tensión de corte; cuando la tensión de carga de la batería alcanza la tensión de corte, mantener la tensión de carga y cargar la batería con una corriente de corte hasta que la batería esté completamente cargada.

En una tercera implementación en combinación con la segunda implementación del segundo aspecto, el módulo de

detección incluye:

una primera unidad de carga, configurada para cargar la batería con una corriente de prueba;
una primera unidad de determinación, configurada para determinar una curva de tensión de circuito abierto del ánodo correspondiente a la batería recopilando una pluralidad de diferencias de potencial entre un ánodo y un electrodo de referencia en diferentes estados de carga cuando la batería se carga con la corriente de prueba.

En una cuarta implementación en combinación con la segunda implementación del segundo aspecto, el módulo de detección incluye:

una unidad de obtención, configurada para obtener un primer potencial de descarga y un segundo potencial de descarga de la batería, el primer potencial de descarga es un potencial de la batería después de que la batería se descargue continuamente con una primera corriente de descarga dentro de un primer período de descarga, y el segundo potencial de descarga es un potencial de la batería después de que la batería se descargue continuamente con una segunda corriente de descarga dentro de un segundo período de descarga;
una unidad de cálculo, configurada para calcular una impedancia de un ánodo según una fórmula $R_a = (U_1 - U_2) / (I_2 - I_1)$; U_1 es el primer potencial de descarga, U_2 es el segundo potencial de descarga, I_2 es la primera corriente de descarga, e I_1 es la segunda corriente de descarga;
una segunda unidad de determinación, configurada para determinar la curva de impedancia del ánodo correspondiente a la batería recopilando las impedancias del ánodo de la batería en diferentes estados de carga, respectivamente.

En una quinta implementación en combinación con la segunda implementación del segundo aspecto, el módulo de detección incluye:

una segunda unidad de carga, configurada para cargar la batería con una corriente de carga segura máxima;
una tercera unidad de determinación, configurada para determinar el umbral de potencial de deposición de litio recopilando una diferencia de potencial mínima a partir de una pluralidad de diferencias de potencial entre un ánodo correspondiente a la batería y un electrodo de referencia cuando la batería se carga con una corriente de carga segura máxima.

En una sexta implementación en combinación con la tercera, cuarta o quinta implementación del segundo aspecto, el aparato además incluye:

un módulo de calibración, configurado para ajustar la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y la curva de impedancia del ánodo obtenidas en función de una capacidad máxima disponible actual de la batería cuando un número de ciclos de carga de la batería alcanza un número preestablecido.

En el método y el aparato de carga de baterías de acuerdo con unas realizaciones de la presente solicitud, se obtiene una serie de parámetros importantes como la curva de tensión de circuito abierto del ánodo, la curva de impedancia del ánodo, el umbral de potencial de deposición de litio y el estado de carga, y se calcula la corriente de carga basándose en estos parámetros, para que el potencial del ánodo no caiga a un valor de potencial donde se produce la deposición de litio durante un proceso de carga, como resultado, el problema de la deposición de litio sobre el ánodo se puede evitar de manera efectiva y se puede mejorar la seguridad de la batería en uso. Además, en caso de evitar que se deposite litio en el ánodo, se proporciona a la batería la corriente de carga segura máxima permitida; por lo tanto, en comparación con la forma convencional de carga de corriente constante y tensión constante, la presente solicitud también puede mejorar significativamente la velocidad de carga.

Breve descripción de los dibujos

Para ilustrar las soluciones técnicas de las realizaciones de la presente solicitud con más claridad, a continuación, se presentan brevemente los dibujos adjuntos utilizados en las realizaciones de la presente solicitud. Aparentemente, los dibujos adjuntos muestran ciertas realizaciones de la presente solicitud, y los expertos en la técnica pueden derivar otros dibujos a partir de los mismos sin que suponga un esfuerzo creativo.

La figura 1 es un diagrama de flujo de un método de carga de baterías de acuerdo con una realización de la presente solicitud;
la figura 2 es un diagrama esquemático de una curva de tensión de circuito abierto del ánodo de acuerdo con una realización de la presente solicitud;
la figura 3 es un diagrama esquemático de una curva de impedancia del ánodo relacionada con el SOC (Estado de carga) de acuerdo con una realización de la presente solicitud;
la figura 4 es un diagrama de flujo de un método para obtener una curva de tensión de circuito abierto del ánodo de acuerdo con una realización de la presente solicitud;
la figura 5 es un diagrama de flujo de un método para obtener una impedancia del ánodo de acuerdo con una realización de la presente solicitud;
la figura 6 es un diagrama esquemático de una curva de impedancia del ánodo en relación con la temperatura de acuerdo con una realización de la presente solicitud;

la figura 7 es un diagrama de flujo de un método para obtener un umbral de potencial de deposición de litio de acuerdo con una realización de la presente solicitud;

la figura 8 es un diagrama esquemático de una curva que muestra el cambio de una diferencia de potencial entre un ánodo y un electrodo de referencia en un proceso de carga de la batería con una corriente de carga segura máxima de acuerdo con una realización de la presente solicitud;

la figura 9 es un diagrama de flujo de un método para ajustar una corriente de carga de acuerdo con una realización de la presente solicitud;

la figura 10 es un diagrama de flujo de otro método de carga de baterías de acuerdo con una realización de la presente solicitud;

la figura 11 es un diagrama de flujo de una implementación específica de carga de baterías de acuerdo con una realización de la presente solicitud;

la figura 12 es un diagrama de contraste de la vida de la batería entre los métodos de carga de acuerdo con una realización de la presente solicitud y el método existente;

la figura 13 es un diagrama de contraste de la velocidad de carga y corriente de carga entre los métodos de carga de acuerdo con una realización de la presente solicitud y el método existente;

la figura 14 es un diagrama de bloques de la composición de un aparato de carga de baterías de acuerdo con una realización de la presente solicitud;

la figura 15 es un diagrama de bloques de la composición de otro aparato de carga de baterías de acuerdo con una realización de la presente solicitud;

la figura 16 es un diagrama de bloques de la composición de otro aparato de carga de baterías de acuerdo con una realización de la presente solicitud;

la figura 17 es un diagrama de bloques de la composición de otro aparato de carga de baterías de acuerdo con una realización de la presente solicitud;

la figura 18 es un diagrama de bloques de la composición de otro aparato de carga de baterías de acuerdo con una realización de la presente solicitud; y

la figura 19 es un diagrama de bloques de la composición de otro aparato de carga de baterías de acuerdo con una realización de la presente solicitud.

Descripción de las realizaciones

Para facilitar una mejor comprensión de las soluciones técnicas de la presente solicitud, se proporciona una descripción detallada de las realizaciones de la presente solicitud con referencia a los dibujos adjuntos.

Aparentemente, las realizaciones descritas en el presente documento son solo una parte de las realizaciones de la presente solicitud y no todas las realizaciones de la presente solicitud. Todas las demás realizaciones derivadas por los expertos en la técnica a partir de las realizaciones aportadas en este documento sin esfuerzos creativos entrarán dentro del alcance de protección de la presente solicitud.

La terminología utilizada en el presente documento tiene únicamente como propósito describir realizaciones particulares y no pretende limitar la presente solicitud. En esta memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, las formas en singular "un", "uno/a" y "el/la" pretenden incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

Una realización de la presente solicitud proporciona un método de carga de baterías, que puede cooperar con baterías recargables con el mismo tipo común de batería de litio. Como se muestra en la figura 1, el método incluye:

etapa 101, obtener una curva de tensión de circuito abierto del ánodo, una curva de impedancia del ánodo, un umbral de potencial de deposición de litio y un estado de carga correspondiente a una batería.

En particular, la curva de tensión de circuito abierto del ánodo se puede utilizar para indicar cambios del potencial del ánodo cuando la batería está en un estado de carga diferente durante un proceso de carga continuo. La figura 2 es un diagrama esquemático de una curva de tensión de circuito abierto del ánodo, que es una curva de función relacionada con un estado de carga (SOC, por sus siglas en inglés de "State of Charge", también conocido como "capacidad restante").

La curva de impedancia del ánodo se puede utilizar para indicar cambios en la impedancia del ánodo cuando la batería está en un estado de carga diferente. La figura 3 es una curva de impedancia del ánodo, que es una curva de función relacionada con un SOC.

El umbral de potencial de deposición de litio es un parámetro básico para evitar que el litio se deposite cuando se ajusta la corriente de carga. La deposición de litio se producirá cuando el potencial del ánodo esté por debajo del umbral de potencial de deposición de litio durante la carga, de lo contrario, no se producirá la deposición de litio.

102, determinar la tensión de circuito abierto actual del ánodo en función de la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y del estado de carga.

103, determinar la impedancia actual del ánodo en función de la curva de impedancia del ánodo y del estado de carga.

104, determinar una corriente de carga actual en función de la tensión de circuito abierto actual del ánodo, de la impedancia actual del ánodo y del umbral de potencial de deposición de litio.

5 En unas realizaciones de la presente solicitud, la corriente de carga actual debe determinarse basándose en la fórmula $I = (U_a - \eta) / R_a$. En esta fórmula, la U_a es la tensión de circuito abierto actual del ánodo, R_a es la impedancia actual del ánodo y η es el umbral de potencial de deposición de litio. Se tiene en cuenta el umbral de potencial mínimo cuando se produce la deposición de litio en el ánodo, por lo tanto, cargar la batería con la corriente de carga calculada con esta fórmula no dará como resultado la deposición de litio antes de alcanzar la tensión de carga de corte.

105, cargar la batería de acuerdo con la corriente de carga actual.

15 Adicionalmente, cabe señalar que, la corriente de carga en la etapa 105 puede mantenerse hasta que la tensión de carga alcance la tensión de corte o la batería esté completamente cargada.

20 Para controlar la corriente de carga con mayor precisión, se puede controlar el periodo de carga de la etapa 105. Es decir, después de cargar durante un periodo de tiempo determinado (en este caso, la batería alcanzará un nuevo estado de carga), las etapas 101 a 104 se pueden volver a realizar y se puede volver a calcular una nueva corriente de carga basándose en el nuevo estado de carga. Luego, la corriente de carga recién calculada se utiliza para cargar la batería durante un periodo de tiempo determinado, repitiendo estas etapas hasta que la tensión de carga alcance la tensión de corte o la batería esté completamente cargada. Cuanto más corto es el periodo de carga, con más frecuencia cambia la corriente de carga, pero mejor es la protección de la batería, por el contrario, cuando más largo es el periodo de carga, menos cambia la corriente de carga y más limitada es la protección de la batería. El control durante el periodo de carga se puede configurar de acuerdo con los requisitos reales, por ejemplo, el periodo de carga se establece en 1 s o 2 s, o el incremento del estado de carga se establece para que sea 0,5 % o 1 %.

30 En el método de carga de baterías de acuerdo con unas realizaciones de la presente solicitud, se obtiene una serie de parámetros importantes como la curva de tensión de circuito abierto del ánodo, la curva de impedancia del ánodo, el umbral de potencial de deposición de litio y el estado de carga, y se calcula la corriente de carga basándose en estos parámetros, para que el potencial del ánodo no caiga a un umbral de potencial en el que pueda producirse una deposición de litio durante la carga, como resultado, el problema de la deposición de litio en el ánodo se puede evitar de manera eficaz, lo que mejora el rendimiento en materia de seguridad de la batería en uso. Además, en caso de evitar que se deposite litio en el ánodo, se proporciona a la batería una corriente de carga segura máxima permitida, por lo tanto, en comparación con la forma convencional de carga de corriente constante y tensión constante, la presente solicitud puede mejorar también significativamente la velocidad de carga.

40 Con referencia a la descripción de las realizaciones anteriores, otra realización de la presente solicitud también proporciona la siguiente forma de implementación en términos del método para obtener los tres parámetros de la curva de tensión de circuito abierto del ánodo, la curva de impedancia del ánodo y el umbral de potencial de deposición de litio mencionados en la etapa 101.

La figura 4 es un método de implementación para obtener la curva de tensión de circuito abierto del ánodo, que incluye específicamente:

45 A1011, cargar la batería con una corriente de prueba.

En particular, la corriente de prueba es un valor fijo, que se puede seleccionar según la experiencia, y que generalmente se establece entre 0,01 C (nominal) y 0,1 C.

50 A1012, determinar el umbral de potencial de deposición de litio recopilando una diferencia de potencial mínima a partir de una pluralidad de diferencias de potencial entre un ánodo correspondiente a la batería y un electrodo de referencia cuando se carga la batería con una corriente de carga segura máxima.

55 En este punto, cabe señalar que si no se proporciona un electrodo de referencia dentro de la batería, las etapas A1011 y A1012 anteriores pueden realizarse mediante otros dispositivos auxiliares provistos de una función de electrodo de referencia durante la fabricación o prueba de la batería.

La figura 5 es un método de implementación para obtener la curva de impedancia del ánodo, que incluye específicamente: B1011, obtener un primer potencial de descarga y un segundo potencial de descarga de la batería.

60 Concretamente, el primer potencial de descarga es un potencial después de que la batería se haya descargado continuamente con una primera corriente de descarga dentro de un primer periodo de descarga y el segundo potencial de descarga es un potencial después de que la batería se haya descargado continuamente con una segunda corriente de descarga dentro de un segundo periodo de descarga. Por ejemplo, descargar durante el primer periodo de descarga de 10 s con una primera corriente de descarga (I_1) de 0,1 C y registrar un valor de potencial del ánodo U_1 , es decir, el primer potencial de descarga, después de que se haya completado la descarga; descargar durante el segundo periodo

de descarga de 1 s con una segunda corriente de descarga (I_2) de 1 C y registrar un valor de potencial del ánodo U_2 , es decir, el segundo potencial de descarga, después de que se haya completado la descarga.

Cabe señalar que, se puede establecer según la experiencia la primera corriente de descarga, el primer período de descarga, la segunda corriente de descarga y el segundo período de descarga, y que los valores 0,1 C, 1 C, 10 s y 1 s descritos anteriormente son solo a modo de ejemplo, que no estarán limitados por las realizaciones de la presente solicitud.

B1012, calcular una impedancia del ánodo basándose en una fórmula $R_a = (U_1 - U_2) / (I_2 - I_1)$.

B1013, recopilar las impedancias del ánodo de la batería cuando la batería está en diferentes estados de carga, respectivamente, para determinar una curva de impedancia del ánodo correspondiente a la batería.

Adicionalmente, cabe señalar que, en caso de que la batería pueda usarse a diferentes temperaturas, una curva de impedancia del ánodo relacionada con la temperatura también se puede medir en función de la temperatura, como se muestra en la figura 6, la curva de impedancia del ánodo obtenida en la etapa B1013 se puede calibrar en función de la temperatura ambiente.

La figura 7 es un método de implementación para obtener el umbral de potencial de deposición de litio, que incluye específicamente:

C1011, cargar la batería con una corriente de carga segura máxima.

En particular, la corriente de carga segura máxima es un parámetro de hardware inherente a la batería, que generalmente no se puede cambiar.

C1012, cuando se carga la batería con la corriente de carga segura máxima, determinar el umbral de potencial de deposición de litio recopilando una diferencia de potencial mínima a partir de una pluralidad de diferencias de potencial entre un ánodo correspondiente a la batería y un electrodo de referencia.

La figura 8 es una curva que muestra una curva de cambio de una diferencia de potencial entre un ánodo y un electrodo de referencia en un proceso de carga de baterías con la corriente de carga segura máxima, el punto η de la curva es el umbral de potencial de deposición de litio.

Por otro lado, para garantizar la seguridad de la batería y prolongar la vida útil de la batería tanto como sea posible, en otra forma de implementación de las realizaciones de la presente solicitud, es necesario ajustar la magnitud de la corriente de carga basándose en la tensión de corte de la batería de la etapa 105. Las etapas específicas se muestran en la figura 9, el método incluye:

1051, detectar si la tensión de carga alcanza una tensión de corte durante la carga. Si la tensión de carga no alcanza la tensión de corte, realizar la etapa 1052, en caso contrario, realizar la etapa 1053.

1052, mantener el modo de carga actual, para que la batería se siga cargando.

1053, mantener la tensión de carga actual, mientras tanto, cambiar la magnitud de la corriente de carga actual a la magnitud de una corriente de corte, para que la batería se siga cargando hasta que esté completamente cargada.

En esta forma de implementación, se puede evitar eficazmente la pérdida de la vida útil de la batería debido a una tensión de carga o corriente de carga inadecuada durante la carga de la batería, detectando la tensión de carga y ajustando aún más la corriente de carga.

Adicionalmente, la capacidad máxima disponible de la batería disminuirá gradualmente a medida que aumenta el número de ciclos de carga y descarga, por lo tanto, después de un número determinado de ciclos de carga y descarga, es necesario ajustar la curva de tensión de circuito abierto inicial del ánodo y la curva de impedancia del ánodo obtenida en la etapa 101, después de la etapa 105, realizando la etapa 201. Como se muestra en la figura 10, el método incluye: 201, cuando la batería alcanza un número preestablecido de ciclos de carga y descarga, ajustar la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y la curva de impedancia del ánodo obtenidas en función de la capacidad máxima disponible actual de la batería.

El proceso de ajuste se puede considerar una transformación matemática en los dos tipos de curvas, se asume que el 100 % del SOC en la curva de tensión de circuito abierto del ánodo de la figura 2 corresponde a una capacidad de 4000 mAh, después de un número determinado de ciclos de carga y descarga, el 100 % del SOC de la batería solo corresponde a una capacidad de 3200 mAh, entonces es necesario comprimir la curva de tensión de circuito abierto inicial del ánodo en dirección al eje horizontal, de modo que el punto de potencial se mueve de la posición del 100 % del SOC a la posición del 80 % del SOC, formando así la nueva curva de tensión de circuito abierto del ánodo. El método para ajustar la curva de impedancia del ánodo es similar al método para ajustar la curva de tensión de circuito abierto del ánodo.

Cabe señalar que, cuanto mayor es el número preestablecido de ciclos de carga y descarga, mayor es el requisito sobre el contenido de cálculo del dispositivo para obtener el cálculo de la corriente de carga, sin embargo, al mismo tiempo, también se puede proporcionar una mayor seguridad de la batería. Por el contrario, cuanto menor es el número preestablecido de ciclos de carga y descarga, menor es el requisito sobre el contenido de cálculo del dispositivo para obtener el cálculo de la corriente de carga, sin embargo, al mismo tiempo, la mejoría en la seguridad de la batería es pequeña.

Con referencia a las formas de implementación anteriores, los procedimientos y efectos proporcionados por las realizaciones de la presente solicitud se describen en detalle en combinación con baterías de las siguientes especificaciones.

La batería de esta realización es una batería de tres electrodos que consiste en un cátodo, un ánodo, un separador, un electrolito y una carcasa de envoltura, fabricada por ensamblaje, conformación, curado, etc. En particular, el cátodo es una mezcla de un 96,7 % de LiCoO_2 + 1,7 % de PVDF (como aglutinante) + 1,6 % de SP (como agente conductor), el ánodo es una mezcla de un 98 % de grafito artificial + 1,0 % de SBR (como aglutinante) + 1,0 % de CMC (como espesante), el separador es una membrana compuesta de PP/PE/PP y el electrolito se hace agregando aditivo (0,5 % de VC, 5 % de FEC, 4 % de VEC) en disolvente orgánico (30 % de EC + 30 % de PC + 40 % de DEC) y 1 mol/L de LiPF₆.

La capacidad de carga para completar la carga (SOC) de la batería a 25 °C es de 3900 mAh (0,2 C), la corriente de carga segura máxima permitida I_0 de la batería es de 1,3 C, el sobrepotencial η sin deposición de litio es de -70 mV, y la tensión de corte V_0 es de 4,35 V.

El procedimiento del método se muestra en la figura 11, que incluye:

301, antes de que se haya cargado la batería, obtener la relación entre la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y el SOC (y la temperatura) y la relación entre la curva de impedancia del ánodo y el SOC (y la temperatura), e introducir la corriente de carga segura máxima I_0 de la batería y el sobrepotencial η sin depósito de litio en un módulo de detección.

302, calcular la corriente de carga según la fórmula $I = (U_a - \eta) / R_a$ y cargar la batería.

303, cuando la tensión de carga alcanza la tensión de corte de 4,35 V, cargar con una tensión constante a la corriente de corte de 0,05 C.

304, cuando el número de ciclos de carga y descarga aumenta en uno, obtener de nuevo la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y la curva de impedancia del ánodo y ajustar de nuevo la corriente de carga de para cargar.

En estas condiciones, el método de carga de la técnica anterior consistía en cargar la batería con una corriente de carga y una tensión de carga constante convencionales a 25 °C. Es decir, cargar con una corriente constante de 1,5 C a una tensión de corte de 4,35 V, y luego cargar con una tensión constante de 4,35 V a una corriente de corte de 0,05 C.

En comparación con el método de carga existente, el método de carga de baterías de acuerdo con las realizaciones de la presente solicitud evita un fenómeno de deposición de litio, de este modo mejora eficazmente la seguridad de la batería y, por lo tanto, se garantiza una larga vida útil de la batería. La figura 12 muestra la influencia de los dos métodos en la vida de la batería en las condiciones anteriores y diferentes números de ciclos de carga y descarga y, evidentemente, el método de carga de baterías de acuerdo con las realizaciones de la presente solicitud mejora la vida de la batería.

Además, la mejora de la velocidad de carga aportada por el método de carga de baterías de acuerdo con las realizaciones de la presente solicitud también es evidente; como se muestra en la figura 13, en una condición en la que se logra el mismo estado de carga de la batería, el método de carga de baterías de acuerdo con las realizaciones de la presente solicitud funciona mejor que el método de carga existente en la mayoría de los casos.

Las realizaciones de la presente solicitud también proporcionan un aparato de carga de baterías, que es capaz de implementar los procesos de los métodos anteriores, como se muestra en la figura 14, el aparato incluye:

un módulo de detección 41, configurado para obtener una curva de tensión de circuito abierto del ánodo, una curva de impedancia del ánodo, un umbral de potencial de deposición de litio y un estado de carga correspondiente a una batería.

Un primer módulo de cálculo 42, configurado para determinar una tensión de circuito abierto actual del ánodo en función de la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y del estado de carga.

Un segundo módulo de cálculo 43, configurado para determinar una impedancia actual del ánodo en función de la curva de impedancia del ánodo y del estado de carga.

Un tercer módulo de cálculo 44, configurado para determinar una corriente de carga actual en función de la tensión de circuito abierto actual del ánodo, de la impedancia actual del ánodo y del umbral de potencial de deposición de

litio.

Un módulo de control 45, configurado para cargar la batería en función de la corriente de carga actual.

- 5 Como alternativa, el tercer módulo de cálculo 44 está configurado específicamente para determinar la corriente de carga actual I , basándose en una fórmula $I = (U_a - \eta) / R_a$; U_a es la tensión de circuito abierto actual del ánodo, R_a es la impedancia actual del ánodo y η es el umbral de potencial de deposición de litio.

Como alternativa, como se muestra en la figura 15, el módulo de control 45 incluye:

- 10 una unidad de detección 451, configurada para detectar si la tensión de carga alcanza una tensión de corte durante la carga.
Una unidad de control 452, configurada para cargar la batería con la corriente de carga actual cuando la tensión de carga de la batería está por debajo de la tensión de corte; cuando la tensión de carga de la batería alcanza la tensión de corte, mantener la tensión de carga y cargar la batería con una corriente de corte hasta que la batería
15 esté completamente cargada.

Como alternativa, como se muestra en la figura 16, el módulo de detección 41 incluye:

- 20 una primera unidad de carga 411, configurada para cargar la batería con una corriente de prueba.
Una primera unidad de determinación 412, configurada para recopilar una diferencia de potencial entre un ánodo y un electrodo de referencia cuando la batería está en un estado de carga diferente, durante la carga de la batería con la corriente de prueba, para determinar una curva de tensión de circuito abierto del ánodo correspondiente a la batería.

- 25 Como alternativa, como se muestra en la figura 17, el módulo de detección 41 incluye:

- una unidad de obtención 413, configurada para obtener un primer potencial de descarga y un segundo potencial de descarga de la batería, el primer potencial de descarga es un potencial después de que la batería se haya
30 descargado continuamente con una primera corriente de descarga dentro de un primer período de descarga y el segundo potencial de descarga es un potencial después de que la batería se haya descargado continuamente con una segunda corriente de descarga dentro de un segundo período de descarga.
Una unidad de cálculo 414, configurada para calcular una impedancia de un ánodo basándose en una fórmula $R_a = (U_1 - U_2) / (I_2 - I_1)$; U_1 es el primer potencial de descarga, U_2 es el segundo potencial de descarga, I_2 es la primera corriente de descarga, e I_1 es la segunda corriente de descarga;
35 una segunda unidad de determinación 415, configurada para recopilar las impedancias del ánodo de la batería cuando la batería está en diferentes estados de carga, respectivamente, para determinar una curva de impedancia del ánodo correspondiente a la batería.

Como alternativa, como se muestra en la figura 18, el módulo de detección 41 incluye:

- 40 una segunda unidad de carga 416, configurada para cargar la batería con una corriente de carga segura máxima.
Una tercera unidad de determinación 417, configurada para determinar el umbral de potencial de deposición de litio recopilando una diferencia de potencial mínima a partir de una pluralidad de diferencias de potencial entre un ánodo correspondiente a la batería y un electrodo de referencia cuando la batería se carga con una corriente de
45 carga segura máxima.

Como alternativa, como se muestra en la figura 19, el aparato además incluye:

- un módulo de calibración 46, configurado para ajustar la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y la curva de impedancia del ánodo obtenidas en función de la capacidad máxima disponible actual de la batería, cuando la batería
50 alcanza un número preestablecido de ciclos de carga y descarga.

- En el aparato de carga de baterías de acuerdo con unas realizaciones de la presente solicitud, se obtiene una serie de parámetros importantes como la curva de tensión de circuito abierto del ánodo, la curva de impedancia del ánodo, el umbral de potencial de deposición de litio y el estado de carga, y se calcula la corriente de carga basándose en
55 estos parámetros, para que el potencial del ánodo no caiga a un umbral de potencial en el que pueda producirse una deposición de litio durante un proceso de carga, como resultado, el problema de la deposición de litio en el ánodo se puede evitar de manera eficaz, lo que mejora el rendimiento en materia de seguridad de la batería en uso. Además, en caso de evitar que se deposite litio en el ánodo, se proporciona a la batería una corriente de carga segura máxima permitida, por lo tanto, en comparación con la forma convencional de carga de corriente constante y tensión constante,
60 la presente solicitud puede mejorar también significativamente la velocidad de carga.

Los expertos en la técnica pueden comprender claramente que, por conveniencia y concisión de la descripción, los procedimientos operativos detallados de los sistemas, dispositivos y unidades descritos anteriormente pueden referirse a los procedimientos correspondientes en las realizaciones del método, que no se repetirán en el presente documento.

- 65 Se debe entender que, en la realización descrita en el presente documento, los sistemas, aparatos y métodos

divulgados pueden implementarse de otras formas. Por ejemplo, las realizaciones anteriores del dispositivo son ilustrativas y las unidades del dispositivo se han definido únicamente desde la perspectiva de las funciones lógicas y pueden definirse de manera diferente en la aplicación práctica. Por ejemplo, se pueden combinar o integrar múltiples unidades o componentes en otro sistema o se pueden ignorar o no implementar algunas características. Además, el acoplamiento, el acoplamiento directo o la conexión de comunicación directa ilustrada o expuesta en el presente documento se pueden implementar a través de interfaces, el acoplamiento indirecto o la conexión de comunicación indirecta entre dispositivos o unidades puede ser eléctrico, mecánico o de otra forma.

- 5
 - 10
 - 15
 - 20
 - 25
- Las unidades descritas anteriormente como componentes independientes pueden estar físicamente separadas o no; y los componentes ilustrados como unidades pueden ser unidades físicas o no, en concreto, pueden estar ubicados en un solo lugar o distribuidos en múltiples unidades de red. Algunas o todas las unidades descritas anteriormente pueden seleccionarse según sea necesario para alcanzar los objetivos de las soluciones técnicas de la presente solicitud.
- Además, todas las unidades funcionales de las realizaciones de la presente solicitud pueden ser físicamente independientes o estar integradas en una unidad de procesamiento, o dos o más de las unidades están integradas en una unidad. La unidad integrada anterior se puede implementar en hardware o en una combinación de unidades funcionales de hardware y software.
- La unidad integrada anterior implementada como una unidad funcional de software se puede almacenar en un medio de almacenamiento legible por ordenador. La unidad funcional de software anterior se almacena en un medio de almacenamiento e incorpora varias instrucciones que hacen que un dispositivo informático (por ejemplo, un ordenador personal, un servidor o un dispositivo de red, etc.) o un procesador ejecute parte de las etapas del método de acuerdo con cada realización de la presente solicitud. Entre los ejemplos del medio de almacenamiento se incluyen varios medios capaces de almacenar códigos de programa, tal como un disco flash USB, un disco duro móvil, una memoria de solo lectura (ROM, por sus siglas en inglés de Read-Only Memory), una memoria de acceso aleatorio (RAM, por sus siglas en inglés de Random-Access Memory), un disco magnético o un disco óptico.

REIVINDICACIONES

1. Un método de carga de baterías, que comprende una etapa de obtención de una curva de impedancia de un ánodo correspondiente a una batería, **caracterizado por que**, el método además comprende las etapas de:

obtener una curva de tensión de circuito abierto del ánodo, un umbral de potencial de deposición de litio y un estado de carga correspondiente a la batería (101);
determinar una tensión de circuito abierto actual del ánodo en función de la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y del estado de carga (102);
determinar una impedancia actual del ánodo en función de la curva de impedancia del ánodo y del estado de carga (103);
determinar una corriente de carga actual en función de la tensión de circuito abierto actual del ánodo, de la impedancia actual del ánodo y del umbral de potencial de deposición de litio (104);
y cargar la batería con la corriente de carga actual (105).

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que**, la etapa de determinación de la corriente de carga actual en función de la tensión de circuito abierto actual del ánodo, de la impedancia actual del ánodo y del umbral de potencial de deposición de litio (104) comprende:

determinar la corriente de carga actual I según una fórmula $I = (U_a - \eta) / R_a$;
 U_a es la tensión de circuito abierto actual del ánodo, R_a es la impedancia actual del ánodo y η es el umbral de potencial de deposición de litio.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que**, la etapa de carga de la batería en función de la corriente de carga actual (105) comprende:

detectar si una tensión de carga de la batería alcanza una tensión de corte cuando se carga la batería (1051);
cargar la batería con la corriente de carga actual cuando la tensión de carga de la batería está por debajo de la tensión de corte (1052);
cuando la tensión de carga de la batería alcanza la tensión de corte, mantener la tensión de carga y cargar la batería con una corriente de corte hasta que la batería esté completamente cargada (1053).

4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que**, la etapa de obtención de la curva de tensión de circuito abierto del ánodo correspondiente a la batería comprende:

cargar la batería con una corriente de prueba (A1011); cuando se carga la batería con la corriente de prueba, determinar la curva de tensión de circuito abierto del ánodo correspondiente a la batería recopilando una pluralidad de diferencias de potencial entre un ánodo de la batería en diferentes estados de carga y un electrodo de referencia, para determinar la curva de tensión de circuito abierto del ánodo correspondiente a la batería (A 1012).

5. El método de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que**, la etapa de obtención de la curva de impedancia del ánodo comprende:

obtener un primer potencial de descarga y un segundo potencial de descarga de la batería, el primer potencial de descarga es un potencial de la batería después de que la batería se descargue continuamente con una primera corriente de descarga dentro de un primer período de descarga, y el segundo potencial de descarga es un potencial de la batería después de que la batería se descargue continuamente con una segunda corriente de descarga dentro de un segundo período de descarga (B1011);
calcular una impedancia de un ánodo según una fórmula $R_a = (U_1 - U_2) / (I_2 - I_1)$, U_1 es el primer potencial de descarga, U_2 es el segundo potencial de descarga, I_2 es la primera corriente de descarga, e I_1 es la segunda corriente de descarga (B1012); determinar la curva de impedancia del ánodo correspondiente a la batería recopilando las impedancias del ánodo de la batería en diferentes estados de carga (B1013) respectivamente.

6. El método de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que**, la etapa de obtención del umbral de potencial de deposición de litio comprende:

cargar la batería con una corriente de carga segura máxima (C1011);
determinar el umbral de potencial de deposición de litio recopilando una diferencia de potencial mínima a partir de una pluralidad de diferencias de potencial entre un ánodo correspondiente a la batería y un electrodo de referencia cuando se carga la batería con una corriente de carga segura máxima (C1012).

7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4-6, **caracterizado por que**, después de la etapa de carga de la batería en función de la corriente de carga actual (105), el método además comprende:

cuando un número de ciclos de carga de la batería alcanza un número preestablecido, ajustar la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y la curva de impedancia del ánodo obtenidas en función de una capacidad máxima disponible actual de la batería (201).

8. Un aparato de carga de baterías, que comprende un módulo de detección (41) configurado para obtener una curva de impedancia del ánodo correspondiente a una batería, **caracterizado por que**, el módulo de detección (41) además está configurado para obtener una curva de tensión de circuito abierto del ánodo, un umbral de potencial de deposición de litio y un estado de carga correspondiente a la batería; y por que el aparato además comprende:
- un primer módulo de cálculo (42), configurado para determinar una tensión de circuito abierto actual del ánodo en función de la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y del estado de carga;
 - un segundo módulo de cálculo (43), configurado para determinar una impedancia actual del ánodo en función de la curva de impedancia del ánodo y del estado de carga;
 - un tercer módulo de cálculo (44), configurado para determinar una corriente de carga actual en función de la tensión de circuito abierto actual del ánodo, de la impedancia actual del ánodo y del umbral de potencial de deposición de litio; y
 - un módulo de control (45), configurado para cargar la batería con la corriente de carga actual.
9. El aparato de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que**, el tercer módulo de cálculo (44) está configurado para determinar la corriente de carga actual I según una fórmula $I = (U_a - \eta) / R_a$, U_a es la tensión de circuito abierto actual del ánodo, R_a es la impedancia actual del ánodo y η es el umbral de potencial de deposición de litio.
10. El aparato de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado por que**, el módulo de control (45) comprende:
- una unidad de detección (451), configurada para detectar si una tensión de carga de la batería alcanza una tensión de corte cuando se carga la batería; una unidad de control (452), configurada para cargar la batería con la corriente de carga actual cuando la tensión de carga de la batería está por debajo de la tensión de corte; cuando la tensión de carga de la batería alcanza la tensión de corte, mantener la tensión de carga y cargar la batería con una corriente de corte hasta que la batería esté completamente cargada.
11. El aparato de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que**, el módulo de detección (41) comprende:
- una primera unidad de carga (411), configurada para cargar la batería con una corriente de prueba;
 - una primera unidad de determinación (412), configurada para determinar una curva de tensión de circuito abierto del ánodo correspondiente a la batería recopilando una pluralidad de diferencias de potencial entre un ánodo y un electrodo de referencia en diferentes estados de carga cuando la batería se carga con la corriente de prueba.
12. El aparato de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que**, el módulo de detección (41) comprende:
- una unidad de obtención (413), configurada para obtener un primer potencial de descarga y un segundo potencial de descarga de la batería, el primer potencial de descarga es un potencial de la batería después de que la batería se descargue continuamente con una primera corriente de descarga dentro de un primer período de descarga, y el segundo potencial de descarga es un potencial de la batería después de que la batería se descargue continuamente con una segunda corriente de descarga dentro de un segundo período de descarga;
 - una unidad de cálculo (414), configurada para calcular una impedancia de un ánodo según una fórmula $R_a = (U_1 - U_2) / (I_2 - I_1)$; en donde, U_1 es el primer potencial de descarga, U_2 es el segundo potencial de descarga, I_2 es la primera corriente de descarga e I_1 es la segunda corriente de descarga;
 - una segunda unidad de determinación (415), configurada para determinar la curva de impedancia del ánodo correspondiente a la batería recopilando las impedancias del ánodo de la batería en diferentes estados de carga, respectivamente.
13. El aparato de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que**, el módulo de detección (41) comprende:
- una segunda unidad de carga (416), configurada para cargar la batería con una corriente de carga segura máxima;
 - una tercera unidad de determinación (417), configurada para determinar el umbral de potencial de deposición de litio recopilando una diferencia de potencial mínima a partir de una pluralidad de diferencias de potencial entre un ánodo correspondiente a la batería y un electrodo de referencia cuando la batería se carga con una corriente de carga segura máxima.
14. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11-13, **caracterizado por que**, además comprende:
- un módulo de calibración (46), configurado para ajustar la curva de tensión de circuito abierto del ánodo y la curva de impedancia del ánodo obtenidas en función de una capacidad máxima disponible actual de la batería cuando un número de ciclos de carga de la batería alcanza un número preestablecido.

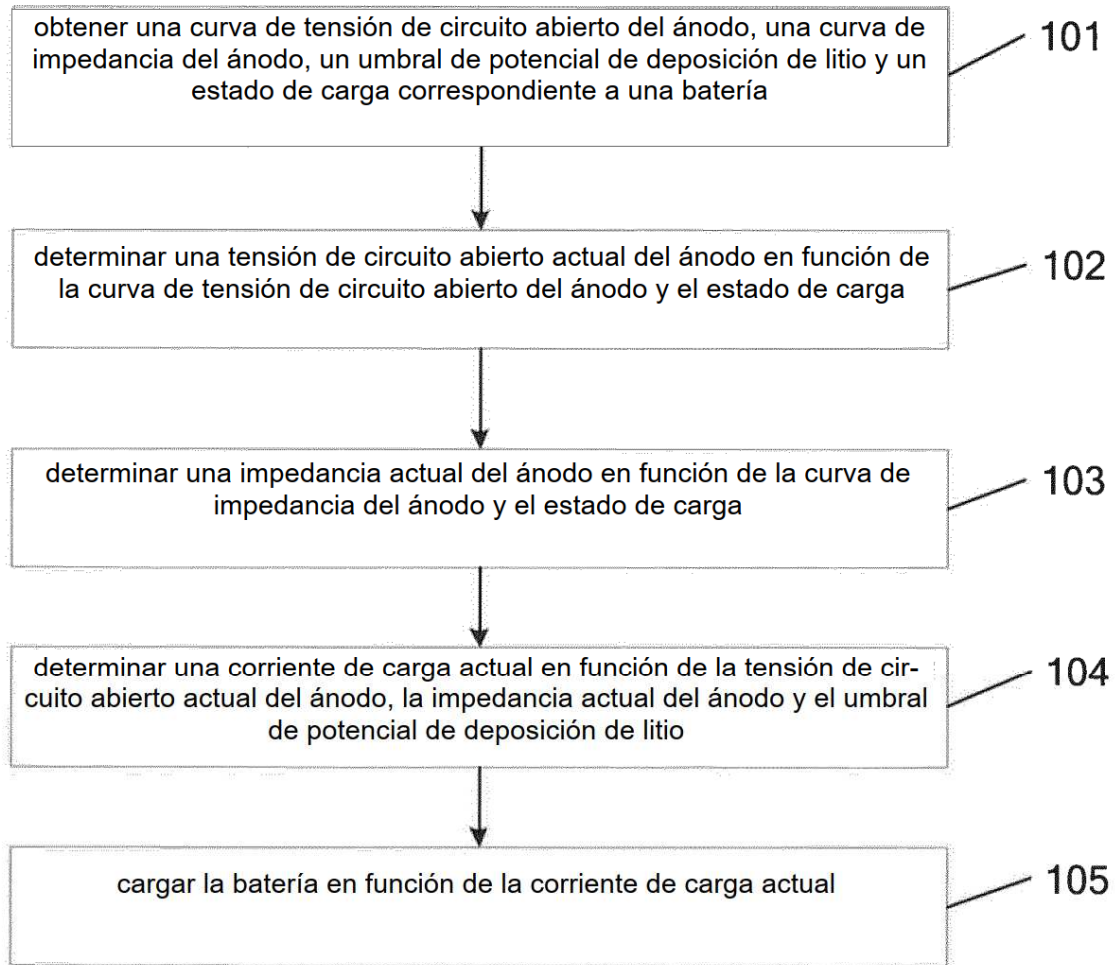


FIG. 1

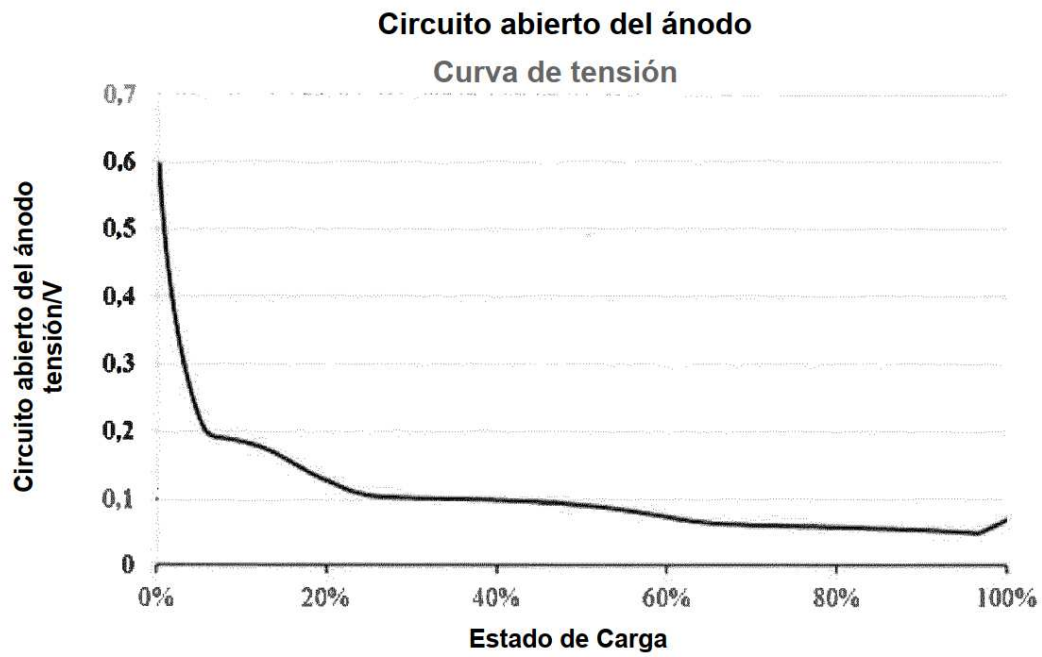


FIG. 2

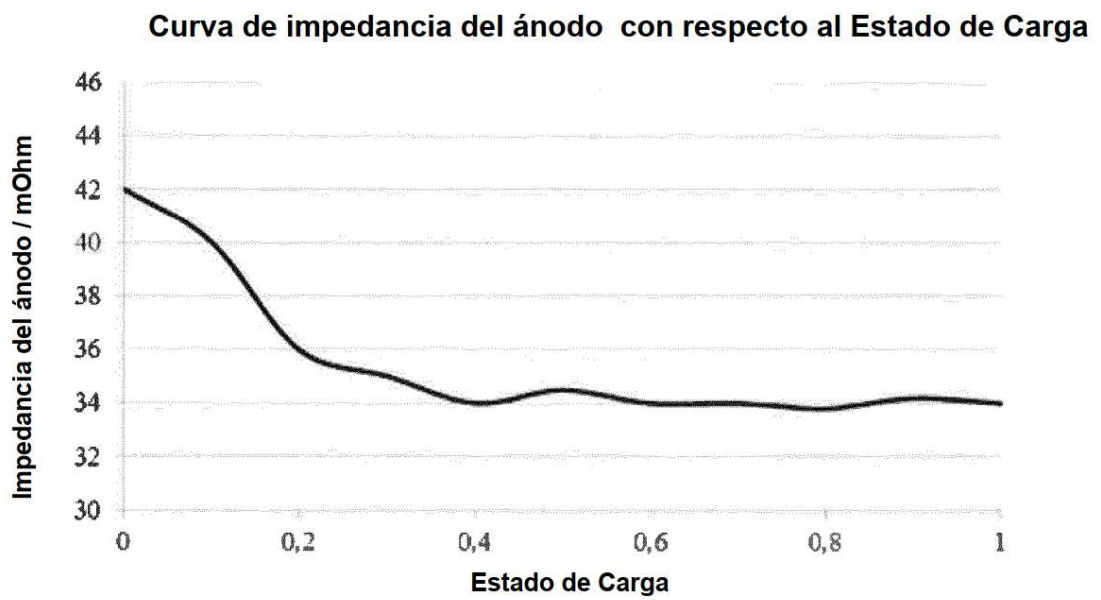


FIG. 3

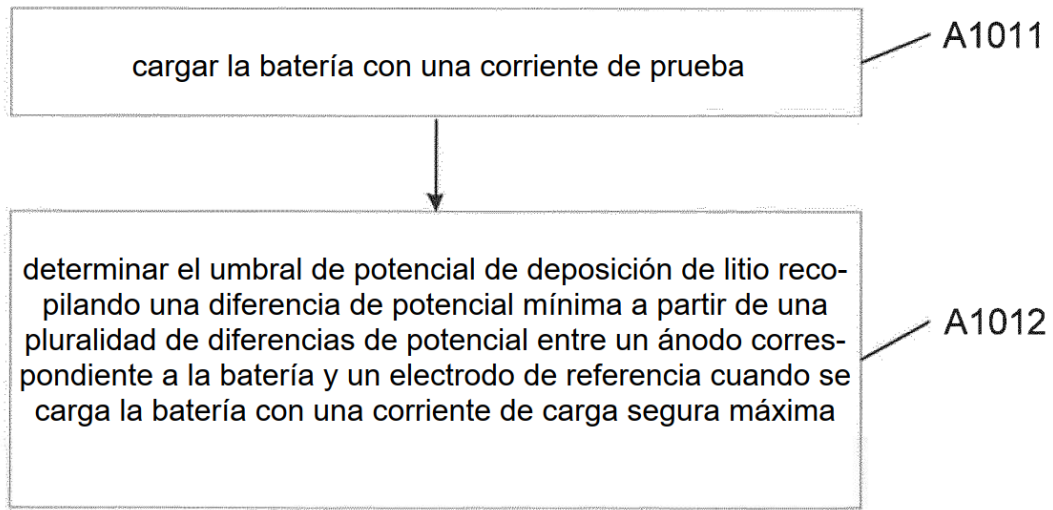


FIG. 4

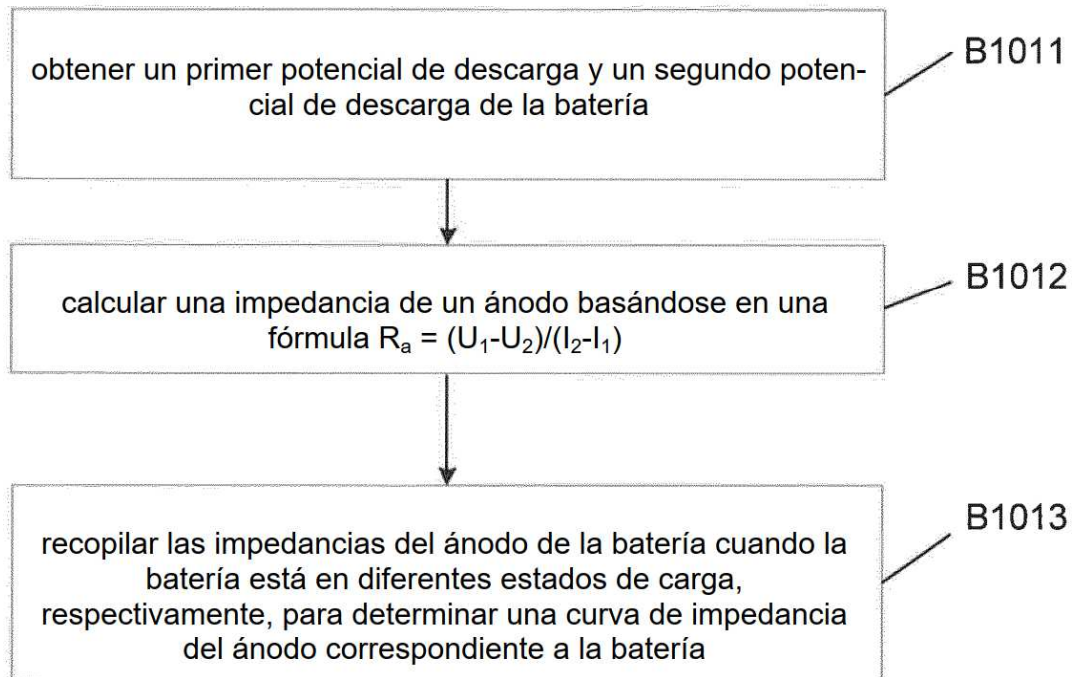


FIG. 5

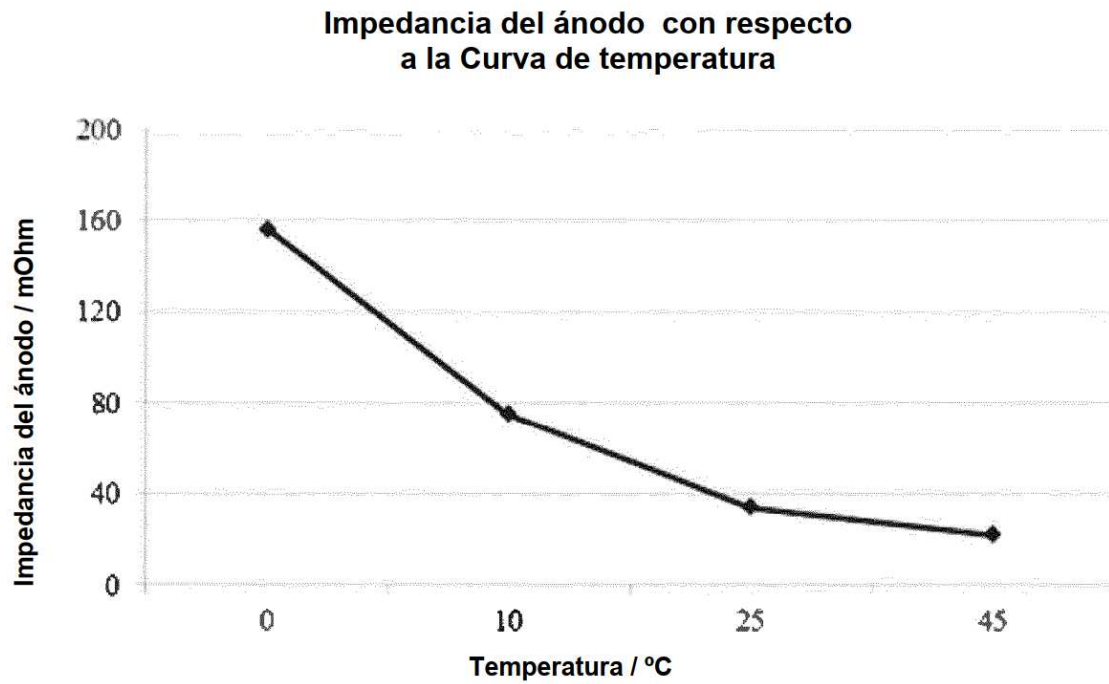


FIG. 6

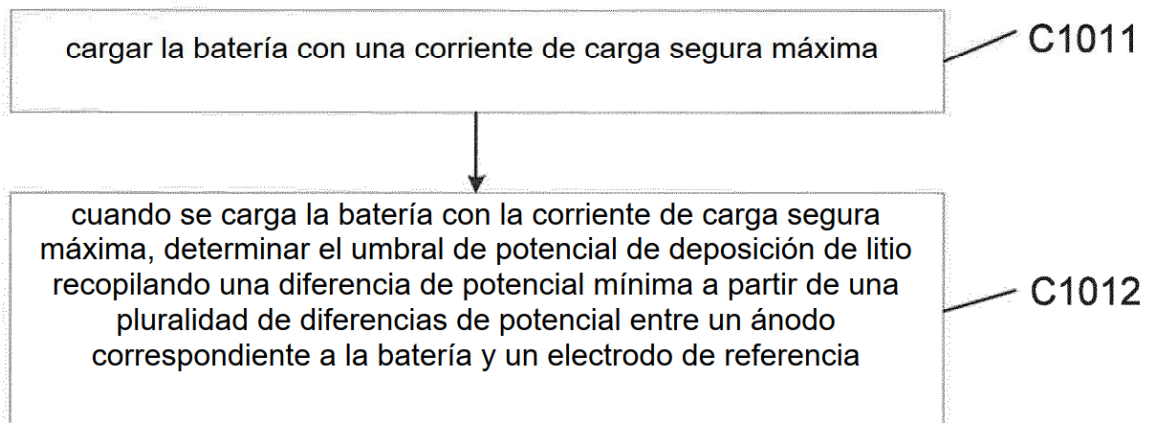


FIG. 7

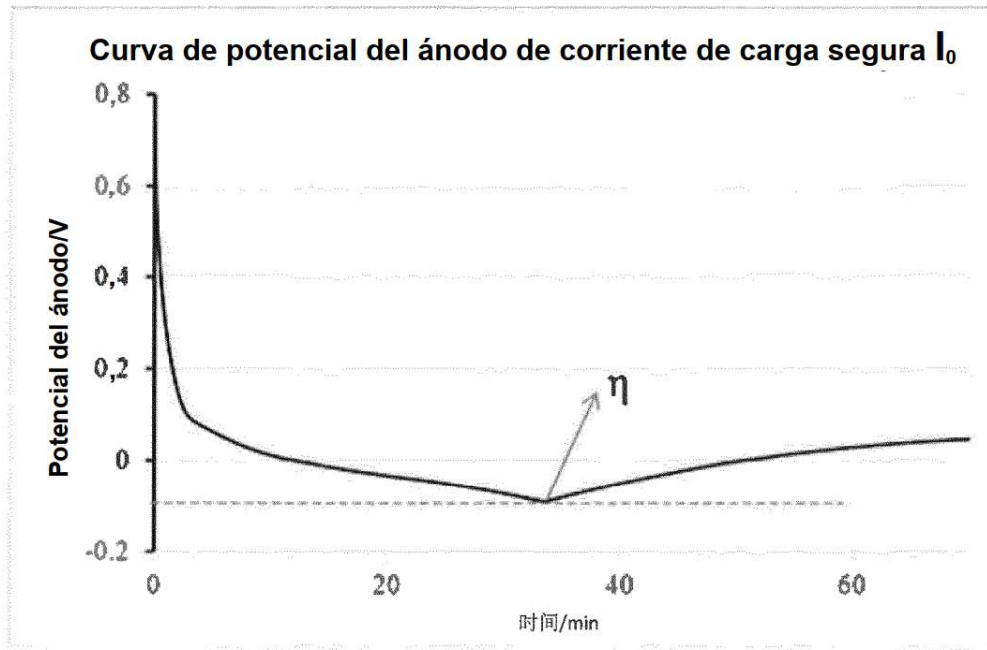


FIG. 8

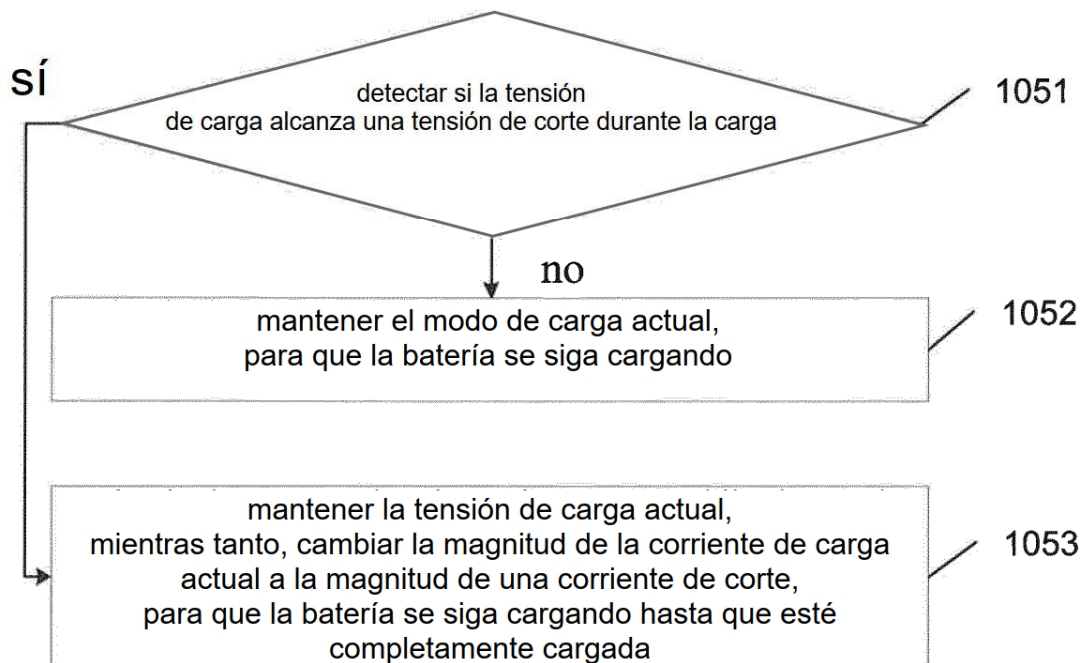


FIG. 9

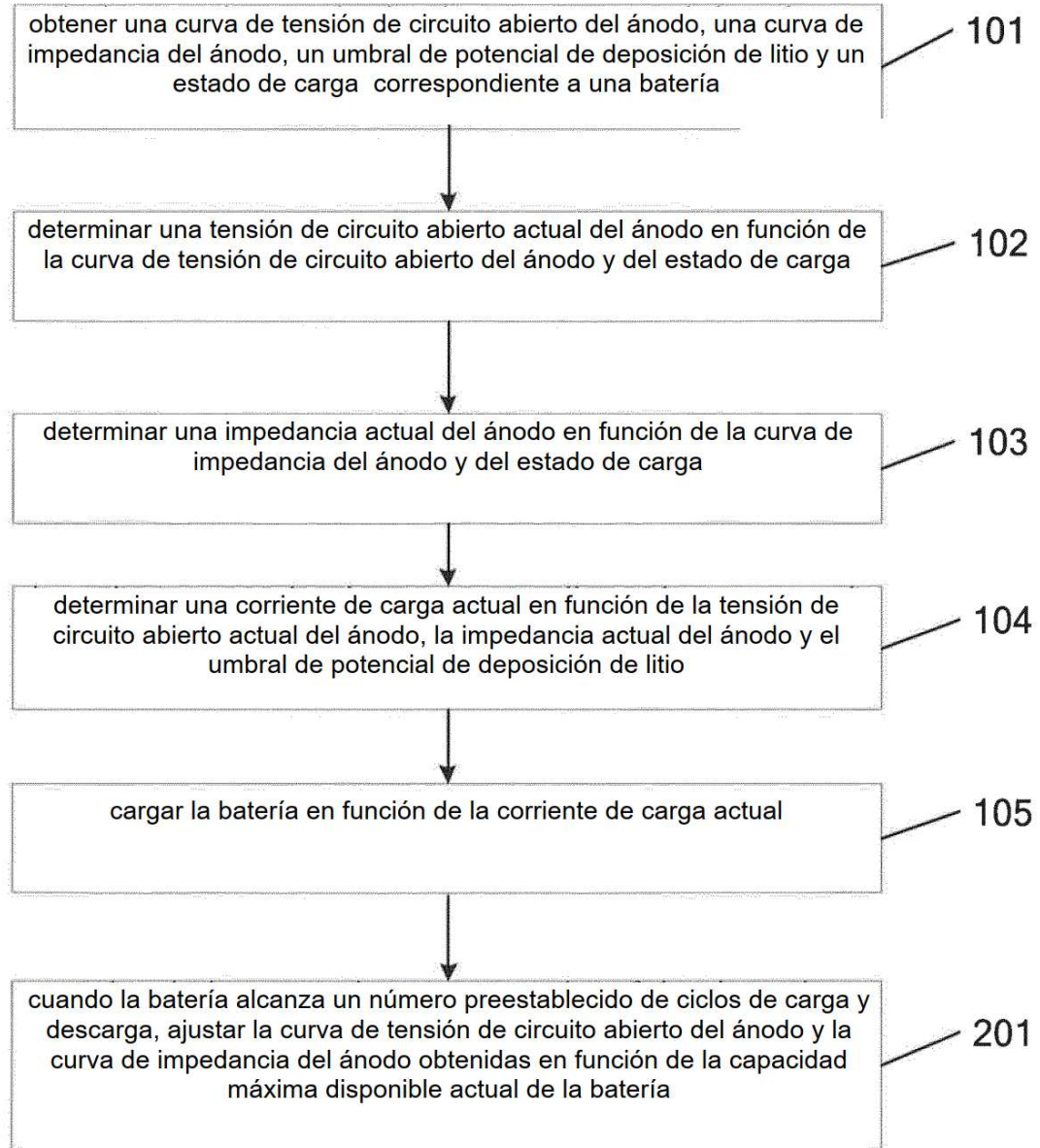


FIG. 10

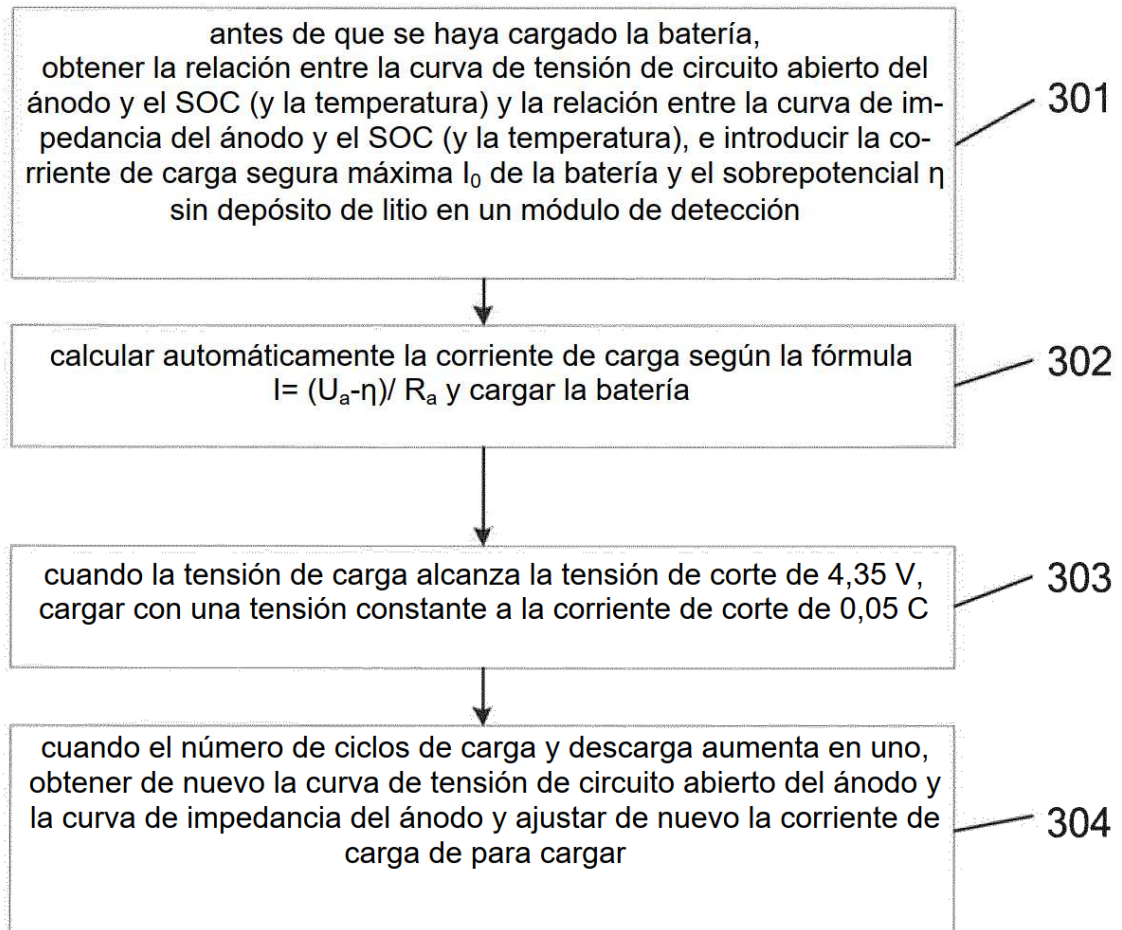


FIG. 11

Curva de ciclos y vida útil

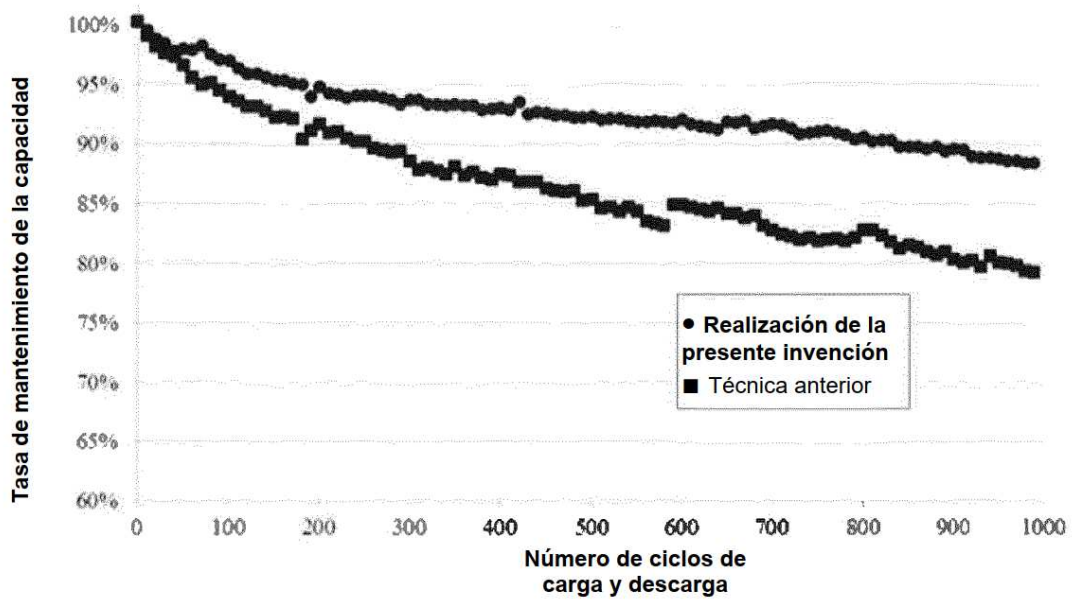


FIG. 12

Estado de carga de la carga y Corriente de carga con respecto a la Duración de la carga

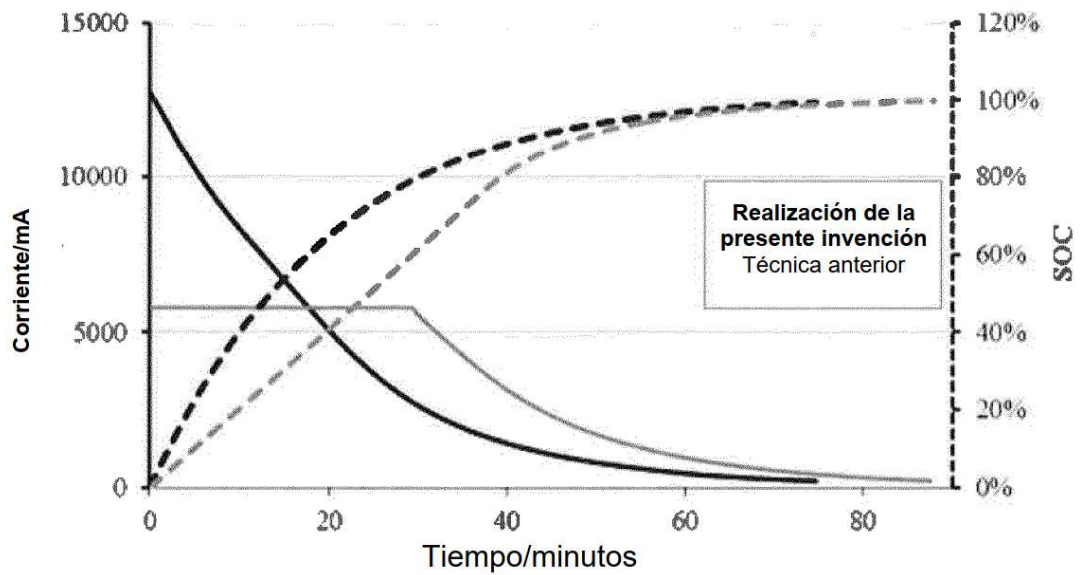


FIG. 13

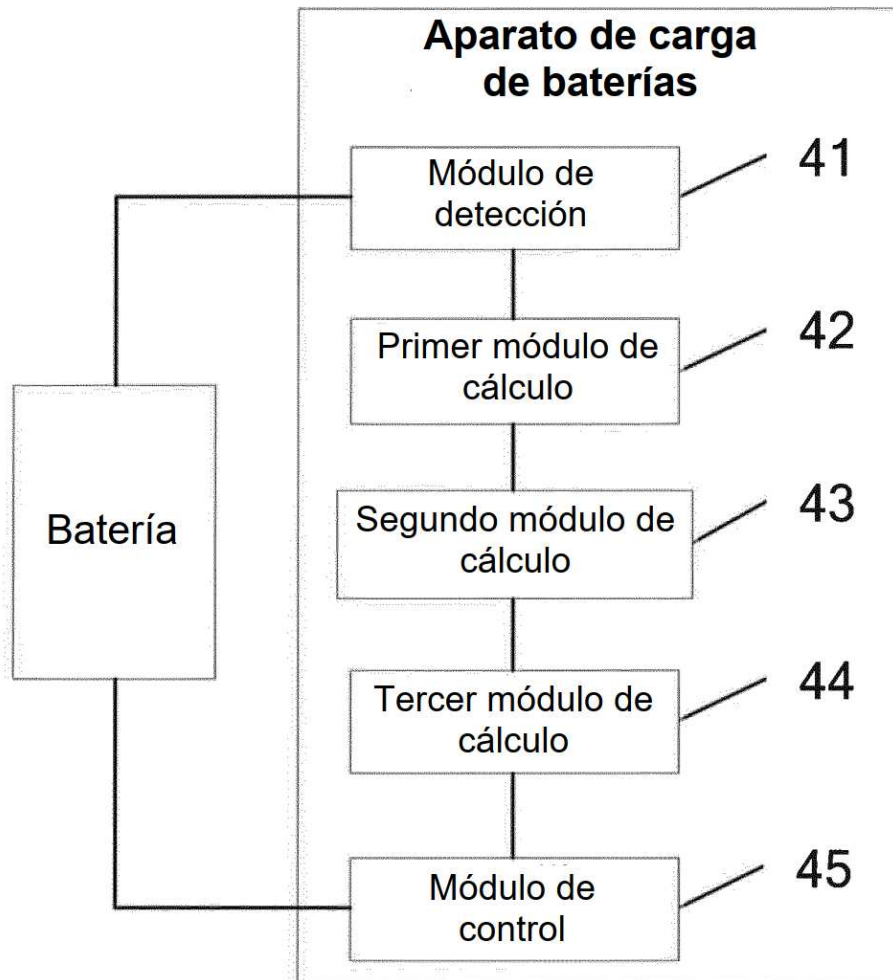


FIG. 14

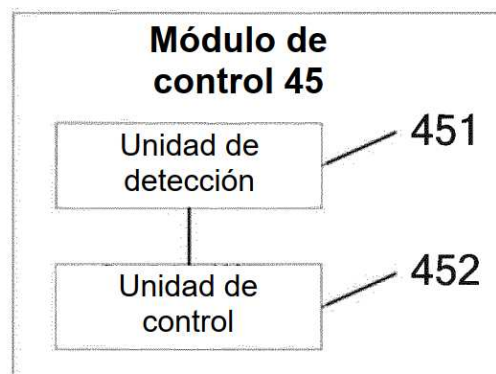


FIG. 15

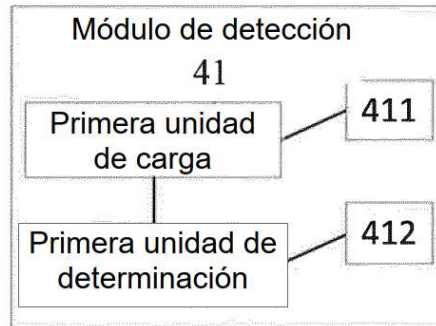


FIG. 16

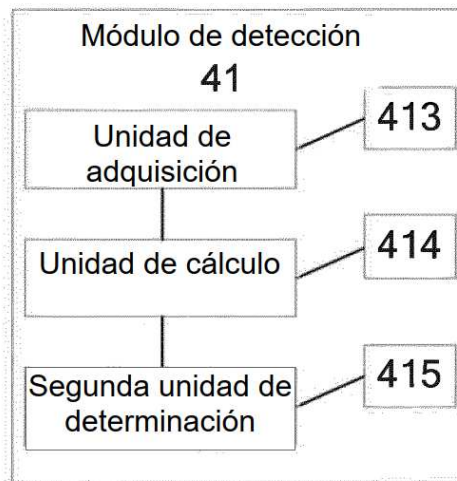


FIG. 17

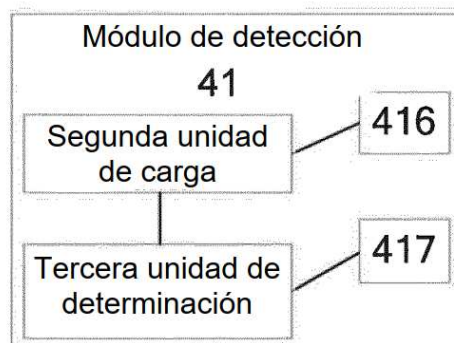


FIG. 18

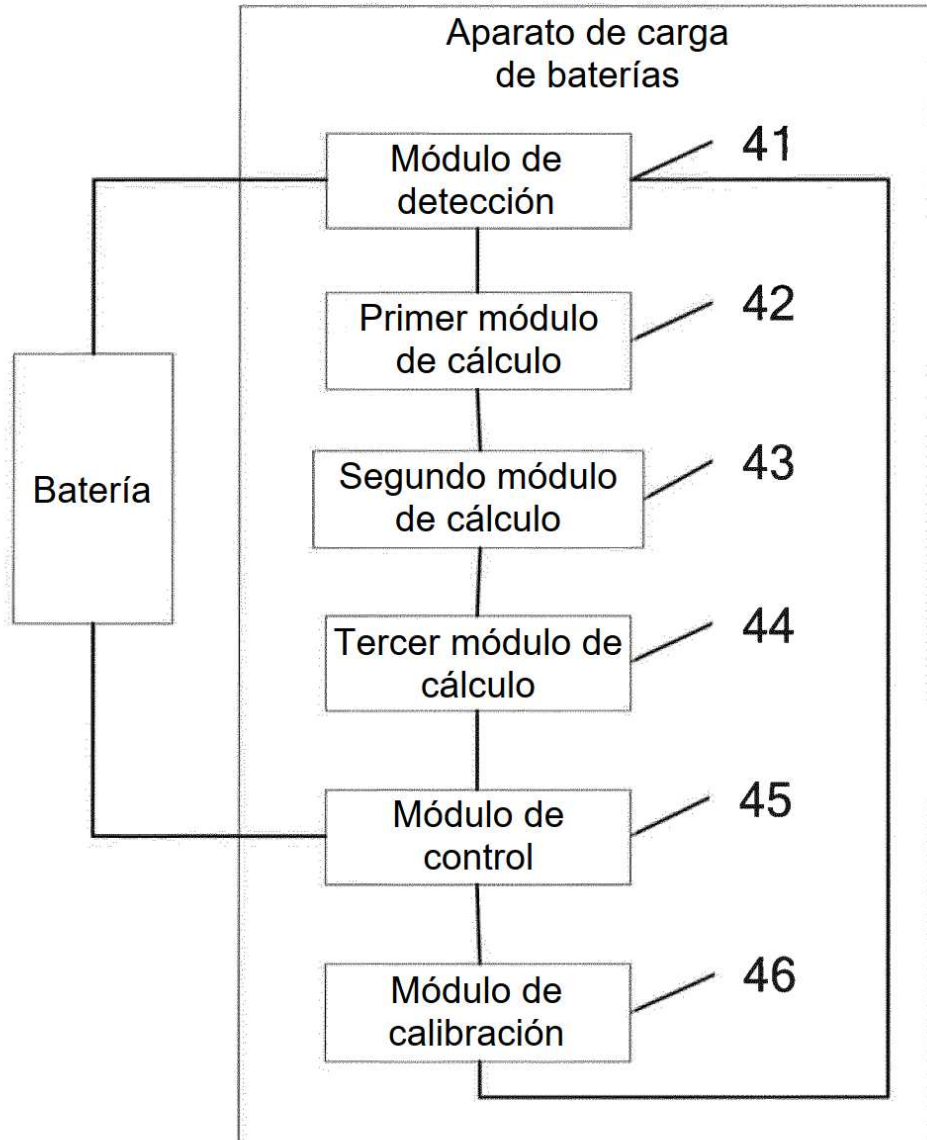


FIG. 19