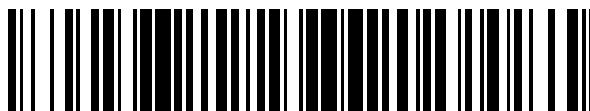


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 992**

51 Int. Cl.:

H02J 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.04.2011 PCT/US2011/031499**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.12.2011 WO11149594**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2011 E 11787063 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 2577840**

54 Título: **Sistema de baterías recargables avanzado**

30 Prioridad:

24.05.2010 US 785536

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

02.04.2020

73 Titular/es:

CHANG, CHUN-CHIEH (50.0%)

302 Salem Drive

Ithaca, NY 14850, US y

CHANG, TSUN-YU (50.0%)

72 Inventor/es:

CHANG, CHUN-CHIEH y

CHANG, TSUN-YU

74 Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

ES 2 751 992 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de baterías recargables avanzado

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a baterías recargables y, en particular, a la recarga de baterías recargables.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Para utilizar baterías en aplicaciones tales como arrancadores de vehículos, bicicletas eléctricas, motocicletas eléctricas, vehículos eléctricos o híbridos, etc., es esencial un alto voltaje debido al aumento de la eficiencia y la reducción de costes. El aumento de voltaje requiere que las baterías estén conectadas en serie.

2. Los problemas asociados a las baterías en serie son:

a. cuando una batería tiene una capacidad menor, la capacidad del conjunto de baterías general viene determinada por la capacidad de la batería de menor capacidad;

b. si la batería que posee la capacidad menor no puede cargarse a la capacidad total durante la carga, el rendimiento de todo el conjunto de baterías se degradará debido a la batería de menor capacidad. Esto se conoce en la técnica como desequilibrio de celdas;

c. la menor capacidad de una batería específica puede deberse a una alta auto-descarga o bien a defectos durante la producción de la batería.

3. Las maneras convencionales de resolver el problema de desequilibrio de celdas son:

a. clasificar las baterías para evitar incoherencia de las baterías que deben conectarse en serie;

b. cargar las baterías por separado (por ejemplo, patente americana nº 6.586.909), para superar los problemas mencionados anteriormente, sin embargo, se requiere un bajo voltaje para cargar cada batería al máximo (por ejemplo, la batería de litio y hierro se carga a 3,65V) y esta carga de bajo voltaje no es energéticamente eficiente debido a conversiones de una alimentación de CA de alto voltaje normal a una alimentación de CC de bajo voltaje.

La mayoría de los sistemas y procedimientos de la técnica anterior utilizados para equilibrar las baterías durante la carga utilizan circuitos complicados para detectar y equilibrar las baterías descargadas (por ejemplo, los documentos US7.068.011, US7.061.207, US6.882.129, US6.841.971, US6.825.638, US6.801.014, US6.784.638, US6.777.908, US6.700.350, US6.642.693, US6.586.909, US6.511.764, US6.271.645). El documento US 2009/0072793 A1 describe un sistema de baterías recargables y un control de la operación de carga.

Las baterías recargables son cada vez más importantes en la actualidad para una amplia gama de aplicaciones además de la electrónica de consumo convencional, tal como el teléfono móvil o los ordenadores portátiles, debido a su notable capacidad de potencia, mayor vida útil, y la naturaleza benigna para el medio ambiente. La principal razón responsable de este cambio es que las baterías recargables son cada vez más seguras con una mejor vida útil que permite que las personas comiencen a construir sistemas de baterías más grandes para aplicaciones de mayor potencia, tales como sistemas domésticos de ahorro de energía o incluso aplicaciones de vehículos eléctricos. Sin embargo, dado que el aumento de tamaño significa que se conectan más celdas de baterías en serie y en paralelo, la vida útil del sistema de baterías resultante se vuelve impredecible o incluso poco confiable. Un ejemplo son las celdas de baterías construidas con material de óxido de fósforo de hierro y litio ($\text{LiFe}_{(1-x)}\text{M}_x\text{P}_{(1-x)}\text{O}_{2(2-x)}$) previamente patentadas como cátodo. Aunque la batería única realiza fácilmente 1000 ciclos con más de un 80% de la capacidad restante, el aumento de tamaño (con más celdas de batería conectadas en serie y en paralelo) podría presentar la vida útil de todo el sistema de batería, desde varias decenas de ciclos hasta miles de ciclos. La clave para la mejora de la vida útil es el balance de la capacidad de las celdas de la batería que puede implementarse durante cada carga. Desde esta perspectiva, el equilibrio de celdas de la batería depende en gran medida del control de colaboración que se implementa en las celdas de la batería y del procedimiento de carga que se utiliza. En la presente invención, se introduce un sistema de baterías describiendo unas restricciones y unos controles adecuados sobre las celdas de la batería y el cargador o sistema de carga que garantiza la mejor implementación del equilibrio de celdas de la batería que da lugar a una vida útil prolongada de todo el sistema de batería.

OBJETIVO DE LA INVENCION

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de baterías que contenga paquetes de baterías y un cargador (o sistema de carga) que haga que los paquetes de baterías presenten un rendimiento sobresaliente con una vida útil prolongada. En este sistema de baterías descrito, no se requieren unas restricciones de voltaje constante o carga de corriente constante, como es necesario para las baterías de iones de litio convencionales.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

5 La invención está definida por las reivindicaciones independientes 1, 12 y 13. Las realizaciones, aspectos, y/o ejemplos de la presente descripción que no están cubiertos por las reivindicaciones adjuntas se consideran que no forman parte de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10 La invención será más clara a partir de la siguiente descripción de la misma la cual se muestra, sólo a modo de ejemplo, en los dibujos que se acompañan, en los cuales:

Las figuras 1a-e son ilustraciones esquemáticas de diversas realizaciones de conjuntos de baterías de la invención;
 La figura 2a es una ilustración esquemática de un conjunto de baterías de la invención con un dibujo ampliado de un
 15 circuito de auto-descarga de la invención;
 La figura 2b es una ilustración esquemática del conjunto de baterías de la invención con un dibujo ampliado de otra realización de un circuito de auto-descarga de la invención;
 La figura 3 es una ilustración esquemática del conjunto de baterías de la invención que tiene el circuito de auto-descarga dispuesto en una carcasa de la batería;
 20 La figura 4 es una ilustración esquemática de un sistema de suministro de energía eléctrica que tiene conjuntos de baterías de la invención;
 Las figuras 5a-e son ilustraciones esquemáticas de paquetes de baterías que tienen conjuntos de baterías de la invención;
 Las figuras 6a-e son ilustraciones esquemáticas de paquetes de baterías que tienen conjuntos de baterías de la
 25 invención que difieren de los de las figuras 5a-e;
 Las figuras 7a-e son ilustraciones esquemáticas de paquetes de baterías que tienen conjuntos de baterías de la invención que difieren de los de las figuras 5a-e y 6a-e;
 Las figuras 8a-e son ilustraciones esquemáticas de paquetes de baterías que tienen conjuntos de baterías de la invención que difieren de los de las figuras 5a-e, 6a-e y 7a-e;
 30 La figura 9 es una ilustración esquemática de un conjunto de baterías que tiene conjuntos de batería de la invención;
 La figura 10 es una ilustración esquemática de un sistema de baterías que tiene conjuntos de batería de la invención, tal como se describe en el ejemplo 3; y
 La figura 11 es una ilustración esquemática de un sistema de baterías que tiene conjuntos de batería de la invención, tal como se describe en el ejemplo 5.
 35 La figura 12 es una ilustración esquemática de un sistema de baterías que tiene conjuntos de batería de la invención, tal como se describe en el ejemplo 6; y
 Las figuras 13 (a)-(d) muestran resultados experimentales para el Ejemplo 6.
 La figura 14 es un diagrama de flujo de un dispositivo de la presente invención para controlar las celdas, conjuntos de celdas, o paquetes de auto-descarga.
 40 La figura 15 es un diagrama de flujo de una placa de control de sobrecarga/sobredescarga de la invención con una función de reanudación.
 La figura 16 (a)-(d) muestran resultados experimentales para el Ejemplo 7.
 La figura 17 es la capacidad de descarga del sistema de baterías introducido en el Ejemplo 7.

45 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención es especialmente importante para resolver los problemas causados por las baterías conectadas en serie. Un problema de desequilibrio de celdas durante la carga puede aliviarse creando un dispositivo
 y unos procedimientos que permitan la fuga de corriente (energía) de las baterías que se cargan. En lugar de utilizar
 50 dispositivos muy costosos o maneras de evitar la sobrecarga, para lograr la ecualización de la batería, tal como se encuentra en los dispositivos y procedimientos de la técnica anterior, la presente invención utiliza un procedimiento y un dispositivo que reduce la corriente suministrada a una batería en el circuito en serie que se está sobrecargando.
 Dicho procedimiento y dispositivo pueden implementarse para cada batería o conjunto de baterías o paquete de baterías que se conecten en serie. Para una sola unidad de batería, puede denominarse "una batería" o "una celda".
 55 La terminología "conjunto de baterías" o "conjunto de celdas" que se utiliza en toda la memoria significa una pluralidad de baterías conectadas en paralelo, o en serie, o en paralelo-en serie, o en serie-en paralelo. La terminología "paquete de baterías" o "paquete de celdas" que se utiliza en toda la memoria significa una pluralidad de conjuntos de baterías conectados en paralelo, o en serie, o en paralelo-en serie, o en serie-en paralelo. El término "conjunto" utilizado en toda la memoria significa una batería (o una celda), un conjunto de baterías (o un conjunto de celdas), o un paquete de baterías (o un paquete de celdas) acompañado de unos medios para la auto-
 60 descarga de la(s) batería(s) (o celda(s)), conjunto(s) de baterías (o conjunto(s) de celda(s)) o paquete(s) de baterías (o paquete(s) de celdas)) cuando la(s) batería(s) (o celda(s)) se está(n) sobrecargando.

En la presente invención, una batería o baterías se auto-descargan cuando se sobrecargan. Dado que cada batería, conjunto de baterías, o paquete de baterías cuentan con unos medios de "auto-descarga", cuando el voltaje alcanza un parámetro predeterminado durante la carga, o incluso después de la carga, puede eliminarse un problema de equilibrio de celdas.

La figura 1 (a) muestra la estructura de un "conjunto de batería". La figura 1(b) muestra la estructura de un "conjunto de grupos de baterías en paralelo"; la figura 1(c) muestra la estructura de un "conjunto de grupos de baterías en serie"; la figura 1(d) muestra la estructura de un "conjunto de grupos de baterías en paralelo-en serie"; y la figura 1(e) muestra la estructura de un "conjunto de grupos de baterías en serie-en paralelo". Estos conjuntos son las unidades básicas que se utilizan para proporcionar el paquete de baterías. En estas figuras, así como en el resto, una batería recargable individual se indica en 1, y un circuito para auto-descargar la batería recargable se indica en 3.

El presente procedimiento para resolver el problema de desequilibrio de celdas se muestra en la figura 2 (a). Tal como se indica en la figura 2 (a), cada batería está conectada a un dispositivo 2 en paralelo con la batería. Dicho dispositivo está compuesto por un elemento de conmutación 6, un elemento de resistencia 7, un elemento de detección de voltaje 5a, y un controlador del elemento de conmutación 5b que abre o cierra el elemento de conmutación 6. El elemento de detección de voltaje detecta el voltaje de la batería y, junto con el controlador del elemento de conmutación, controla el estado "abierto" o "cerrado" del elemento de conmutación. El elemento de conmutación, el elemento de resistencia, el elemento de detección de voltaje y el controlador del elemento de conmutación pueden estar dispuestos en una placa de circuito impreso. Sin embargo, dado que un transistor puede funcionar como una combinación de un elemento de detección de voltaje, un controlador, un elemento de conmutación y un elemento de resistencia, el dispositivo mostrado en la figura 2(a) puede ser reemplazado por un transistor, o una pluralidad de transistores conectados en paralelo (para ajustar la resistencia). Otras posibilidades son un transistor 8 conectado a un a resistor 7 en serie tal como se muestra en la figura 2(b). En el caso del transistor y el resistor conectados en serie tal como se indica en la figura 2(b), la resistencia del resistor debe ser pequeña para minimizar la caída de tensión provocada por la resistencia, afectando así a la detección de voltaje del transistor. La configuración de la figura 2(b) también puede ser aplicable a diodos tales como LEDs, o a una placa de circuito impreso que consista únicamente en el elemento de conmutación y el controlador.

Cuando las baterías están cargadas, si el voltaje de una de ellas está por encima de un límite superior predeterminado, el elemento de conmutación del dispositivo conectado eléctricamente en paralelo a la batería se cierra, lo que permite que la corriente pase a través de la resistencia. Por lo tanto, la corriente de carga para la batería que pasó el límite superior de voltaje predeterminado disminuye, debido a la presencia del dispositivo conectado en paralelo a la batería. Tal disminución se muestra en el Ejemplo 1, a continuación. Bajo tal condición, otras baterías se cargan en un flujo de corriente normal, pero la que pasó el límite de voltaje superior tiene una acción de carga disminuida. Se trata de un mecanismo básico de la invención para prevenir la sobrecarga de la batería. Cabe mencionar que el elemento de resistencia puede ser cualquier componente electrónico que posea una resistencia satisfactoria. Por ejemplo, puede utilizarse una bombilla como fuente de resistencia.

Los elementos del dispositivo pueden estar en un chip semiconductor 2, que puede estar dispuesto en cualquier lugar cerca de la batería. La figura 3 muestra una posibilidad de que el chip semiconductor 2 esté incorporado en la tapa de una carcasa de una batería. También, por ejemplo, el chip puede disponerse entre el cátodo (la carcasa) 11 y el ánodo (el terminal negativo) 12. También, el chip puede estar colocado en el interior de la carcasa de la caja de la batería.

El resistor puede ser variable si se necesita un control más preciso de la resistencia. Los detalles del cambio de corriente para cada batería durante la carga se describen a continuación:

Ejemplo 1, demostración teórica de cómo puede lograrse la ecualización de celdas

Supuestos:

1. Cuatro conjuntos de baterías están conectados en serie tal como se indica en la figura 2(a).
2. Las baterías (1), (3), (4) tienen una resistencia interna de 5 mOhm, la batería (2) tiene una resistencia interna de 10 mOhm.
3. Las baterías (1), (3), (4) tienen un voltaje de circuito abierto de 3,3V, la batería (2) tiene un voltaje de circuito abierto de 3,6V.
4. Para cada conjunto de batería, se conecta una resistencia de 1,0 Ohm en paralelo a la batería.
5. Se aplica una fuente de alimentación de 15V a los cuatro conjuntos de batería conectados en serie.

Cálculo Caso 1 (cuando los resistores en paralelo están todos abiertos):

Durante la carga de los cuatro conjuntos de baterías, el voltaje de cada batería puede representarse como:

- 5 Batería (1): $V_1 = V_{01} + I_1 R_1$, V_1 es el voltaje de la batería (1) durante la carga, V_{01} es el voltaje de circuito abierto de la batería (1), I_1 es la corriente que pasa por la batería (1) y R_1 es la resistencia interna de la batería (1).
 Batería (2): $V_2 = V_{02} + I_2 R_2$,
 Batería (3): $V_3 = V_{03} + I_3 R_3$,
 Batería (4): $V_4 = V_{04} + I_4 R_4$,

10 Dado que no hay otras resistencias conectadas, $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I$

$$15 = (V_1 + V_2 + V_3 + V_4) = (V_{01} + V_{02} + V_{03} + V_{04}) + I (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$$

$$15 - (V_{01} + V_{02} + V_{03} + V_{04}) = I (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$$

15 $15 - 3,3 - 3,6 - 3,3 - 3,3 = I (0,005 + 0,01 + 0,005 + 0,005)$

$I = 60 \text{ Amp}$ -- La corriente que pasa por cada batería

Cálculo Caso 2, (cuando el circuito resistor en paralelo está cerrado para la batería (2)):

20 Supóngase que I' es la corriente que pasa por la resistencia y R' es la resistencia del resistor.

Entonces,

25 $V_2 = I' R'$, $I' = V_2 / R'$
 $V_2 = V_{02} + I_2 R_2$,

Teniendo en cuenta el equilibrio de corriente: $(I' + I_2) = I_1 = I_3 = I_4 = I$

30 Con lo que,

$$V_2 = V_{02} + (I - I') R_2 = V_{02} + (I - V_2 / R') R_2$$

Reorganizando, se obtiene entonces

35 $V_2 = (V_{02} + I R_2) / (1 + R_2 / R')$

Por lo tanto,

40 $15 = (V_1 + V_2 + V_3 + V_4) = (V_{01} + V_{03} + V_{04}) + I (R_1 + R_3 + R_4) + (V_{02} + I R_2) / (1 + R_2 / R')$

De modo que,

45 $I = 61,672 \text{ (A)}$,
 $V_2 = (V_{02} + I R_2) / (1 + R_2 / R') = 4,175 \text{ (V)}$,
 $I' = V_2 / R' = 4,175 \text{ (A)}$,
 $I_2 = I - I' = 57,497 \text{ (A)}$

Si sustituimos un resistor de 10 Ohm, entonces

50 $I = 60,168 \text{ (A)}$,
 $V_2 = V_{02} + (I - V_2 / R') R_2 = 4,1975 \text{ (V)}$,
 $I' = V_2 / R' = 0,4198 \text{ (A)}$,
 $I_2 = I - I' = 59,748 \text{ (A)}$

55 Conclusiones de los cálculos:

1. Respecto al conjunto de baterías de la figura 2(a), cuando el interruptor del resistor en el circuito paralelo está cerrado, la corriente pasa a través del resistor, y la corriente de carga para la batería (2) disminuye.
 60 2. Mientras que el interruptor del circuito de resistencia en paralelo está cerrado para el conjunto de baterías de la figura 2(a), la corriente de carga para otras baterías (1, 3, 4) aumenta.
 3. La resistencia del resistor determina la magnitud de la disminución de corriente para la batería (2). Cuanto menor sea la resistencia, mayor será la magnitud de la disminución de la corriente.

4. Por lo tanto, la idea de incorporar un resistor con cada batería conectada en serie es efectiva para equilibrar la capacidad de todas las baterías al disminuir la corriente de carga de la batería que tiene una mayor capacidad y al aumentar la corriente de carga de las otras baterías que tienen una menor capacidad.

5. Está claro que la resistencia conectada en paralelo con la batería debe poseer una función satisfactoria de balance de celdas. Cualquier dispositivo o componente electrónico que cumpla la función de detección de voltaje y que proporcione la fuente de resistencia se encuentra dentro del objetivo de la presente invención.

Ejemplo 2, cálculo teórico que demuestra un procedimiento para cargar un conjunto de batería

10 Supuestos:

1. Cuatro conjuntos de baterías están conectados en serie, tal como se indica en la figura 2(a).
2. Las baterías (1), (3), (4) tienen una resistencia interna de 5 mOhm, la batería (2) tiene una resistencia interna de 10 mOhm.
- 15 3. Las baterías (1), (3), (4) tienen un voltaje de circuito abierto de 3,3V, la batería (2) tiene un voltaje de circuito abierto de 3,6V.
4. Las baterías (1), (2), (3) y (4) se encuentran sometidas a una carga de corriente constante. La corriente es 2A.
5. Para fines de demostración, la batería que se está investigando, la batería (2), un resistor de 1,0 Ohm está conectado en paralelo a la batería y el interruptor del circuito está cerrado.

20 Cálculos:

Teniendo en cuenta el equilibrio de corriente: $(I' + I_2) = I_1 = I_3 = I_4 = 2(A)$
 $V_2 = V_{02} + (I - I')R_2 = V_{02} + (I - V_2/R')R_2$

25 Reorganizando, se obtiene entonces

$$V_2 = (V_{02} + IR_2)/(1 + R_2/R')$$

30 Sustituyendo $V_{02} = 3,6 (V)$, $I = 2 (A)$, $R_2 = 0,01 \text{ Ohm}$, $R' = 1 \text{ Ohm}$

Se obtiene:

35 $V_2 = 3,5842 (V)$
 $I' = V_2/R' = 3,5842(A)$,
 $I_2 = I - I' = 2 - 3,5842 = -1,5842 (A) < 0$

Conclusiones de los cálculos:

- 40 1. La batería que está sobrecargada experimentará una descarga si la corriente del circuito (I) es menor que la corriente que pasa por el resistor (I'). Es decir, $(I - I' < 0)$.
2. Cuando las baterías que están sobrecargadas se descargan, puede obtenerse un equilibrio de celdas.
3. Combinando los resultados de cálculo que se muestran en los Ejemplos 1 y 2, también puede concluirse que el procedimiento de carga de equilibrio de celdas puede implementarse como un modo de voltaje constante (pero el tiempo de carga requerido debe ser mayor que el tiempo requerido para la condición de $I < I'$), o un modo de corriente constante al pasar una corriente (I) que sea menor que la corriente que pasa por el resistor (I').
- 45 4. Además, puede concluirse que el cargador puede diseñarse para que tenga dos modos de carga. Un modo es el modo de carga de corriente constante/voltaje constante normal para un uso normal de un sistema de baterías (el final de la carga se ejecuta estableciendo un cierto tiempo de carga). El otro modo es el modo de equilibrio de celdas (carga de corriente constante) que puede utilizarse cuando un sistema de baterías posee menos capacidad que su uso normal.

Ejemplo 3, un paquete de baterías y un sistema de baterías

- 55 Tal como se ha mencionado anteriormente, un paquete de baterías puede estar compuesto por grupos de baterías o conjuntos de grupos de baterías tal como se muestra en la figura 1(a)-(e). En la presente invención, un paquete de baterías también puede conectarse a un circuito en paralelo que contiene un elemento de conmutación, un elemento de detección de voltaje, un controlador, y un elemento de resistencia para formar un "conjunto de paquetes de baterías". Las posibles estructuras de paquetes de baterías construidas utilizando conjuntos de grupos de baterías se muestran en las figuras 5(a)-(e), las figuras 6(a)-(e), las figuras 7(a)-(e), y las figuras 8(a)-(e). Estas figuras representan las cinco estructuras unitarias mostradas en las figuras 1(a)-(e) que están conectadas en varias disposiciones de circuito. En serie (figuras 5(a)-(e)), en paralelo (figuras 6(a)-(e)), en paralelo-en serie (figuras 7(a)-(e)), y en serie-en paralelo (figuras 8(a)-(e)). Cada uno de los casos mostrados en las figuras 5, 6, 7, y 8 pueden

combinarse nuevamente con un circuito en paralelo que contiene el elemento de conmutación, el controlador, el elemento de detección de voltaje, y el elemento de resistencia para formar un "conjunto de batería". En la figura 9 se muestra un ejemplo de un "conjunto de batería".

Al igual que en el caso de un paquete de baterías que se compone de conjuntos de baterías o conjuntos de grupos de baterías, un sistema de baterías se compone de paquetes de baterías o conjuntos de paquetes de baterías. De nuevo, las posibles estructuras de un sistema de baterías construido con conjuntos de paquetes de baterías pueden ser en serie, en paralelo, en serie-en paralelo y en serie-en paralelo. En la figura se muestra 10 un ejemplo de un "sistema de baterías".

Se describe aquí un caso práctico, que es un ejemplo del sistema de baterías para una motocicleta eléctrica. Haciendo referencia a la figura 10, una motocicleta eléctrica típica utiliza un sistema de baterías que tiene 53V y 40Ah. El sistema de baterías consta de cuatro paquetes de baterías (13,3V) conectados en serie. Cada uno de los paquetes de baterías consta de cuatro grupos de baterías de litio y hierro (3,33V) conectados en serie. Y, cada uno de los conjuntos de baterías consta de cuatro baterías de 10Ah conectadas en paralelo. En este caso, la mejor estructura del sistema de baterías es la utilización de los conjuntos de paquetes de baterías y los conjuntos de grupos de baterías, como bloques de construcción para el sistema de baterías. En tal disposición, puede evitarse la sobrecarga de los paquetes de baterías y la sobrecarga de los conjuntos de baterías. Si el sistema de baterías se construye utilizando conjuntos de paquetes de baterías, pero los conjuntos de paquetes se construyen sólo con conjuntos de baterías, es posible que se produzca una sobrecarga en el conjunto de baterías después de un ciclo prolongado. Si el sistema de baterías se construye utilizando sólo paquetes de baterías y los paquetes de baterías se construyen utilizando conjuntos de baterías en lugar de conjuntos de baterías, puede producirse un desequilibrio de celdas acompañado de una sobrecarga durante la carga.

Ejemplo 4, un sistema de alimentación eléctrica preferido

Un sistema de alimentación eléctrica es la integración de componentes que incluyen un cargador 4, un sistema de baterías (paquetes o grupos), una placa de control 10, y un disyuntor 9, tal como se muestra en la figura 4. Nuevamente, cuatro conjuntos de baterías de la invención están conectados en serie como ejemplo más simple de demostración. Haciendo referencia a la figura 4, puede apreciarse que cada batería está conectada en paralelo con un circuito que consta de componentes tal como se muestra en la figura 2(a) o la figura 2(b). Una placa de control está conectada con unos conductores eléctricos a cada terminal de cada una de las baterías. Esos conductores eléctricos sirven como medio para proporcionar detección de voltaje. El otro extremo de la placa de control está conectado a un disyuntor. El cargador está conectado directamente a los dos extremos de las baterías conectadas eléctricamente en serie. Durante una carga normal (corriente constante/voltaje constante), si alguna de las baterías supera un voltaje de sobrecarga predeterminado, la placa de control envía una señal al disyuntor para que finalice la carga. De manera similar, durante dicha descarga, si alguna de las baterías está por debajo del voltaje de terminación predeterminado, la placa de control envía una señal al disyuntor para la terminación de la descarga. Estas dos acciones sirven como protección de las baterías para evitar una sobrecarga y una sobredescarga. Durante la carga normal, se permite un período de tiempo predeterminado para la acción de carga (por ejemplo, la terminación a las 1,5 horas después de la carga de voltaje constante). En ese momento, las baterías pueden estar más o menos equilibradas. Sin embargo, las baterías podrían equilibrarse después de varias cargas, o simplemente comenzando un modo de carga de equilibrio (constante de corriente y carga de corriente pequeñas, amplitud de corriente $I < I'$), para permitir una carga de corriente constante hasta que todas las baterías estén equilibradas.

En el presente caso, la placa de control puede ser un dispositivo muy simple para detectar los voltajes de cada batería conectada en serie y enviar señales al interruptor de circuito para cargar o descargar la terminación de la acción. La simplicidad de la placa de control se ve así beneficiada por las características de las baterías de la invención, ya que poseen fugas de corriente durante la carga. En la presente invención, la desconexión de la carga se realiza preferiblemente mediante un relé electromagnético que desconecta la entrada o salida de alimentación. Este relé electromagnético preferiblemente no requiere consumo de energía durante el estado inactivo, y una señal de pulso generada por el panel de control determina el estado de cierre y apertura del relé y, por lo tanto, el encendido y apagado de la carga de la batería.

Ejemplo 5, procedimientos para lograr la ecualización de celdas tal como se describe en el Ejemplo 1

Haciendo referencia a la figura 11, en el presente ejemplo, se utilizan un total de ocho baterías de hierro y litio de 10 Ah para demostrar el procedimiento de carga y la característica de equilibrio de celdas de las baterías durante la carga. Se conectan primero dos celdas en paralelo para formar un conjunto de baterías en paralelo. Cada conjunto de baterías se conecta, a continuación, a un circuito (una placa de circuito impreso, por ejemplo) conectado eléctricamente en paralelo al conjunto de baterías para formar un conjunto de baterías. Cuatro conjuntos de baterías se conectan en serie. En el presente caso, el primer conjunto, el segundo conjunto, el tercer conjunto, y el cuarto conjunto se han nombrado para los cuatro conjuntos de grupos de baterías conectados en serie para mayor claridad.

Los cuatro conjuntos de grupos se cargan primero totalmente al 100%. El primer conjunto de grupos de baterías se somete después a una descarga de un 10% de su capacidad (2 Ah). Después de este procedimiento, los cuatro conjuntos de grupos de baterías se conectan en serie y esta configuración se conoce como paquete de baterías. El voltaje de activación de auto-descarga predeterminado se establece en 3,75V en el presente caso. El circuito de auto-descarga que es paralelo a cada grupo de baterías tiene una resistencia de 2 Ohmios. Después de los procedimientos mencionados anteriormente, el paquete de baterías se somete a una carga de corriente constante de 1,7A. Los cambios de voltaje en función del tiempo para cada conjunto de baterías se muestran en la Tabla I. En la Tabla I, puede verse que el 2º, 3º, y 4º conjunto de baterías tuvo un aumento de voltaje más allá de 3,75V en el estado inicial. 5 minutos después, el 2º, 3º, y 4º conjunto de grupos de baterías volvió a estabilizarse a 3,75V. En este momento, la corriente que pasa a través de la resistencia se mide en 1,8A.

El 1er conjunto de grupos de baterías aumenta su voltaje gradualmente a 3,75V después de 80 minutos y éste es el final de la acción de equilibrio de carga. En el presente experimento, I (corriente de alimentación) está configurada para que sea menor que I' (resistor de paso de corriente). Como resultado, los voltajes para el 2º, 3º, y 4º grupo de conjuntos de baterías se estabilizaron a 3,75V durante la carga. Los equilibrios completos de los cuatro grupos de conjuntos de grupos de baterías se lograron después de un cierto período de tiempo. Se observó que si la corriente I está configurada para que sea ligeramente mayor que la corriente I' (1,8 A en este caso), y los voltajes del 2º, 3º, y 4º grupos de baterías podrían ser mayores de 3,75V durante la carga de corriente constante. Sin embargo, si la carga de voltaje constante se establece en 15V como carga de segunda etapa, puede observarse una disminución de voltaje del 2º, 3º, y 4º grupos de baterías (cuando la corriente I comienza a disminuir por debajo de la corriente I') y los cuatro grupos de conjuntos de grupos de baterías pueden equilibrarse eventualmente, pero requieren más tiempo.

Además de la configuración y el mecanismo de auto-descarga descritos anteriormente, existe otra característica que puede integrarse a la configuración de auto-descarga tal como se muestra en las figuras 2(a) y 2(b) añadiendo un temporizador (contador de tiempo) o un contador de carga que controla la cantidad de cargas que se descargan automáticamente en ciertas condiciones. La idea central de añadir un temporizador o un contador de carga es resolver el problema de las baterías, los grupos de baterías, o los paquetes de baterías que están conectados en serie que no pueden cargarse con una carga de voltaje constante prolongada, es decir, cuando el cargador o cualquier medio de carga (por ejemplo, carga de un aerogenerador o turbina solar) no proporciona una carga de voltaje constante larga y constante. Para equilibrar las baterías conectadas en serie, sin la presencia de una carga de voltaje constante prolongada, la configuración de auto-descarga presenta un temporizador. La función del temporizador es configurar una cierta cantidad de carga en una batería para que se descargue automáticamente cuando se den determinadas condiciones. Mientras las baterías se sobrecargan a un voltaje predeterminado V', se activa el mecanismo de auto-descarga. La acción de auto-descarga continúa hasta que el voltaje de la batería cae por debajo del voltaje predefinido V' y después el temporizador se activa para una auto-descarga adicional durante un cierto período de tiempo (por ejemplo, un 2% de la capacidad de la batería, que es el tiempo requerido para descargar la batería un 2% de su capacidad). Aunque se da un 2% como cantidad preferida, en la práctica de la invención es posible una cantidad de descarga de entre aproximadamente un 2% y un 20% de la capacidad de la batería. Las ventajas de este procedimiento incluyen las siguientes: (1) Esta configuración de auto-descarga demorada ofrece las funciones descritas anteriormente en relación con el Ejemplo 5 anterior, es decir, cuando cualquiera de los conjuntos de grupos de baterías que se conectan en serie se somete a una auto-descarga cuando el voltaje supera el voltaje preestablecido V', todos los conjuntos de grupos de baterías que se conectan en serie se equilibrarán eventualmente después de una carga de voltaje constante prolongada; (2) condiciones de carga inestables, tal como la carga de una fuente de alimentación de energía renovable (por ejemplo, paneles solares, o aerogeneradores, etc.), o cualquier otro tipo de cargadores que no ofrezcan una carga de voltaje constante prolongada seguirán siendo útiles para cargar las baterías mientras se mantiene el rendimiento (función) del equilibrio de celdas de la batería. Esto puede realizarse utilizando los mismos conjuntos de grupos de baterías descritos en el Ejemplo 5 anterior, como ejemplo, que se carga a un determinado voltaje y se realiza una desconexión sin carga de voltaje constante. Los conjuntos de baterías que se conectan en serie que ya han superado el límite de voltaje predeterminado V' se mantendrán descargados y se realizará una auto-descarga adicional, incluso cuando el voltaje de la batería cae por debajo del voltaje predeterminado V'. Debido a una auto-descarga adicional realizada en aquellos conjuntos de baterías que ya superaban el voltaje predefinido V', la diferencia de capacidad entre los que superaban V' antes de la desconexión (con la auto-descarga activada) y los que se encontraban por debajo de V' antes de la desconexión (sin que se active la auto-descarga) tendrán una capacidad más igualada si el tiempo utilizado para la carga de voltaje constante es insuficiente; y (3) La carga de voltaje constante puede reemplazarse por varios procedimientos de carga de desconexión de voltaje, tal como se explicará con más detalle en el Ejemplo 6 a continuación.

Ejemplo 6, procedimiento para obtener la ecualización de celdas de batería sin carga de voltaje constante prolongada

El propósito del presente ejemplo es demostrar la necesidad de la función de retardo de tiempo de la invención para la configuración de auto-descarga que logra una condición de equilibrio de celdas de batería sin tener un tiempo prolongado para la carga de voltaje constante.

Haciendo referencia a la figura 12, en el presente ejemplo, se utilizan un total de cuatro baterías de hierro y litio de 10Ah para demostrar el procedimiento de carga y la característica de equilibrio de celdas de batería durante la carga. Cada batería 1 está conectada a un circuito 2 conectado eléctricamente en paralelo a la batería para formar un conjunto de baterías 3. Cada circuito 2 contiene un detector de voltaje 5a, un resistor de 10 Ohmios 7 y un temporizador 13, que permite la descarga automática de la batería cuando el voltaje de la batería es mayor o igual a 3,65 V, seguido de una descarga adicional durante un período de tiempo de 15 minutos cuando el voltaje de la batería desciende por debajo de 3,65V. Se conectan en serie cuatro conjuntos de baterías. En el presente ejemplo, los 4 conjuntos de baterías de la figura 12 tienen baterías numeradas (1), (2), (3) y (4). Los cambios de voltaje en función del tiempo para cada conjunto de baterías se muestran en las figuras 13(a) a 12(d). En la figura 13(e) se muestra la corriente en función del tiempo para el paquete de baterías, que contiene los cuatro conjuntos de baterías en serie. Los cuatro conjuntos de baterías se cargan primero al 100% de su capacidad y se equilibran inicialmente ($3,65V \pm 0,03V$ tal como puede apreciarse en las figuras 13(a) a 13(d)). El primer conjunto de baterías (batería (1)) se somete después a una descarga de un 6,6% de su capacidad (0,66 Ah) utilizando una resistencia de 5 Ohm durante una hora. Después de este procedimiento, la batería que contiene los cuatro conjuntos de baterías conectados en serie se somete a una carga de voltaje constante establecida en 14,7V. Sin embargo, el cargador está configurado para desconectarse cuando el conjunto de baterías se carga por encima de 3,70V. A partir de las figuras 13(a) a 13(d) puede apreciarse que el 2º, 3º, y el 4º conjunto de baterías (baterías (2), (3) y (4)) aumentan de voltaje rápidamente tan pronto como el cargador comienza a cargar. El cargador deja de cargar casi inmediatamente después de activarse. Sin embargo, dado que el 2º, 3º, y el 4º conjunto de baterías activó el voltaje de auto-descarga predeterminado a 3,65 V, se observa una caída de voltaje continua para cada uno de ellos, incluso después de la desconexión del cargador. En comparación con el 2º, 3º, y el 4º conjunto de baterías, el primer conjunto de baterías no tiene descarga automática después de la desconexión, por lo que se se observa un perfil de voltaje más plano. Después de 8 ciclos de carga, se observa que el primer conjunto de baterías se convierte en el único que realiza la auto-descarga (aumenta a más de 3,65 V en voltaje) y desconecta el proceso de carga cuando supera los 3,70V. Este resultado sugiere que el equilibrio de celdas puede lograrse con carga múltiple estableciendo el voltaje como una desconexión. Una recuperación de un 6,6% de la diferencia de capacidad de la batería puede compensarse con múltiples etapas de carga con la utilización de una configuración de auto-descarga de la batería con retardo. Con una carga adicional de las cuatro baterías en serie a 14,7V con la eliminación de la configuración de auto-descarga en cada batería, se obtiene una capacidad de entrada total de un 3,7% a corriente 0. Esto implica que todas las baterías están casi cargadas completamente después de 8 cargas consecutivas, incluso sin la presencia de una carga de voltaje constante prolongada. De acuerdo con los resultados experimentales mostrados, no existe una limitación rígida de qué componentes se utilizan para el mecanismo de auto-descarga con retardo. Cualquier circuito integrado, transistor, o incluso configuraciones que integren componentes, incluyendo sensor de voltaje, resistencia, y temporizador o contador de carga, pueden alcanzar el objetivo de equilibrar las baterías conectadas en serie sin una carga de voltaje constante prolongada.

Aunque el Ejemplo 6 es para cuatro conjuntos de baterías conectados en serie tal como se muestra en la figura 12, el procedimiento de la invención se aplica a baterías dispuestas tal como se muestra en las figuras 5(a)-11, y versiones ampliadas de esas disposiciones.

TABLA I. Voltaje frente al tiempo para cada grupo de baterías.

Prueba de carga de equilibrio de celdas de litio y hierro 40138 de 12V y 20 Ah

Carga de corriente constante (corriente = 1,7A)				
Número de grupo	1	2	3	4
Voltaje inicial (V)	3,344	3,354	3,348	3,35
Tiempo (minutos)	Voltaje para cada grupo (V)			
0	3,401	3,883	3,852	3,861
5	3,457	3,761	3,757	3,759
10	3,462	3,752	3,761	3,762
15	3,473	3,753	3,755	3,757
20	3,481	3,756	3,751	3,754
30	3,499	3,759	3,752	3,757
40	3,558	3,753	3,756	3,755
50	3,633	3,758	3,754	3,756
60	3,757	3,751	3,753	3,754
70	3,752	3,757	3,756	3,752
80	3,759	3,751	3,754	3,755

Tal como se ha mencionado anteriormente, para una sola unidad de batería, puede denominarse "una batería" o "una celda". La terminología "conjunto de baterías" o "conjunto de celdas" que se utiliza en toda la memoria significa una pluralidad de baterías conectadas en paralelo, o serie, o en paralelo-en serie, o en serie-en paralelo. La terminología "paquete de baterías" o "paquete de celdas" que se utiliza en toda la memoria significa una pluralidad de grupos de baterías conectados en paralelo, o en serie, o en paralelo-en serie, o en serie-en paralelo. El término "conjunto" utilizado en toda la memoria significa una batería (o una celda), un conjunto de baterías (o un conjunto de celdas), o un paquete de baterías (o un paquete de celdas) acompañado de unos medios para auto-descarga de la(s) batería(s) (o celda(s), grupo(s) de baterías (o grupo(s) de celdas o paquete(s) de baterías (o paquete(s) de celdas) cuando la(s) batería(s) (o celda(s)) se está(n) sobrecargando. Puede construirse un sistema de baterías utilizando uno o más paquetes de celdas. El sistema de baterías generalmente se refiere a la forma terminada que está lista para ciclos de carga/descarga.

En las siguientes tres primeras partes se presentan tres controles esenciales. La última parte (Parte IV) se utiliza para presentar la construcción de un sistema avanzado de baterías, ilustrándose algunos ejemplos.

Parte I. El equilibrador

El concepto más importante del equilibrador es el uso de un control dual de voltaje y tiempo para descargar las celdas. La figura 14 muestra el diagrama de flujo de un equilibrador típico que descarga las celdas. Un (o varios) IC (circuito(s) integrado(s)) está(n) diseñado(s) para controlar los voltajes de cada celda y el tiempo para descargar cada celda. Un ejemplo típico es un IC en una placa de circuito impreso que controla ocho canales simultáneamente. Cada voltaje del canal se controla de manera independiente y el tiempo de descarga de la celda también se mide de manera independiente. Tomando un canal como ejemplo: cuando el voltaje de una celda supera un voltaje umbral, se inicia una descarga de la celda. La actividad de descarga termina sólo cuando el voltaje de las celdas cae por debajo del voltaje umbral durante un período de tiempo determinado. La duración del tiempo puede configurarse desde unos pocos minutos hasta varias horas, según la aplicación. Un caso típico es que una celda con una capacidad nominal de 10 Ah comience a descargar la celda cuando el voltaje supera los 3,5V. Se utiliza un resistor externo de 10 ohmios para descargar la celda y la actividad de descarga termina cuando el voltaje cae por debajo de 3,5V durante 1 hora.

Parte II. La protección contra sobrecarga/sobredescarga

En la figura 15 se muestra un diagrama de flujo de protección de sobrecarga/sobrecarga típico para cada celda. De manera similar al equilibrador introducido en la Parte I, se designa un IC para controlar las condiciones de sobrecarga/sobredescarga para cada celda. Un ejemplo típico es un IC en una placa de circuito impreso que controla ocho canales simultáneamente. Cuando se cumple una condición de sobrecarga para una celda (típicamente 4,0V), se envía un pulso a un relé (generalmente un relé de bloqueo electromagnético) que termina la

entrada de corriente desde el cargador para evitar la sobrecarga de la celda. En el caso de aplicaciones de alto voltaje, tal como un vehículo híbrido enchufable que funciona a 300V o más, en lugar de utilizar un relé para la terminación inmediata de la actividad de carga, la señal de sobrecarga se envía a la ECU (unidad de control electrónico) del vehículo para terminar la actividad de carga para evitar dañar otros dispositivos eléctricos a bordo, tales como un motor o un grupo electrógeno.

Una característica más importante del control de sobrecarga que es esencial en la presente invención es la función de "reanudación automática" del relé. Un ejemplo típico es un IC que controla ocho canales simultáneamente: cuando se cumple una condición de sobrecarga para una de las celdas, se envía un pulso a un relé (generalmente un relé de bloqueo electromagnético) que termina la entrada de corriente del cargador para la prevención de sobrecarga de la celda. La carga se reanuda cuando "todos" los voltajes de las celdas caen a un voltaje predeterminado. Esto significa que la actividad de carga se reanuda cuando "todos" los voltajes de las celdas se encuentran por debajo de un voltaje predeterminado (véase la figura 15). Este voltaje típico podría ser de 3,4V para el caso de óxido de fósforo de hierro y litio u otro tipo de celdas LiFePO_4 .

Parte III. El cargador

Una característica más importante para la presente invención es el control del cargador. Convencionalmente, las celdas de iones de litio son adecuadas para un estado de carga que comienza en una etapa de carga de corriente constante, seguido de una etapa de carga de voltaje constante a un voltaje predeterminado durante un período de tiempo prolongado. En la presente invención, el cargador termina la actividad de carga cuando el voltaje llega a un valor predeterminado (típicamente un voltaje más elevado). Y se lleva a cabo una reanudación de la actividad de carga cuando el voltaje cae por debajo de otro valor predeterminado (generalmente un voltaje más bajo). También, puede haber un período de tiempo predeterminado). La característica de "terminación" y "reanudación" del cargador entre dos voltajes predeterminados implica que no es necesario realizar una carga de corriente constante en esta invención.

Al terminar y reanudar la actividad de carga, en lugar de desconectar el relé en el extremo de CC (extremo de salida de corriente) que puede generar un arco eléctrico al desconectarse, la terminación de la carga del cargador puede realizarse en el extremo de CA (extremo de entrada de corriente) del cargador. Dicho procedimiento ayuda a impedir que se desarrolle un arco eléctrico en el relé, mejorando así la seguridad y la vida útil del relé. Por ejemplo, en el caso de aplicaciones de alto voltaje tal como un vehículo híbrido enchufable que funciona a 300 V o más, la terminación de la carga debe realizarse en el extremo de CA del cargador por razones de seguridad. No obstante, la minimización de la corriente de carga a través de controles que permite llegar a un estado de "reanudación de voltaje" daría lugar al mismo resultado que la desconexión directa utilizando un relé.

Parte IV. El sistema de baterías

De acuerdo con la definición de un sistema de baterías tal como se ha indicado en la sección de antecedentes, un sistema de baterías es una combinación de uno o más paquetes de celdas (paquetes de baterías), listos para conectarse a un cargador. El siguiente ejemplo demuestra cómo un sistema de baterías funciona bien con un control adecuado de: 1. Mecanismo de descarga para equilibrado, 2. Protección de sobrecarga con función de reanudación, y 3. Terminales del cargador con característica desconexión y reanudación de alto voltaje (un voltaje o bien un período de tiempo predeterminado inferior).

Ejemplo 7, un sistema de baterías de 52V que comprende 2 paquetes de celdas en serie

En el presente ejemplo, se utiliza un sistema de baterías de 52V para demostración. Este sistema de baterías de 52V consta de dos paquetes de celdas en serie que presentan 26V para cada uno de ellos. Cada paquete de celdas contiene 8 conjuntos de celdas en serie con 8 celdas en paralelo en cada conjunto de celdas. Cada celda tiene una capacidad de 10Ah.

En este sistema de baterías, cada conjunto de celdas se descarga con una resistencia de 5 Ohm cuando el voltaje del conjunto de celdas excede los 3,5V. Cuando el voltaje del conjunto de celdas cae por debajo de 3,5V, se contará una duración de una hora y se realizará una terminación de la descarga al final de la descarga.

Para cada conjunto de celdas se establece un estado de sobrecarga en 4,15V. El voltaje de carga de reanudación se establece en 3,65V cuando "todos" los conjuntos de celdas controlados están por debajo de 3,65V. En este caso, se utiliza una placa de circuito impreso de sobrecarga/sobredescarga de ocho canales para controlar los voltajes establecidos de ocho celdas y realizar una "terminación de carga" y un "resumen de carga" a 4,15V (cuando cualquiera de los conjuntos alcanza este voltaje) y 3,65V (cuando los ocho conjuntos de celdas están por debajo de este voltaje) respectivamente. El relé activado por la placa de sobrecarga/sobredescarga se implementa en cada uno de los paquetes de celdas.

El cargador utilizado en este ejemplo es un cargador de batería de plomo ácido convencional que da una salida de potencia constante. En el presente caso, el voltaje de desconexión se establece en 56,5V y el voltaje de reanudación se establece en 53,8V. Cuando se llega al voltaje de desconexión, el relé dispuesto en el extremo de CA se abre (56,5V). De manera similar, cuando se llega al voltaje de reanudación (53,8V), el relé se cierra nuevamente.

Los paquetes de celdas se descargaron primero a un 0% de su capacidad. Uno de los conjuntos de celdas estaba precargado a un 10% de su capacidad nominal (8 Ah) antes de cargar los dos paquetes de celdas en serie. La figura 16(a) muestra el voltaje del sistema de baterías registrado, 16(b) la corriente de carga y 16(c) la capacidad del sistema de baterías. La figura 16(d) muestra el voltaje del conjunto de celdas precargadas a un 10% y uno de los conjuntos de celdas normales sin precarga para la comparación. Todas las figuras se muestran en la misma escala de tiempo para que las figuras puedan apilarse para realizar comparaciones. De la figura 16(a) a (d), pueden concluirse varios aspectos de la siguiente manera:

1. Se llega a un estado de desconexión a 4,15V establecido por la placa de sobrecarga/sobredescarga antes del voltaje de desconexión de 56,5V establecido por el cargador. Durante este período de tiempo, el estado del relé "cerrado" o "abierto" se determina primero por la placa de sobrecarga/sobredescarga tal como se muestra en cada figura indicada como "Carga controlada por la placa de sobrecarga/sobredescarga". El relé que se activa es el que se encuentra dispuesto en el módulo de baterías.

2. Durante el período de tiempo "Carga controlada por la placa de sobrecarga/sobredescarga", el voltaje total del conjunto de baterías aumenta gradualmente hasta el voltaje de desconexión del cargador. Cuando se llega a 56,5V, el relé del cargador comienza a dictar el proceso de carga. Esto se representa en cada figura (de la figura 16(a) a la 16(d)) indicado como "Carga controlada por el rango de voltaje predeterminado asignado al cargador". El relé que se activa durante este período es el que se implementa en el cargador.

3. Sin los equilibradores, no hay posibilidad de que la capacidad de la celda se equilibre durante el período de carga.

4. Sin la placa de sobrecarga/sobredescarga habrá posibilidades de que celdas se sobrecarguen durante la carga. Esto es obvio a partir de 3(a) cuando se llega a la desconexión de 4,15V cuando el voltaje del sistema de baterías es de sólo 55V. Si se fuerza al cargador a llegar a 56,5V, definitivamente se producirá un voltaje de la celda mayor de 4,15. Es importante tener en cuenta que es más probable se produzca la sobrecarga de la celda cuando se conectan en serie una gran cantidad de celdas (o conjuntos de celdas, o paquetes de celdas). Esto es especialmente grave para aplicaciones en vehículos eléctricos o híbridos enchufables (véase el Ejemplo 7).

5. Se hace posible, por lo tanto, un cargador que tiene una carga repetida sin las restricciones de un voltaje constante y una carga de corriente constante para las baterías de iones de litio sin correr el riesgo de "sobrecargar" cualquiera de las celdas.

El sistema de baterías que se está cargando tal como se muestra en la figura 16(a) a la figura 16(d) se descargó más tarde y en la figura 17 se muestra la capacidad en función del tiempo. Esto demuestra que una capacidad total de 80 Ah es recuperable después de recargas controladas repetidas.

Descripciones más completas de la presente invención:

1. Con los controles de a) Mecanismo de descarga para el equilibrado, b) Protección de sobrecarga con función de reanudación, y c) Terminales del cargador con una función de desconexión y reanudación de alto voltaje, puede utilizarse cualquier fuente de energía renovable con voltaje inestable y salida de corriente (o entrada para el sistema de baterías) para cargar el sistema de baterías sin correr el riesgo de dañar el sistema de baterías (por ejemplo, cargar las celdas o conjuntos de celdas) mientras se mantiene el equilibrio de las celdas o conjuntos de celdas en el sistema de baterías. En otras palabras, las fuentes de alimentación de energía renovable pueden ser una fuente de energía de carga para cargar el sistema de batería.

2. La terminación de la actividad de carga puede realizarse en el lado del sistema de baterías, en el lado del cargador (o en el lado de la salida de energía renovable), o en ambos dependiendo del diseño del sistema.

3. La terminación de la actividad de carga (sin carga) puede reemplazarse por una pequeña entrada de corriente. La magnitud de la corriente puede ser igual o menor que la corriente que descarga la celda o conjuntos de celdas. Sin embargo, los terminales del cargador con desconexión de alto voltaje (seguido de una magnitud de corriente limitada) y una función de reanudación (activada por un voltaje o bien un período de tiempo predeterminado inferior) aseguran que el sistema de baterías esté completamente cargado después de una repetición de cargas. Algunos detalles pueden encontrarse en la descripción del Ejemplo II.

Ejemplo 8, un sistema de baterías de 312V que comprende 6 paquetes de celdas en serie

En el presente ejemplo, se construye un sistema de baterías de 312V para demostración. Este sistema de baterías de 312V consta de seis paquetes de celdas en serie que presentan 52V para cada uno de ellos. Cada paquete de celdas contiene 16 conjuntos de grupos de celdas en serie con 3 celdas en paralelo en cada conjunto de celdas. Cada celda tiene una capacidad de 18Ah. Se almacena un total de 15kWh de energía para aplicaciones híbridas enchufables.

En este sistema de baterías, cada conjunto de celdas se descarga con una resistencia de 5 Ohm cuando el voltaje del conjunto de celdas supera los 3,5V. Cuando el voltaje del conjunto de celdas cae por debajo de 3,5V, se contará una duración de una hora y se realizará una terminación de la descarga al final de la descarga.

Para cada conjunto de celdas se establece una condición de sobrecarga en 4,15V. El voltaje de carga de reanudación se establece en 3,65V cuando "todos" los conjuntos de celdas controlados están por debajo de 3,65V. En este caso, dos de los ocho canales de la placa del circuito impreso de sobrecarga/sobredescarga se utilizan para controlar los voltajes establecidos de 16 celdas en cada paquete de celdas. Cuando cualquiera de los canales de la placa de sobrecarga/sobredescarga está bajo las condiciones de "terminación de carga" y "reanudación de carga" activadas a 4,15V (cuando alguno de los conjuntos llega a este voltaje) y 3,65V (cuando los ocho conjuntos de celdas están por debajo de este voltaje), respectivamente, la placa de sobrecarga/sobredescarga envía una señal a la ECU del vehículo. La ECU envía entonces mensajes de red de área del controlador (CAN) al cargador para minimizar la corriente de carga a una magnitud menor o igual a la corriente que pasa por el controlador. En este caso, es posible una corriente cero, que es similar a un estado de "terminación" descrito en el Ejemplo 7. Debe mencionarse, además, que la "terminación" puede lograrse desconectando el extremo de CA de la fuente de alimentación, obteniéndose, de este modo, el mismo resultado que minimizando el procedimiento de magnitud de corriente descrito anteriormente.

En cualquier momento en que la ECU reciba una señal de "sobrecarga" de cualquiera de los conjuntos de celdas o detecte que el voltaje del sistema de baterías supera los 336V (supóngase 56 celdas en un paquete y 6 paquetes de celdas en serie), la corriente de carga terminará o se minimizará con una duración de una hora (igual que el tiempo de funcionamiento de los equilibradores). Por lo tanto, la reanudación de la carga garantiza que el sistema de baterías se cargue por completo en varias horas sin riesgos de que se produzca una situación de "daño por sobrecarga". Es evidente que si se alcanza un bajo voltaje de reanudación detectado por el cargador (318V, supóngase 53V en un paquete y 6 paquetes en serie), la carga también puede reanudarse antes de un límite de una hora (establecido tal como se ha descrito anteriormente).

Nuevamente, tres controles principales introducidos en la presente invención: a) Mecanismo de descarga para equilibrado, b) Protección de sobrecarga con función de reanudación, y c) Terminales del cargador con función de desconexión y reanudación de alto voltaje (reanudados por voltaje o tiempo), aseguran que un sistema de baterías esté completamente cargado y equilibrado en un corto período de tiempo, incluso en aplicaciones de sistemas grandes tales como una aplicación de vehículos híbridos enchufables.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de baterías recargables que tiene una pluralidad de celdas (1) y unos medios de carga (4) para cargar el sistema de baterías recargables, que comprende:

una pluralidad de celdas (1) conectadas eléctricamente para formar un sistema de baterías recargables;
medios de medición de voltaje de las celdas (5a) para medir continuamente un voltaje de las celdas de por lo menos una de una celda en un circuito en serie, un grupo de celdas en un circuito en serie y un paquete de celdas en un circuito en serie y unos medios de auto-descarga (6) correspondientes, ambos conectados en paralelo a la por lo menos una de una celda en un circuito en serie, un grupo de celdas en un circuito en serie y un paquete de celdas en un circuito en serie;
unos medios de carga (4) conectados en serie con el sistema de baterías recargables para cargar todas las celdas del sistema de baterías recargables;
medios de medición de voltaje del sistema para medir continuamente un voltaje del sistema a través de los medios de carga (4);
medios limitadores (9) para limitar la corriente de carga del sistema de baterías recargables;

caracterizado por el hecho de que comprende, además,

medios de control (10) para controlar el sistema de baterías recargables, configurados para ejecutar las siguientes etapas:

(a) durante la carga, si el voltaje de las celdas medido por cualquiera de los medios de medición de voltaje de las celdas (5a) es igual o mayor que un voltaje de auto-descarga predeterminado, entonces, los medios de auto-descarga (6) correspondientes se accionan hasta que el voltaje de las celdas medido es menor que el voltaje de auto-descarga predeterminado y, posteriormente, los medios de auto-descarga (6) correspondientes no se accionan; y
(b) durante la carga, si alguno de los voltajes de las celdas medidos supera un voltaje de sobrecarga predeterminado, entonces, la corriente de carga al sistema de baterías recargables se limita, y posteriormente, cuando todos los voltajes de las celdas medidos caen a un primer voltaje de reanudación predeterminado, o por debajo del mismo, inferior al voltaje de sobrecarga predeterminado, entonces, la corriente de carga al sistema de baterías recargables no se limita; y
(c) durante la carga, si el voltaje del sistema medido supera un voltaje general predeterminado, entonces, la corriente de carga al sistema de baterías recargables se limita, y posteriormente, cuando el voltaje del sistema medido cae por debajo de un segundo voltaje de reanudación predeterminado inferior al voltaje general predeterminado y/o cuando un período de tiempo para que la corriente de carga al sistema de baterías recargables que se limita supera un período de tiempo del sistema predeterminado, entonces, la corriente de carga al sistema de baterías recargables no se limita.

2. Sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 1, en el que en (a), cuando los medios de auto-descarga (6) funcionan hasta que el voltaje de las celdas medido es menor que el voltaje de auto-descarga predeterminado, los medios de auto-descarga (6) se accionan durante un período de tiempo predeterminado.

3. Sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el período de tiempo predeterminado es un período de tiempo que proporciona una descarga de un porcentaje predeterminado de una capacidad de carga de cada una de la por lo menos una de una celda en un circuito en serie, un grupo de celdas en un circuito en serie y un paquete de celdas en un circuito en serie.

4. Sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el porcentaje predeterminado de la capacidad de carga se encuentra en el intervalo entre un 0,1 y un 20 por ciento.

5. Sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que los medios de carga son un dispositivo de alimentación de energía renovable.

6. Sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que los medios de carga son por lo menos uno de un cargador de células fotovoltaicas, un cargador eólico, y un cargador accionado por motor de combustión interna.

7. Sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que en (b) y (c), cuando se limita la corriente de carga al sistema de baterías recargables, la corriente de carga se limita a cero.

8. Sistema de baterías recargables de acuerdo la reivindicación 7, en el que los medios limitadores (9) son por lo menos uno de un disyuntor en el circuito en serie de los medios de carga y el sistema de baterías recargables, un disyuntor en la salida de CC de los medios de carga y un disyuntor en la entrada de CA de los medios de carga.
9. Sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que en (b) y (c), cuando se limita la corriente de carga al sistema de baterías recargables, la corriente de carga se limita a una magnitud igual o menor que una corriente que descarga una de la por lo menos una de una celda en un circuito en serie, un grupo de celdas en un circuito en serie y un paquete de celdas en un circuito en serie.
10. Sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que los medios de control (10) para controlar el sistema de baterías recargables son por lo menos uno de un circuito integrado y una placa de circuito impreso.
11. Sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que en (c), el período de tiempo predeterminado para la corriente de carga al sistema de baterías recargables que se limita se encuentra en el rango entre 0,5 y 1,5 horas.
12. Vehículo, que comprende un motor eléctrico, y el sistema de baterías recargables de una de las reivindicaciones 1 a 11 para proporcionar energía eléctrica al motor eléctrico.
13. Procedimiento para cargar un sistema de baterías recargables que tiene una pluralidad de celdas y medios de carga para cargar el sistema de baterías recargables, que comprende
disponer una pluralidad de celdas (1) conectadas eléctricamente para formar un sistema de baterías recargables; disponer unos medios de medición de voltaje de las celdas (5a) para medir continuamente (1B, 1E) un voltaje de una celda de por lo menos una de una celda en un circuito en serie, un grupo de celdas en un circuito en serie y un paquete de celdas en un circuito en serie y unos medios de auto-descarga (6) correspondientes, ambos conectados en paralelo a la por lo menos una de una celda en un circuito en serie, un grupo de celdas en un circuito en serie y un paquete de celdas en un circuito en serie;
disponer unos medios de carga (4) conectados en serie con el sistema de baterías recargables para cargar todas las celdas (1) del sistema de baterías recargables;
disponer unos medios de medición de voltaje del sistema para medir continuamente un voltaje del sistema a través de los medios de carga;
disponer unos medios limitadores (9) para limitar la corriente de carga del sistema de baterías recargables;
disponer unos medios de control (10) para controlar el sistema de baterías recargables, al inicio de la carga, caracterizado por el hecho de que se ejecutan las siguientes etapas:
(a) durante la carga, si el voltaje de las celdas medido por cualquiera de los medios de medición de voltaje de las celdas (5a) es igual o mayor que un voltaje de auto-descarga predeterminado (1C), entonces, accionar (1D) los medios de auto-descarga (6) correspondientes hasta que el voltaje de las celdas medido es menor que el voltaje de auto-descarga predeterminado (1F) y, posteriormente, detener (1A) el accionamiento de los medios de auto-descarga (6) correspondientes; y
(b) durante la carga, si alguno de los voltajes de las celdas medido supera un voltaje de sobrecarga predeterminado (2C), entonces, limitar (2F) la corriente de carga al sistema de baterías recargables, y posteriormente, cuando todos los voltajes de las celdas medidos caen a un primer voltaje de reanudación predeterminado, o por debajo del mismo (2G), inferior al voltaje de sobrecarga predeterminado, entonces, detener (2B) la limitación de la corriente de carga al sistema de baterías recargables; y
(c) durante la carga, si el voltaje del sistema medido supera un voltaje general predeterminado, entonces, limitar la corriente de carga al sistema de baterías recargables, y posteriormente, cuando el voltaje del sistema medido cae por debajo de un segundo voltaje de reanudación predeterminado inferior al voltaje general predeterminado y/o si un período de tiempo para que la corriente de carga al sistema de baterías recargables que se limita supera un período de tiempo del sistema predeterminado, entonces, detener la limitación de la corriente de carga al sistema de baterías recargables.
14. Procedimiento para cargar un sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 13, en el que en (a), cuando se accionan los medios de auto-descarga (6) hasta que el voltaje de las celdas medido es menor que el voltaje de auto-descarga predeterminado (1F), también accionar (1G) los medios de auto-descarga (6) durante un período de tiempo predeterminado.
15. Procedimiento para cargar un sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 14, en el que

el período de tiempo predeterminado es un período de tiempo que proporciona una descarga de un porcentaje predeterminado de una capacidad de carga de cada uno de la por lo menos una de una celda en un circuito en serie, un grupo de celdas en un circuito en serie y un paquete de celdas en un circuito en serie.

- 5 16. Procedimiento para cargar un sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el porcentaje predeterminado de la capacidad de carga se encuentra en el intervalo entre un 0,1 y un 20.
- 10 17. Procedimiento para cargar un sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 13, en el que en (b) y (c), cuando se limita la corriente de carga al sistema de baterías recargables, la corriente de carga se limita a cero.
- 15 18. Procedimiento para cargar un sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 13, en el que en (b) y (c), cuando se limita la corriente de carga al sistema de baterías recargables, la corriente de carga se limita a una magnitud igual o menor que una corriente que descarga la por lo menos una de una celda en un circuito en serie, un grupo de celdas en un circuito en serie y un paquete de celdas en un circuito en serie.
- 20 19. Procedimiento para cargar un sistema de baterías recargables de acuerdo con la reivindicación 13, en el que en (c), el período de tiempo predeterminado para la corriente de carga al sistema de baterías recargables que se limita se encuentra en el intervalo entre 0,5 y 1,5 horas.

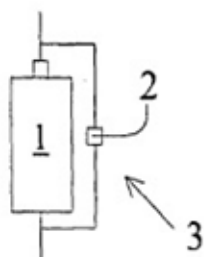


FIG. 1a

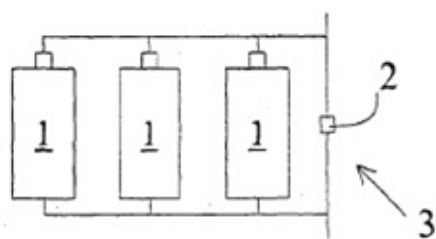


FIG. 1b

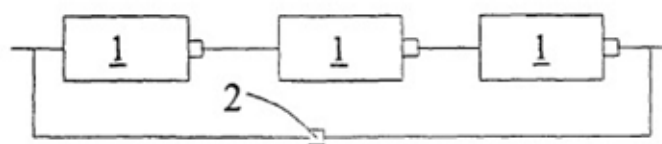


FIG. 1c

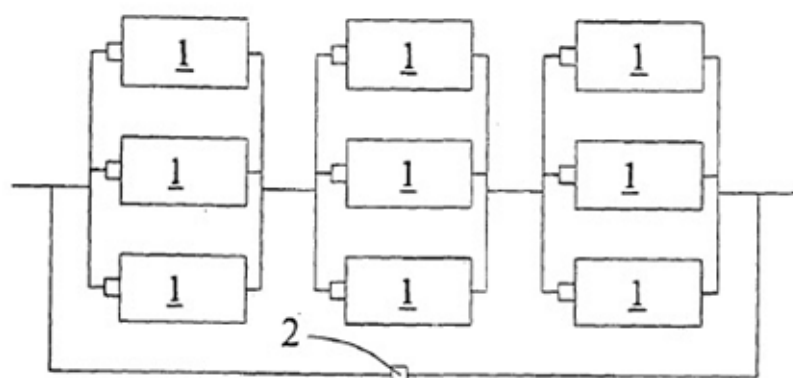


FIG. 1d

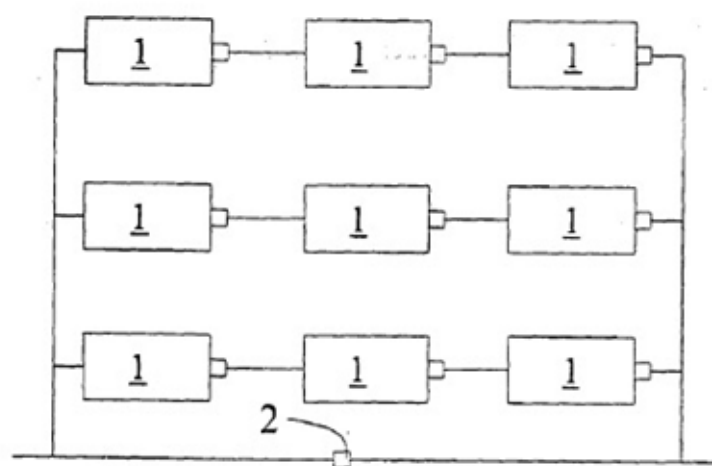


FIG. 1e



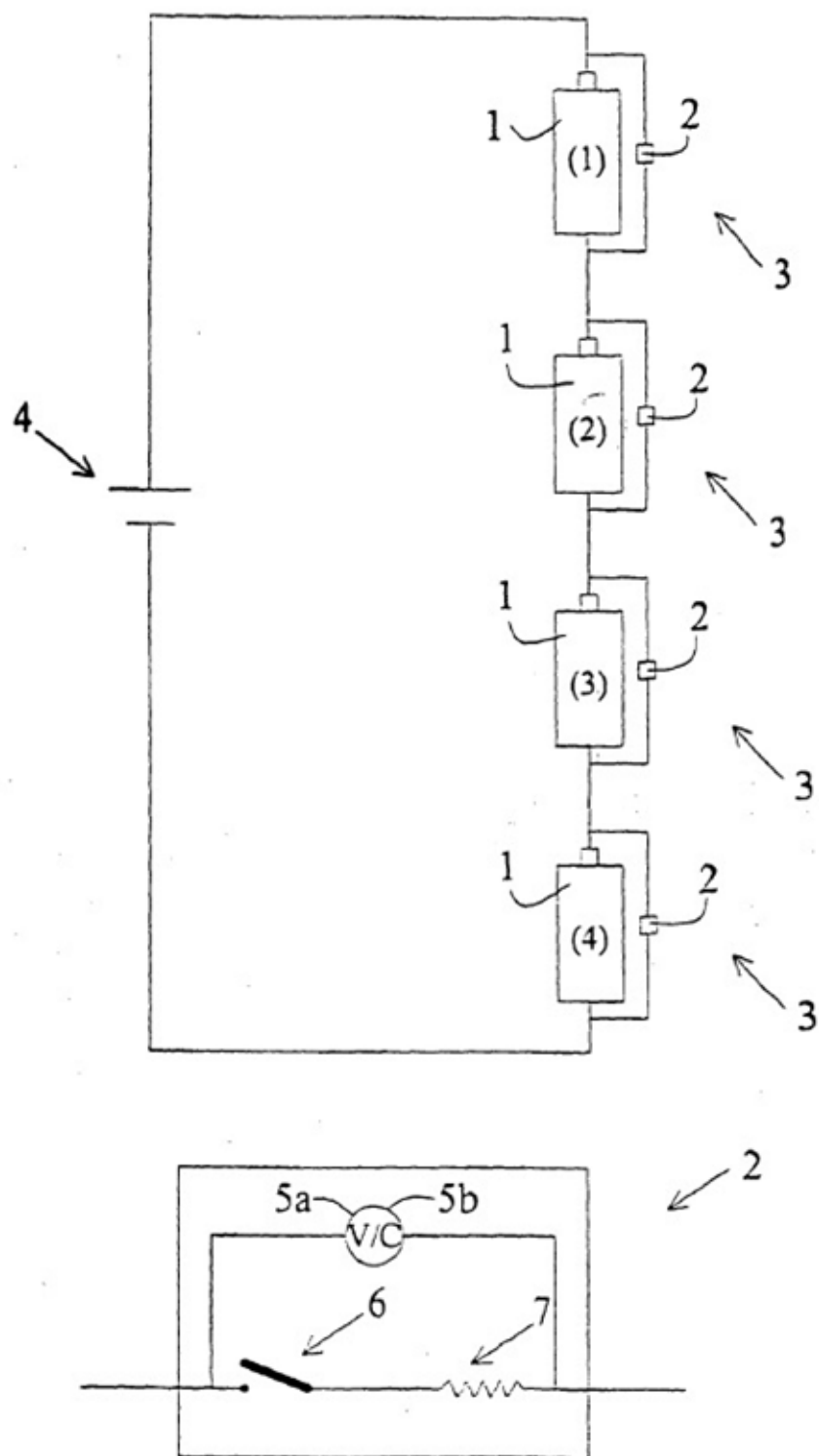


FIG. 2a

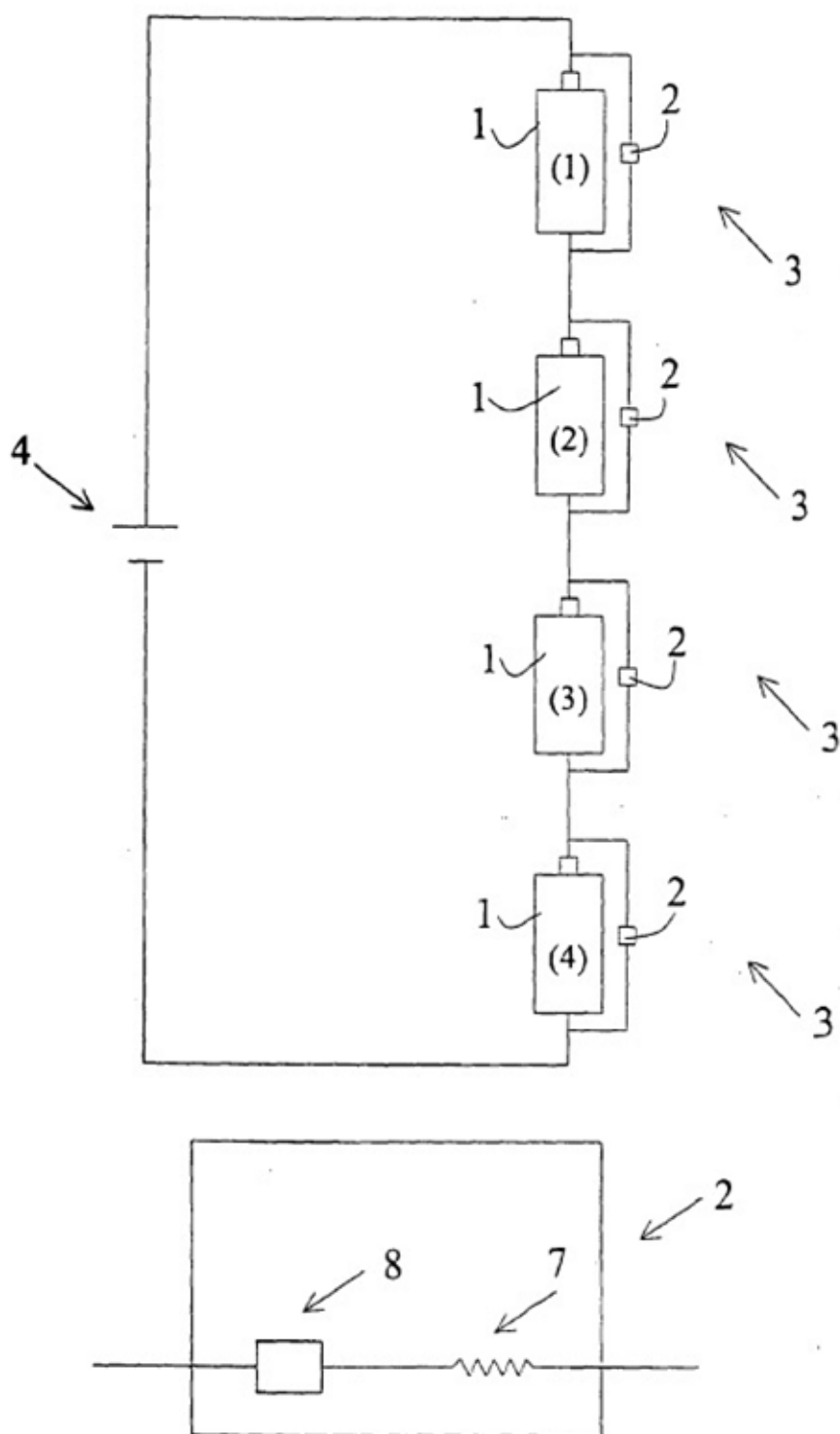


FIG. 2b

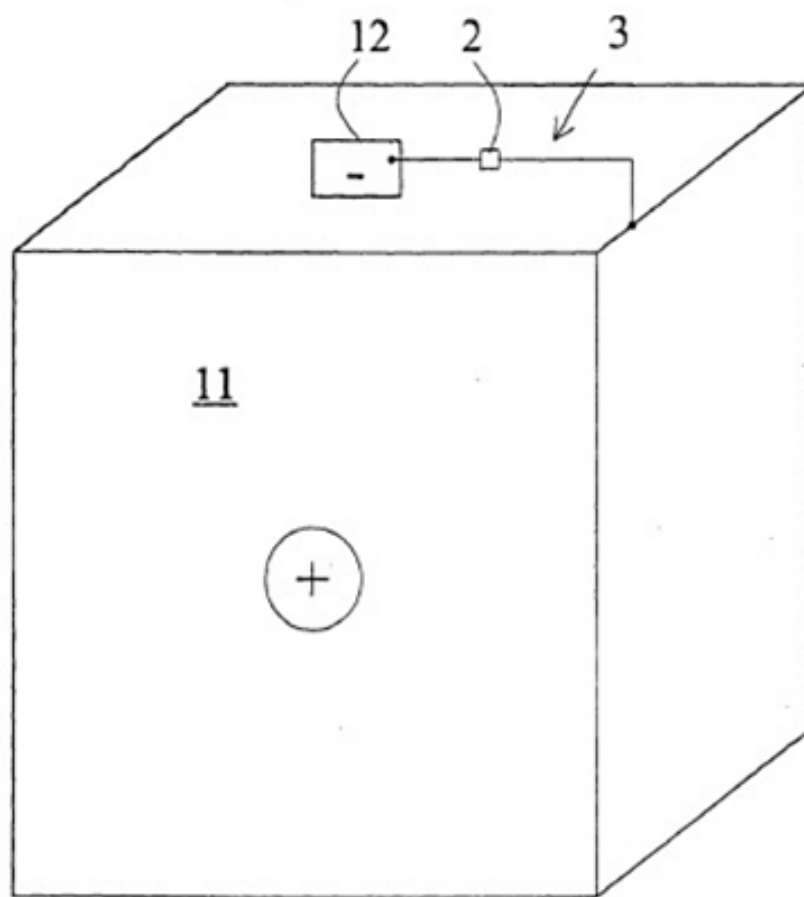


FIG. 3

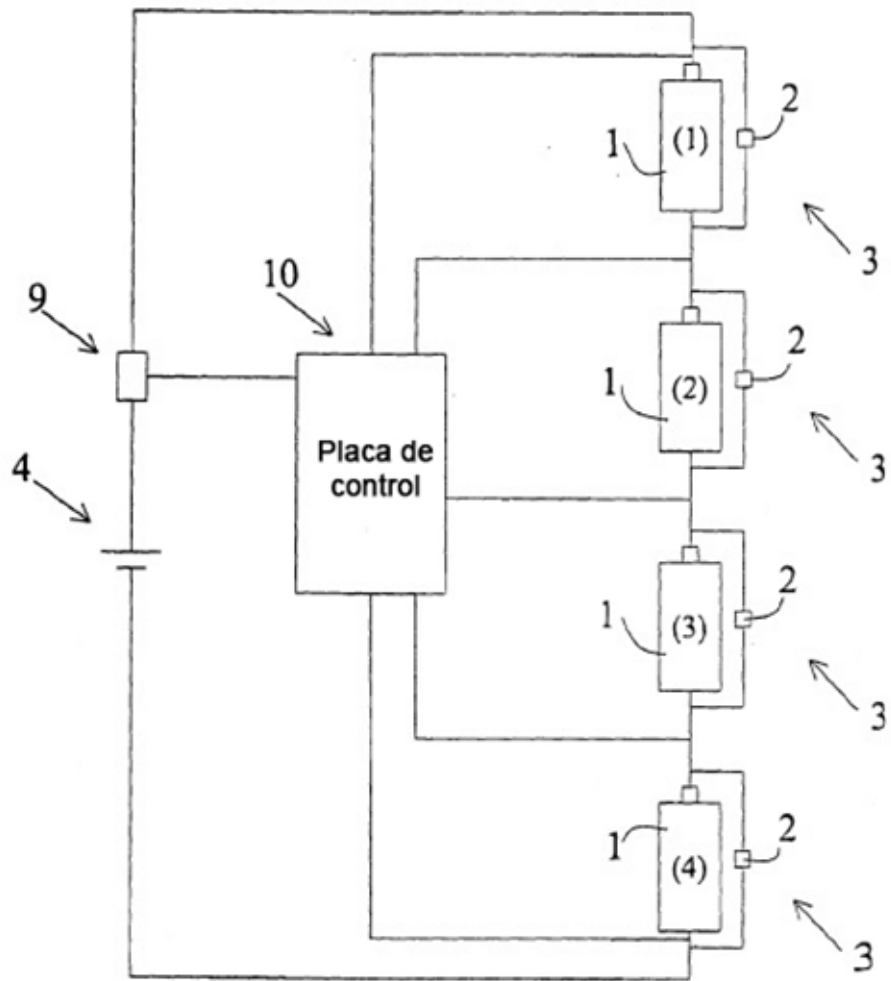
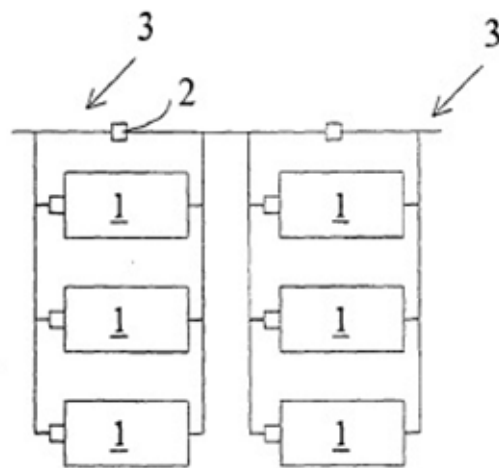
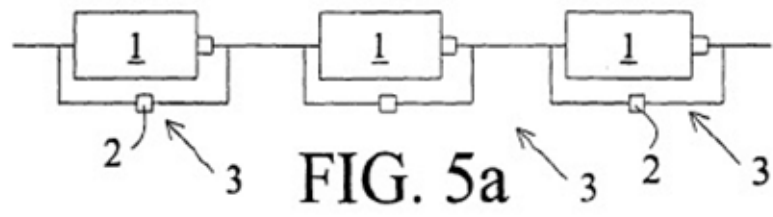
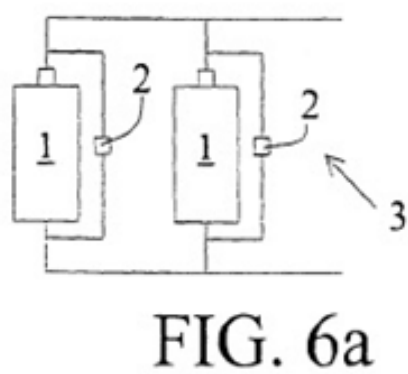
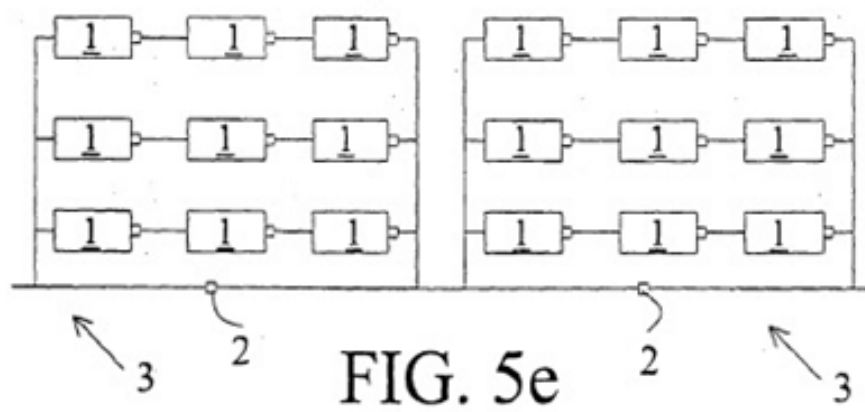
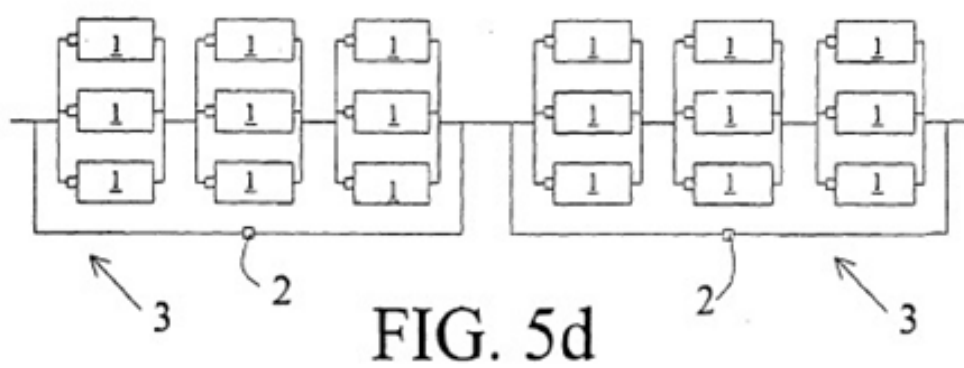
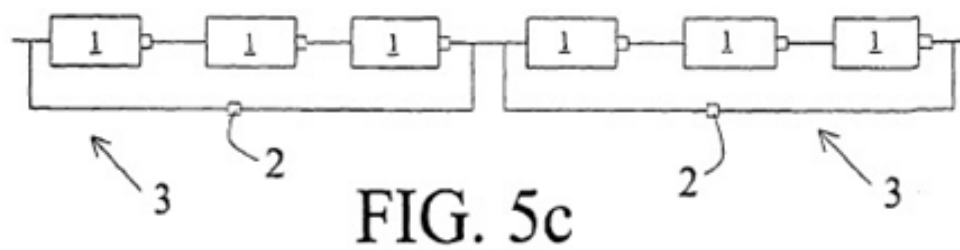


FIG. 4





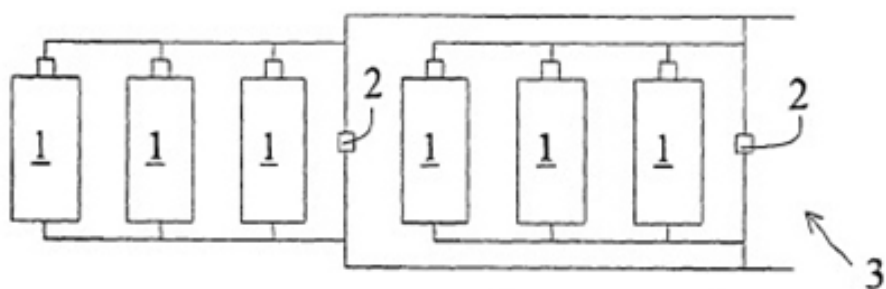


FIG. 6b

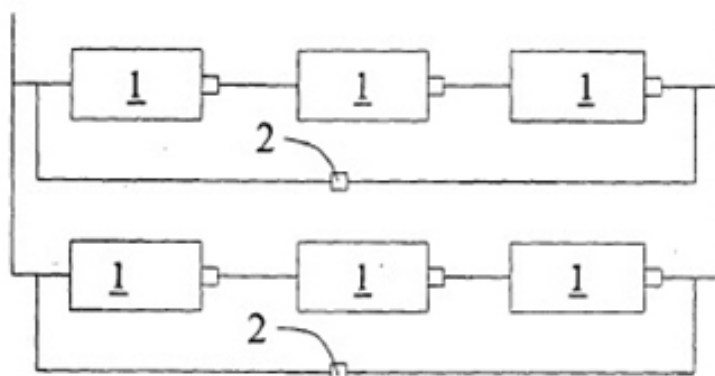


FIG. 6c

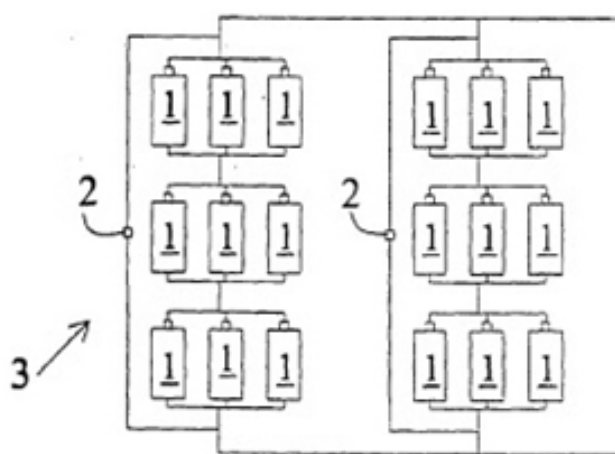


FIG. 6d

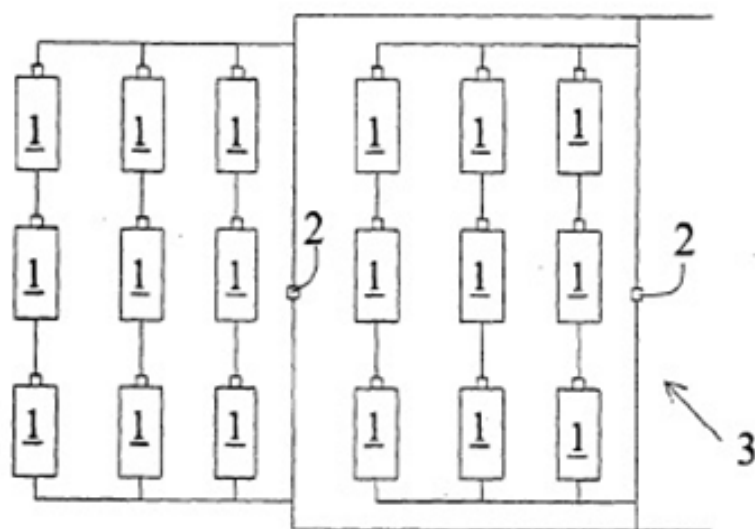


FIG. 6e

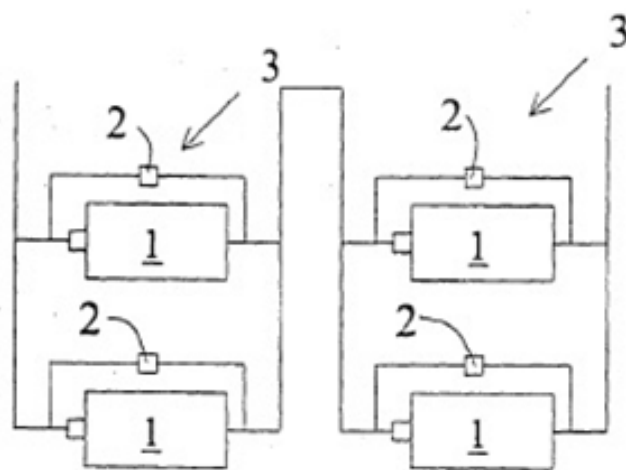


FIG. 7a

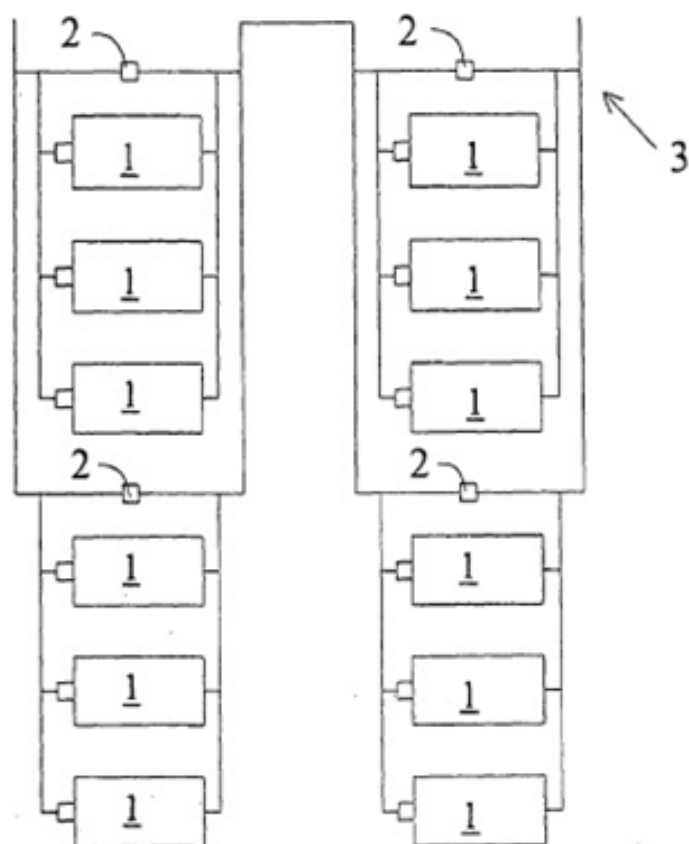


FIG. 7b

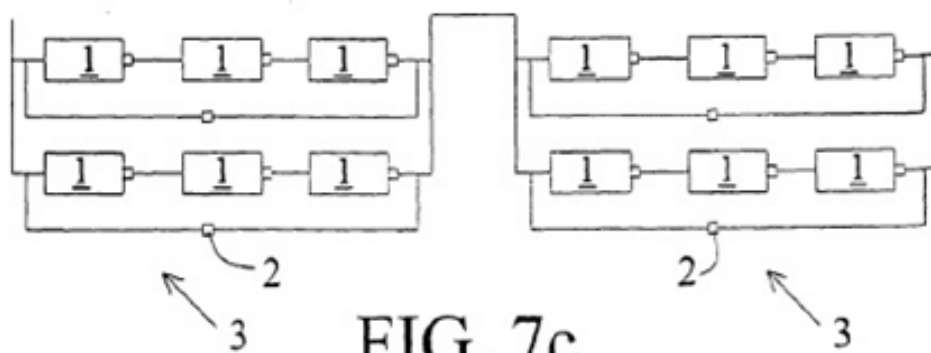


FIG. 7c

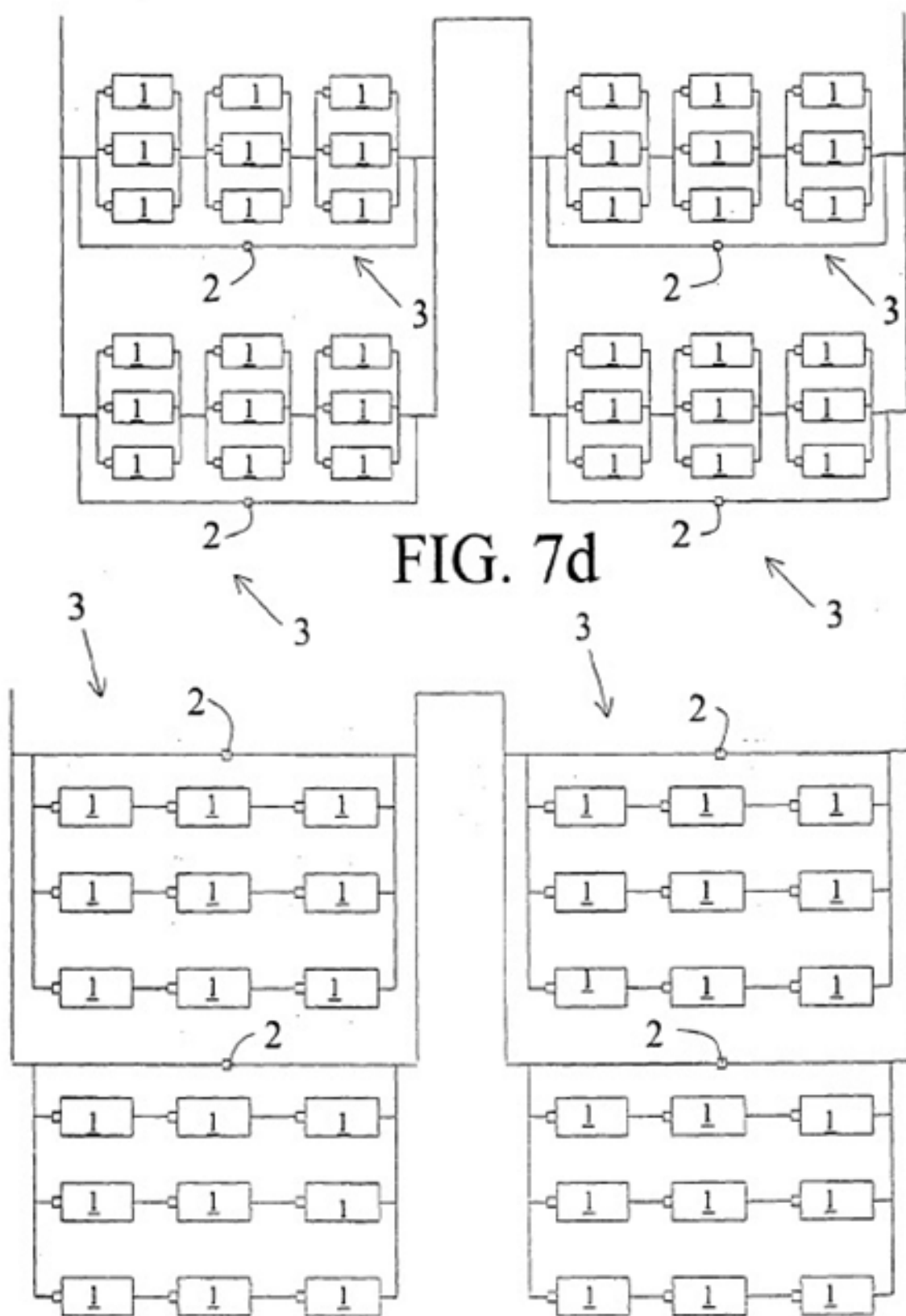


FIG. 7e

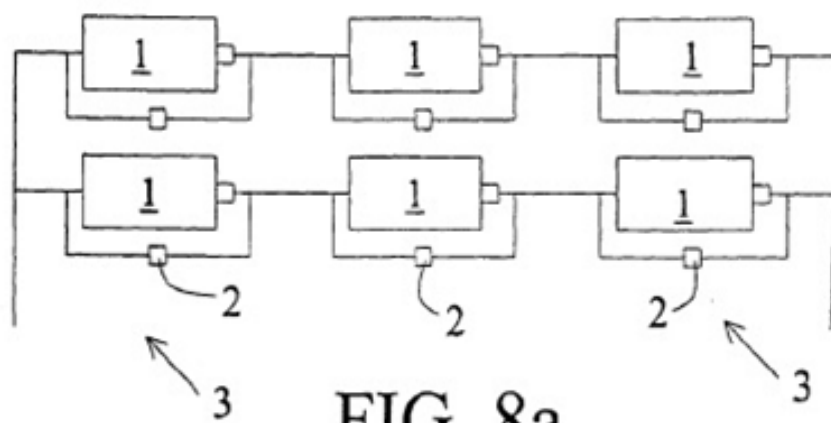


FIG. 8a

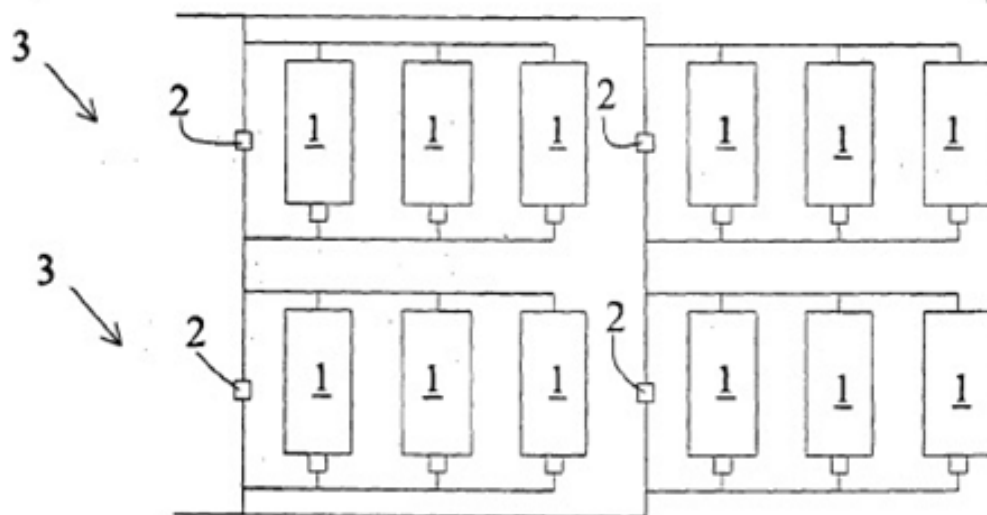


FIG. 8b

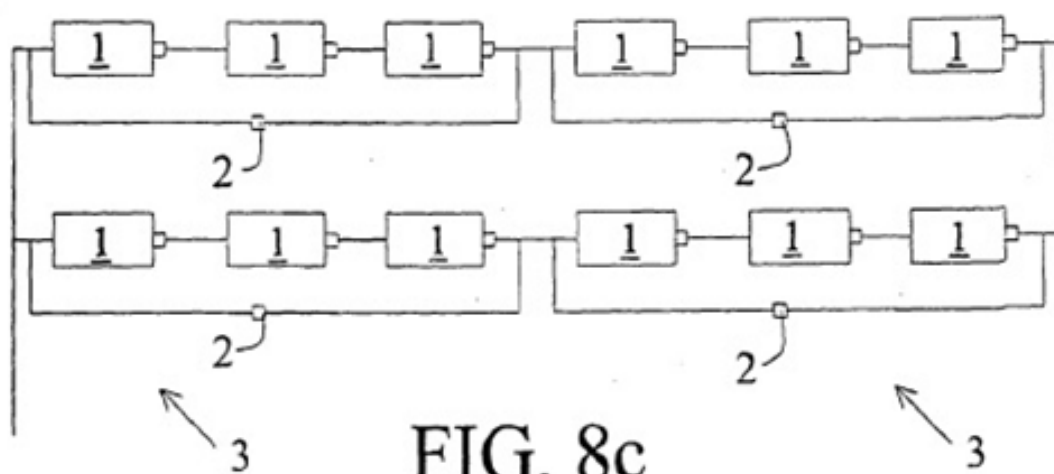


FIG. 8c

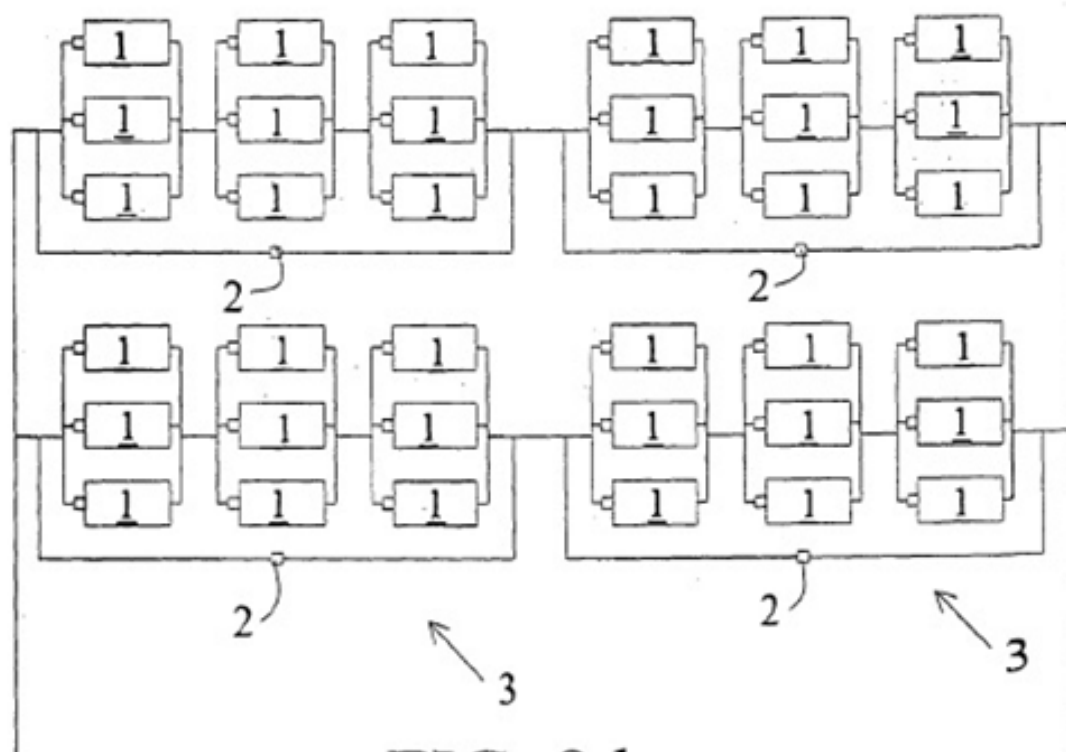


FIG. 8d

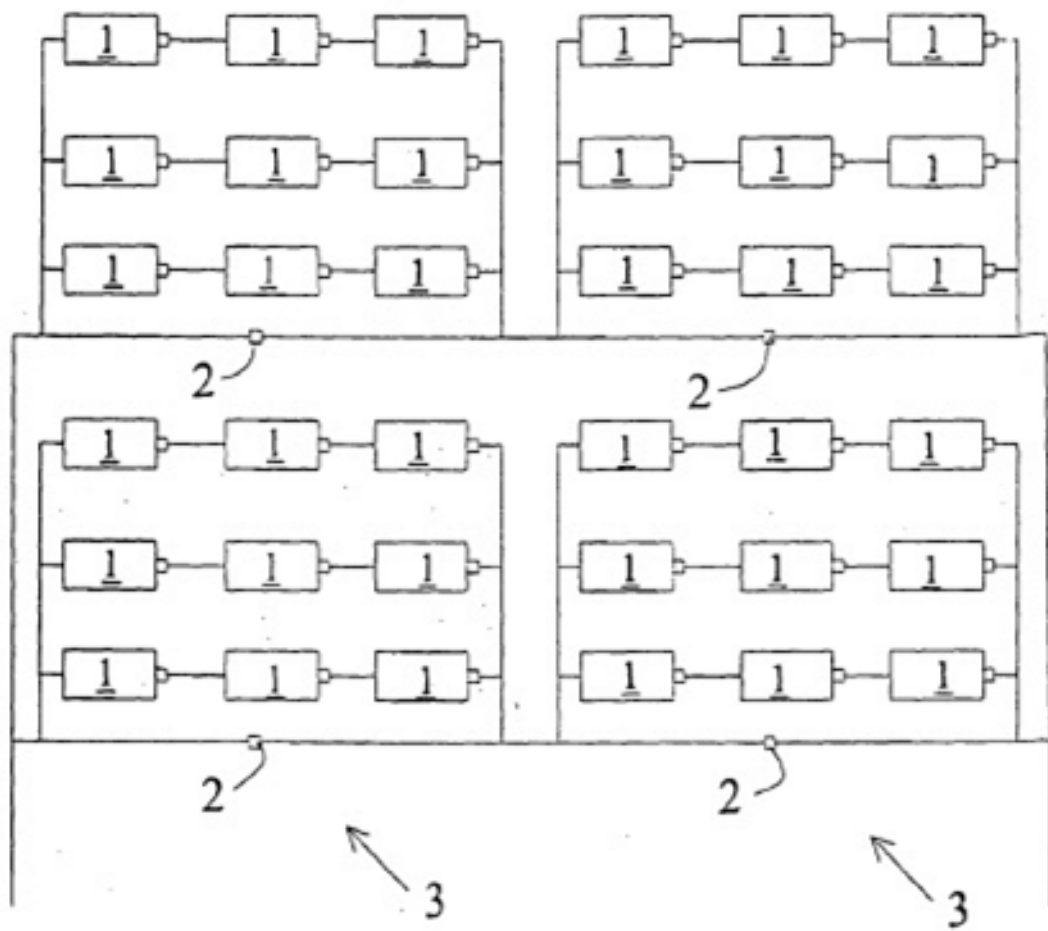


FIG. 8e

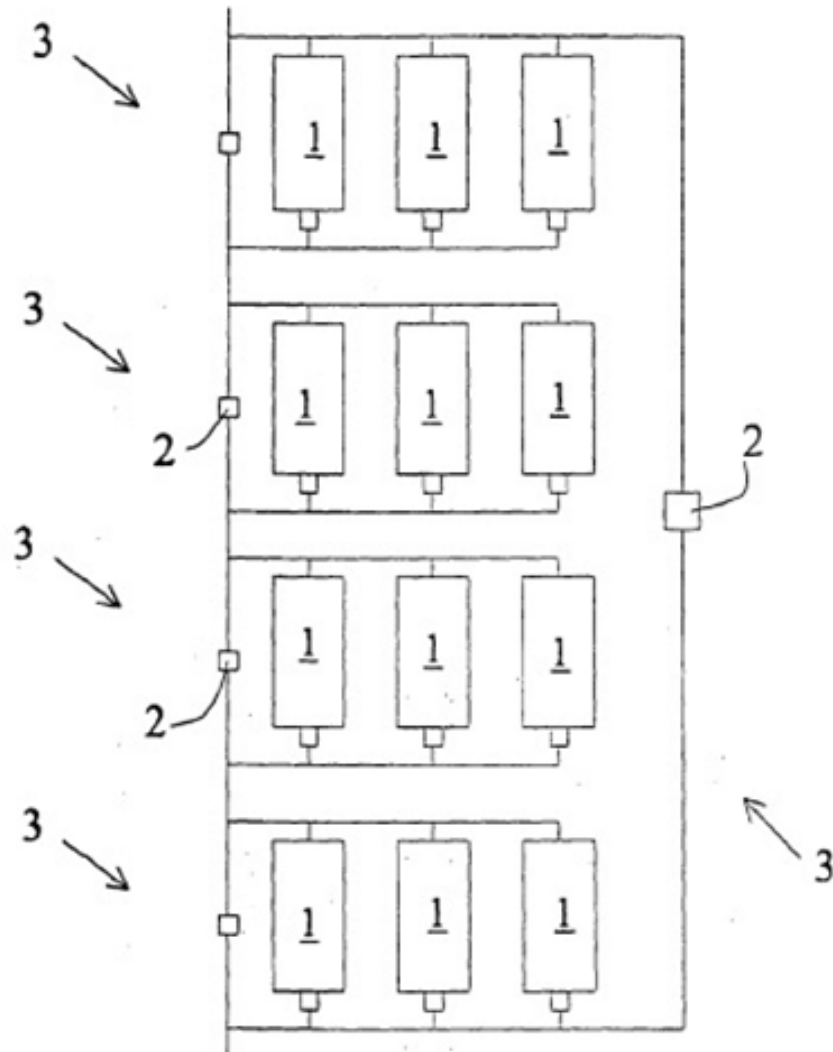


FIG. 9

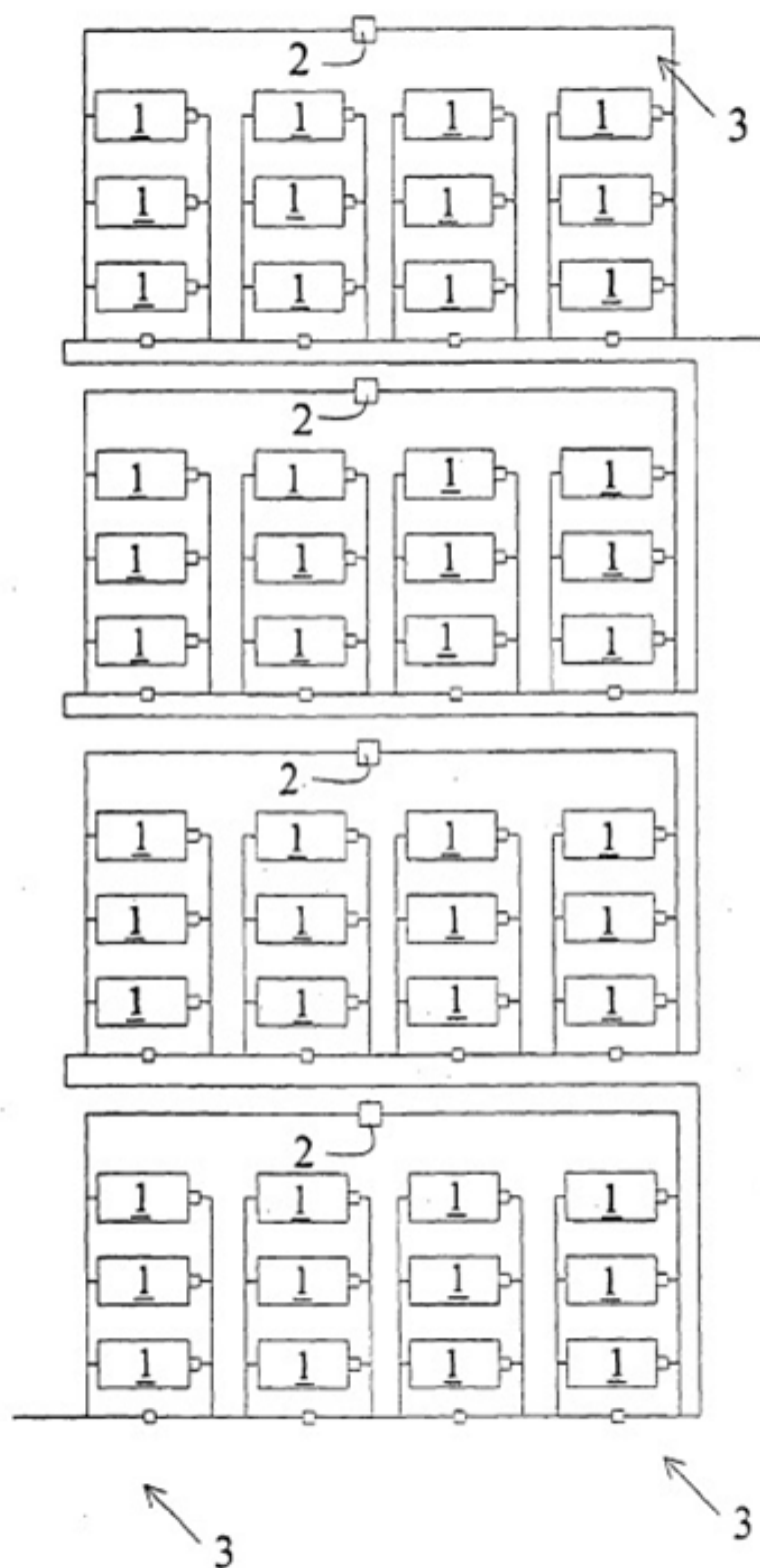


FIG. 10

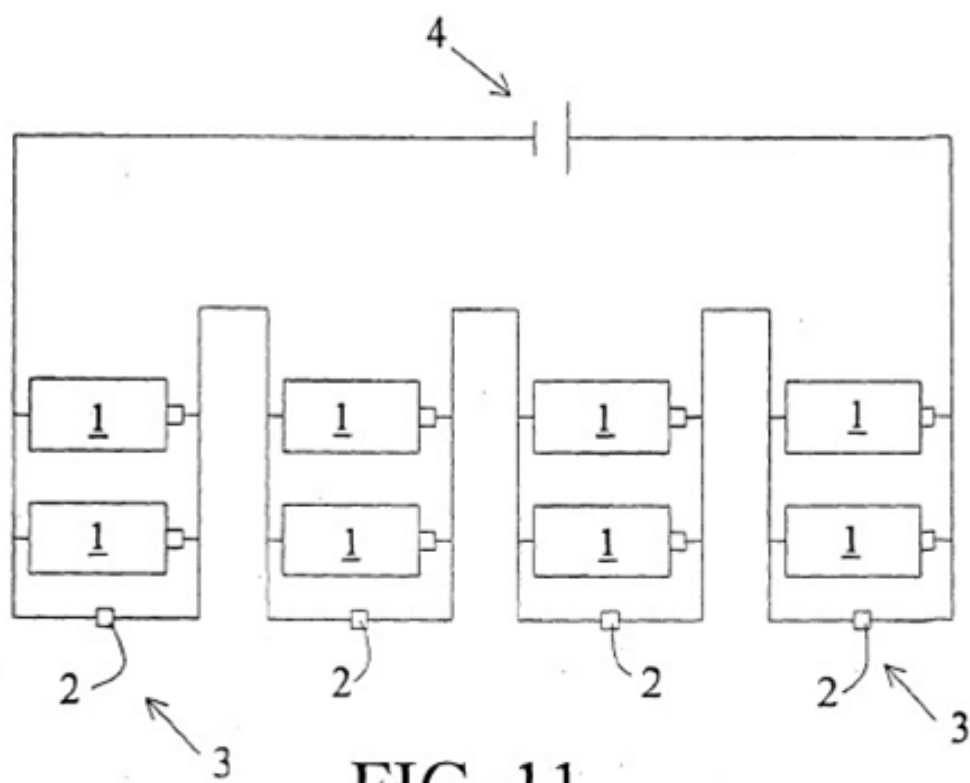


FIG. 11

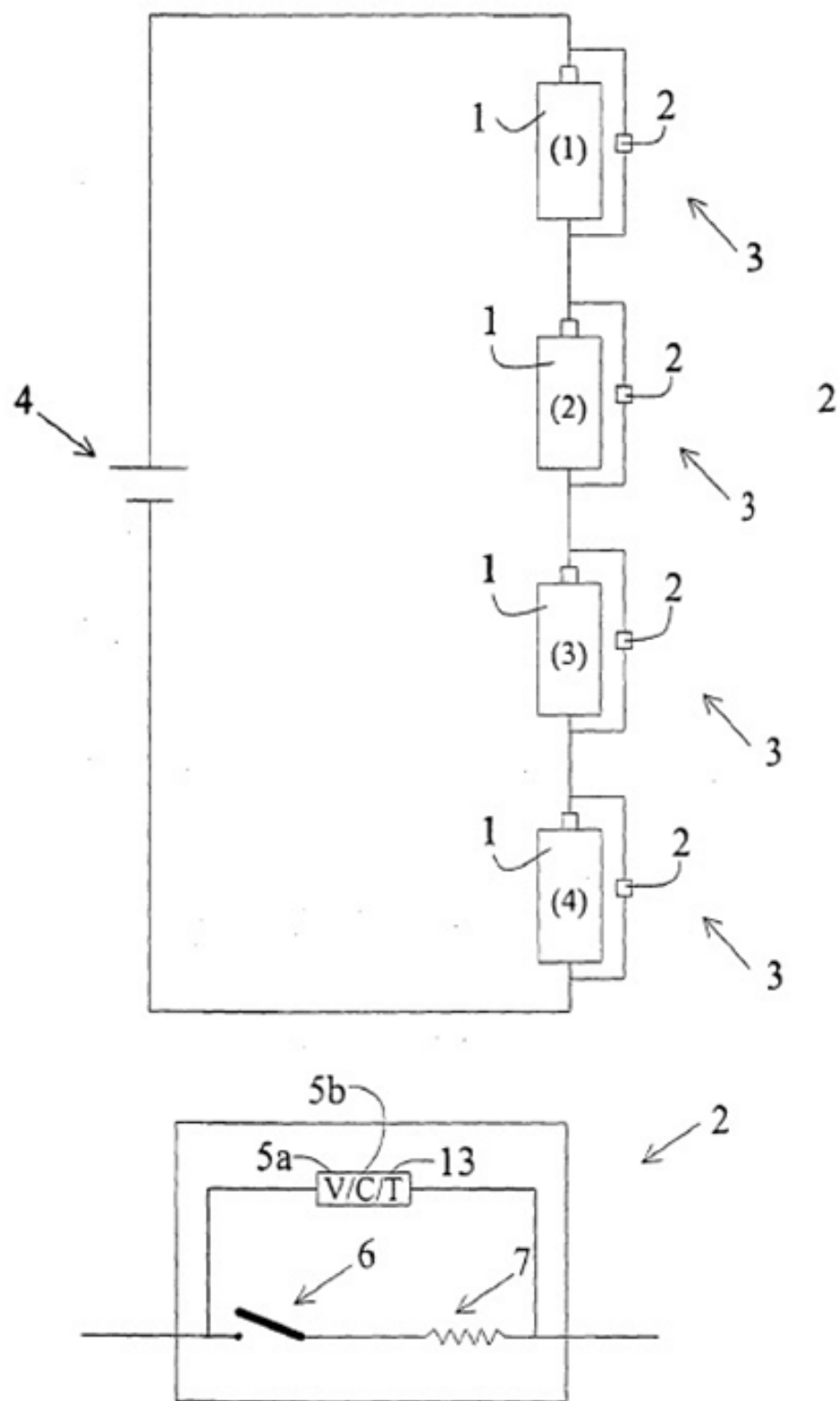


FIG. 12

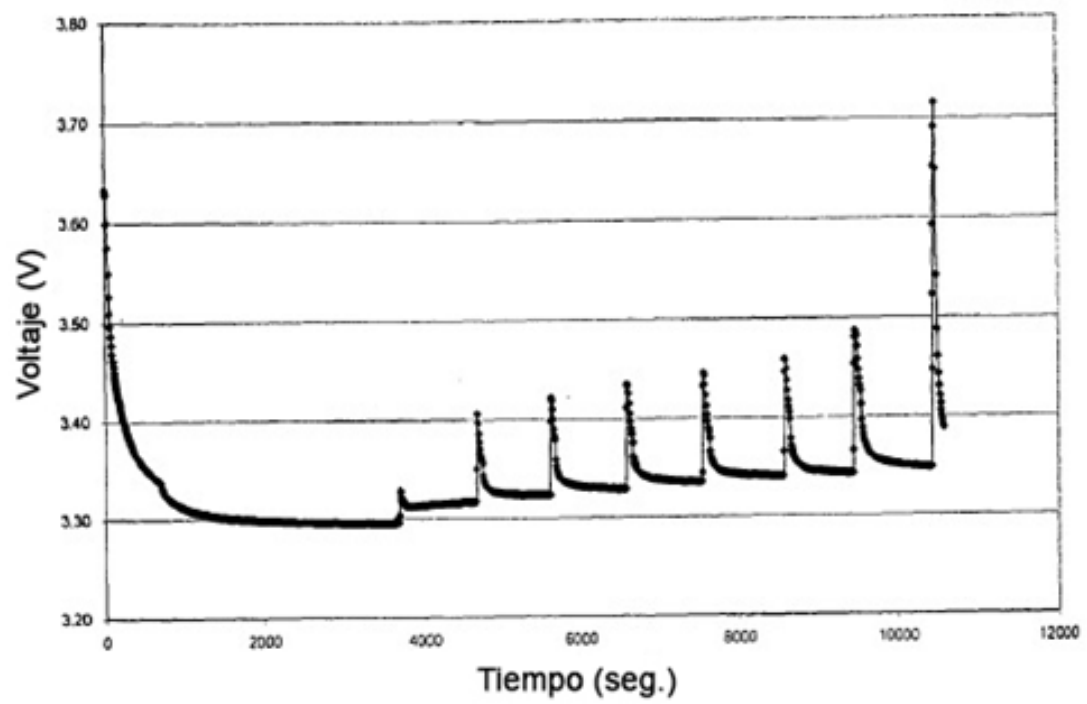


Fig. 13(a)

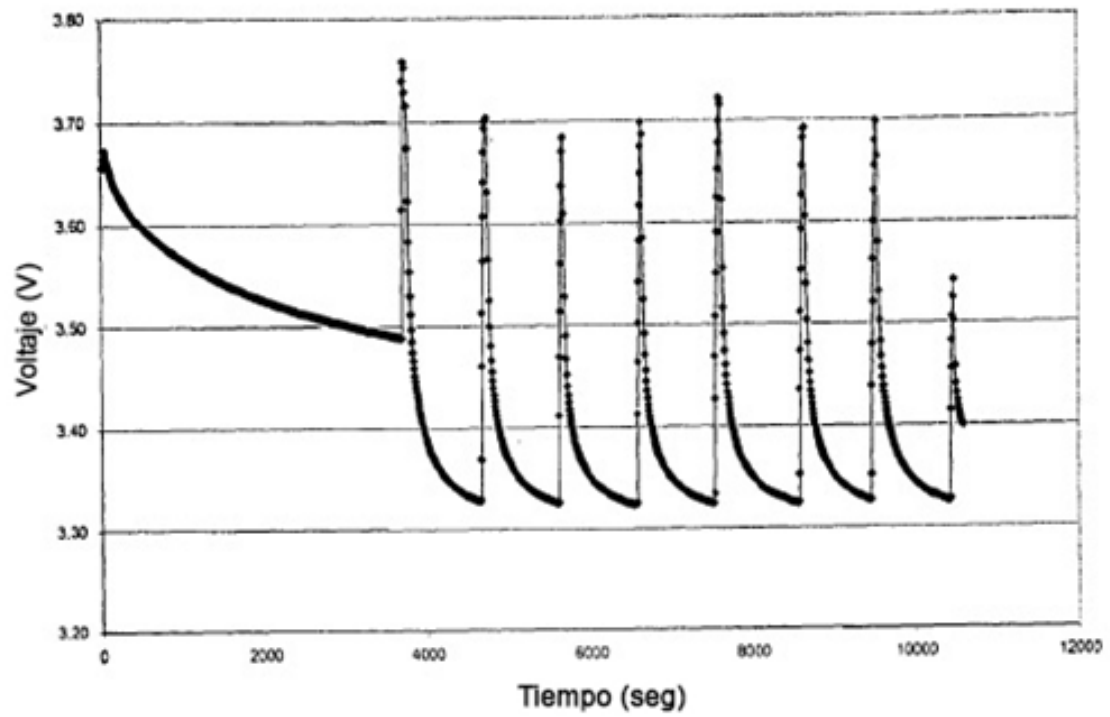


Fig. 13(b)

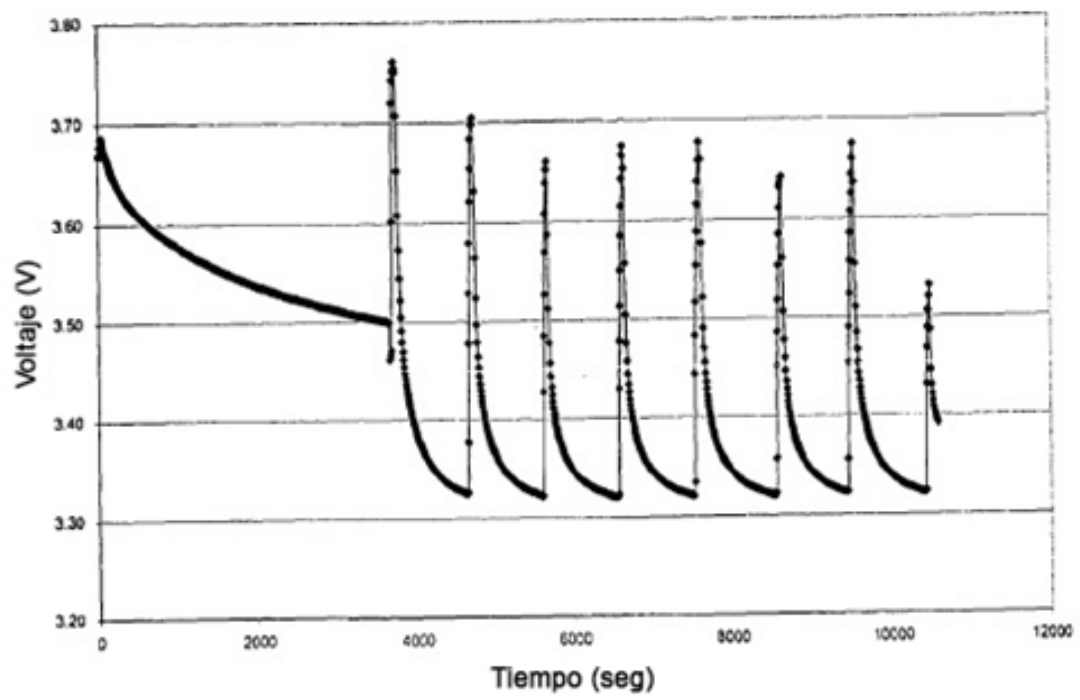


Fig. 13(c)

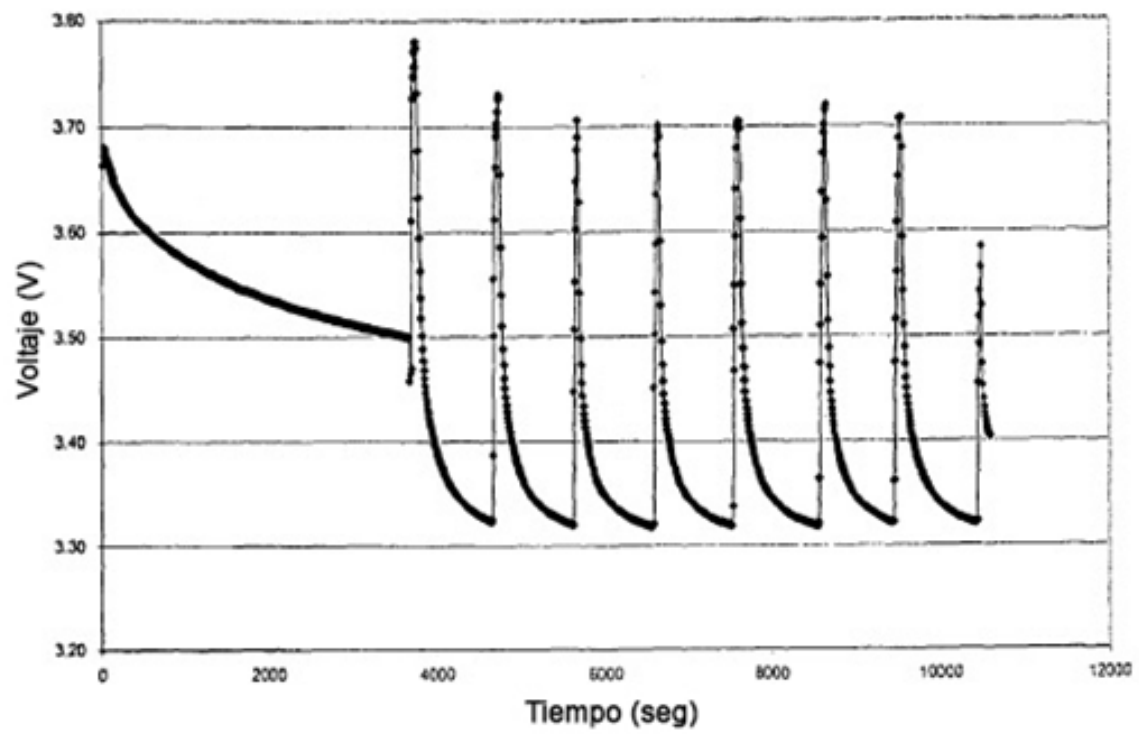


Fig. 13(d)

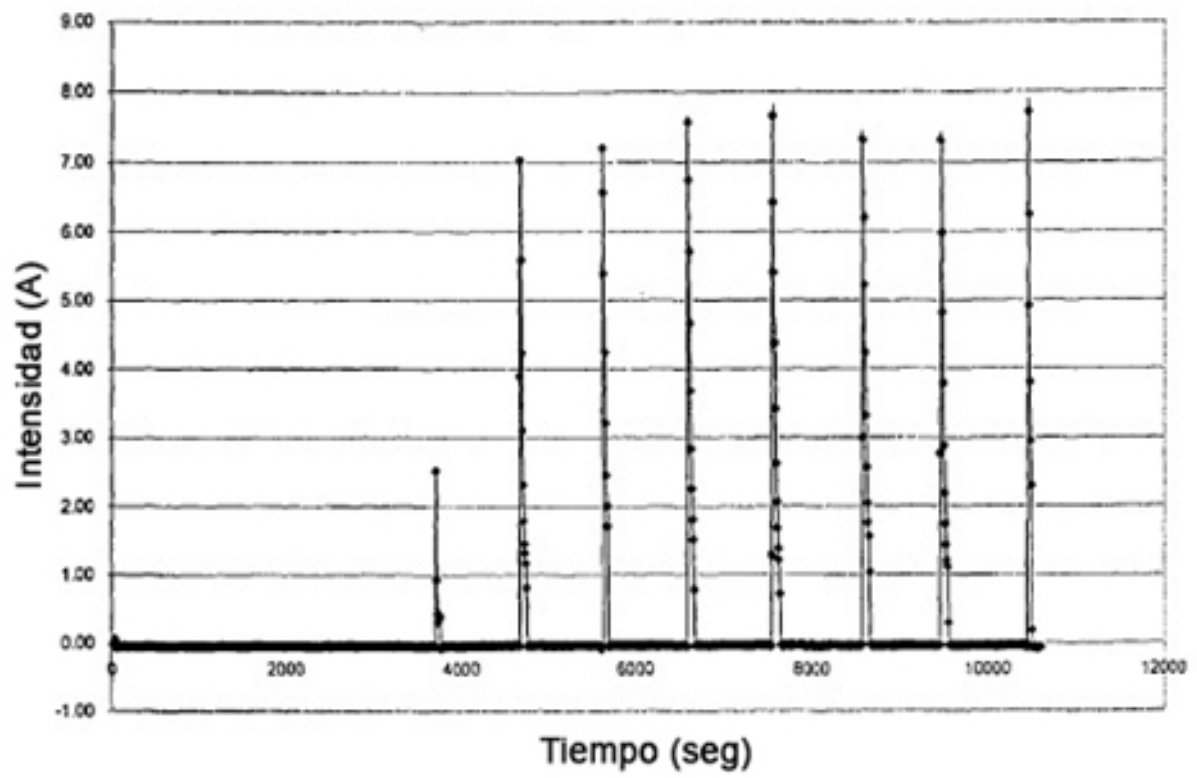


Fig. 13(e)

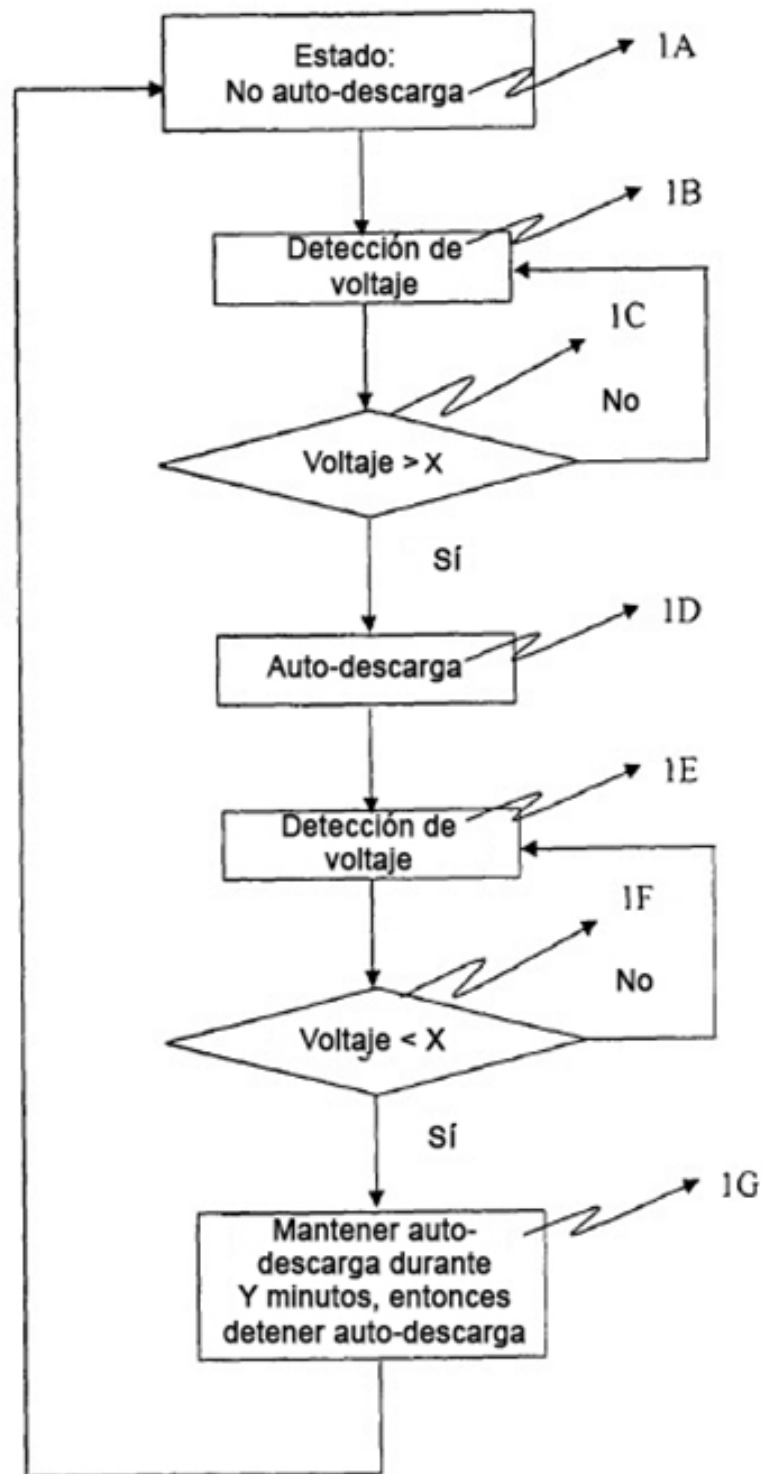
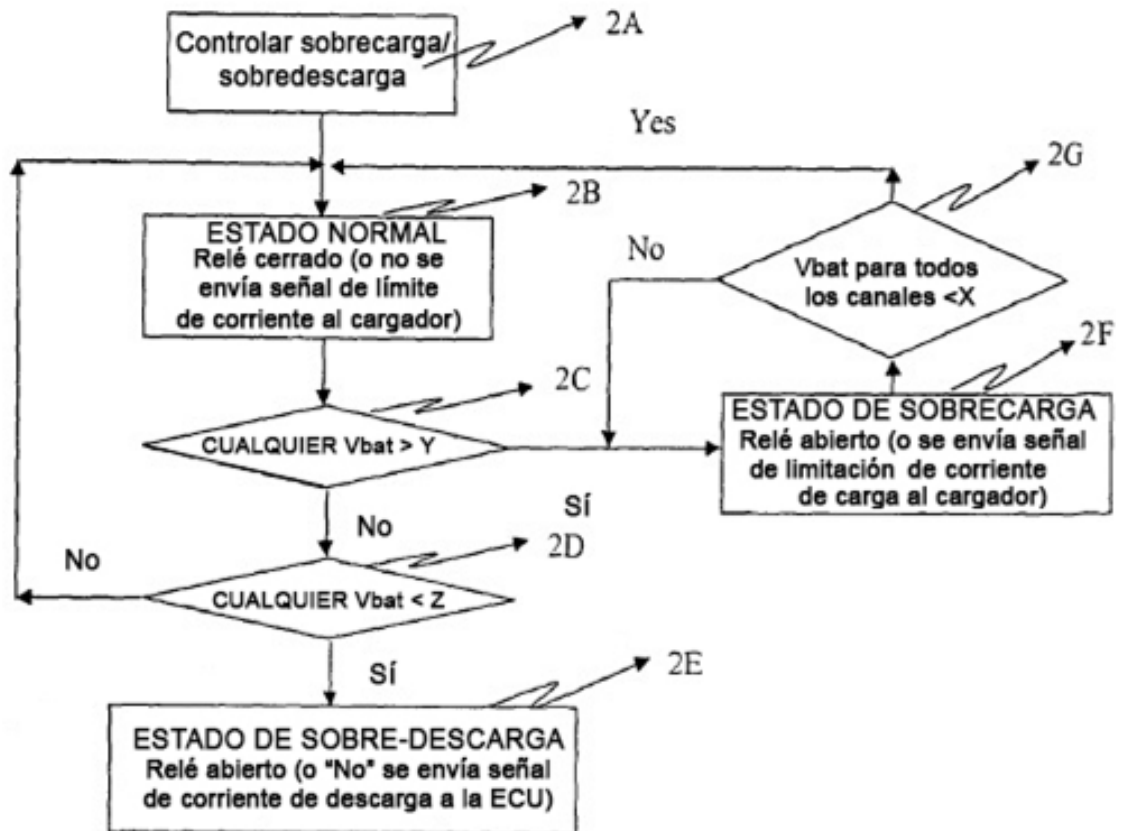


Fig. 14



1. $V > Y$, $Y=4,0$
2. $V < Z$, $Z=2,0$, or $Z=2,3$ (Parámetro opcional)
3. $X = 3,4$, $3,5$, or $3,6$ (Parámetro opcional)

Fig. 15

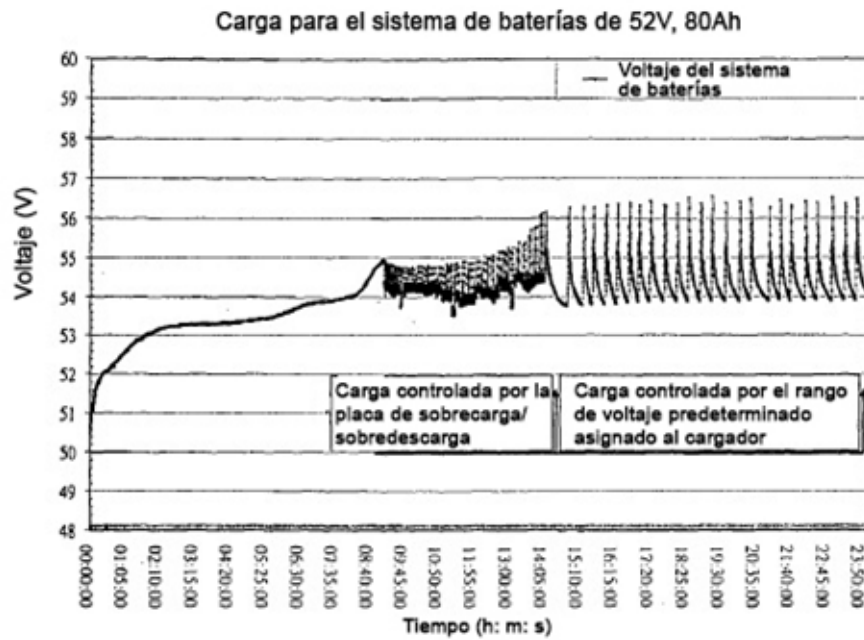


Fig 16(a)

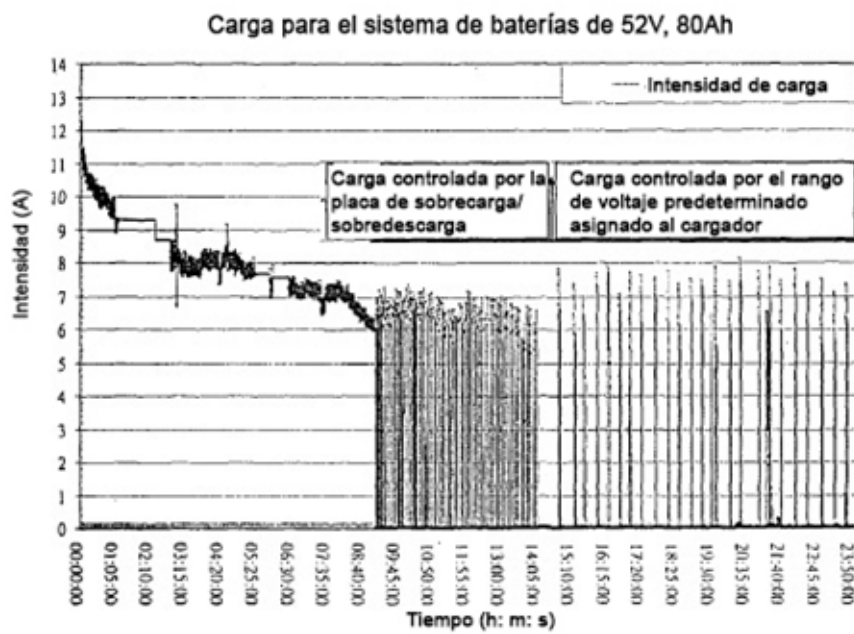


Fig. 16(b)

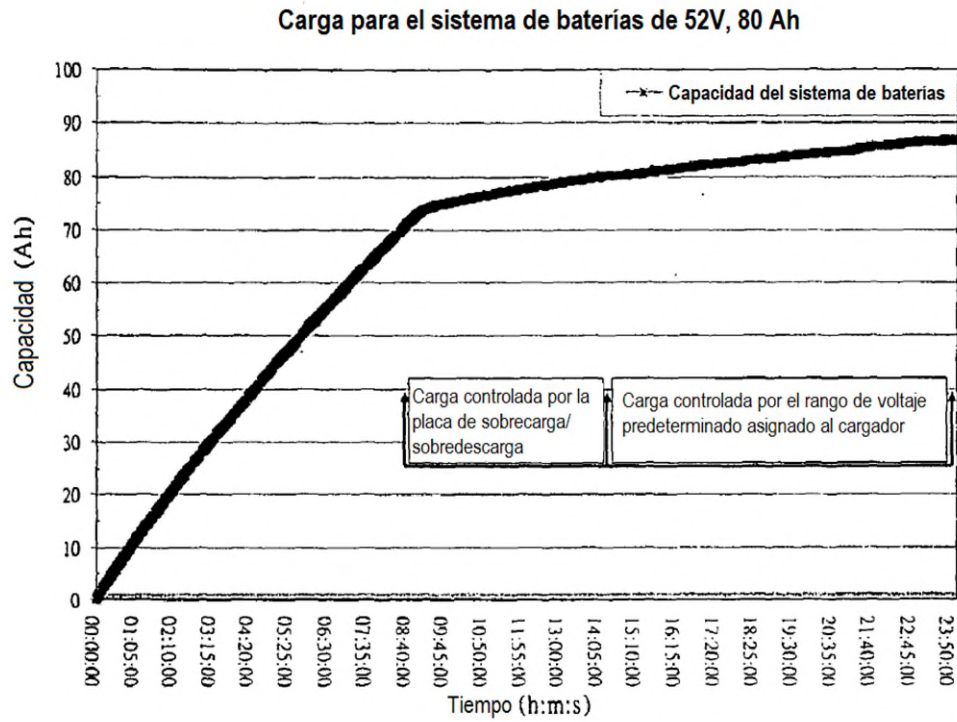


Fig. 16(c)

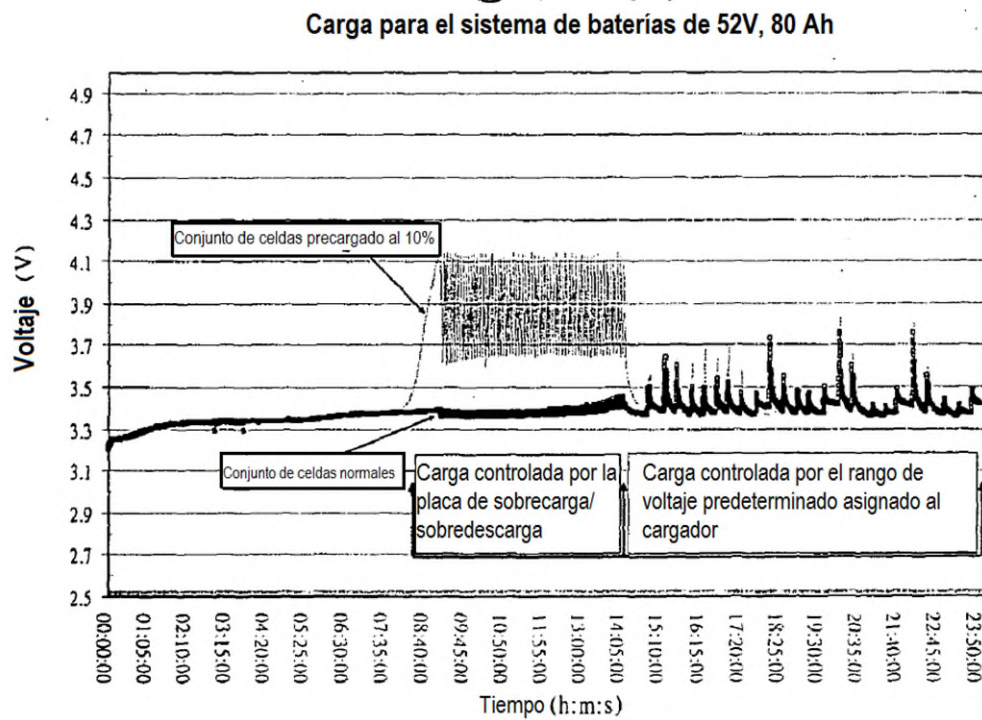


Fig. 16(d)

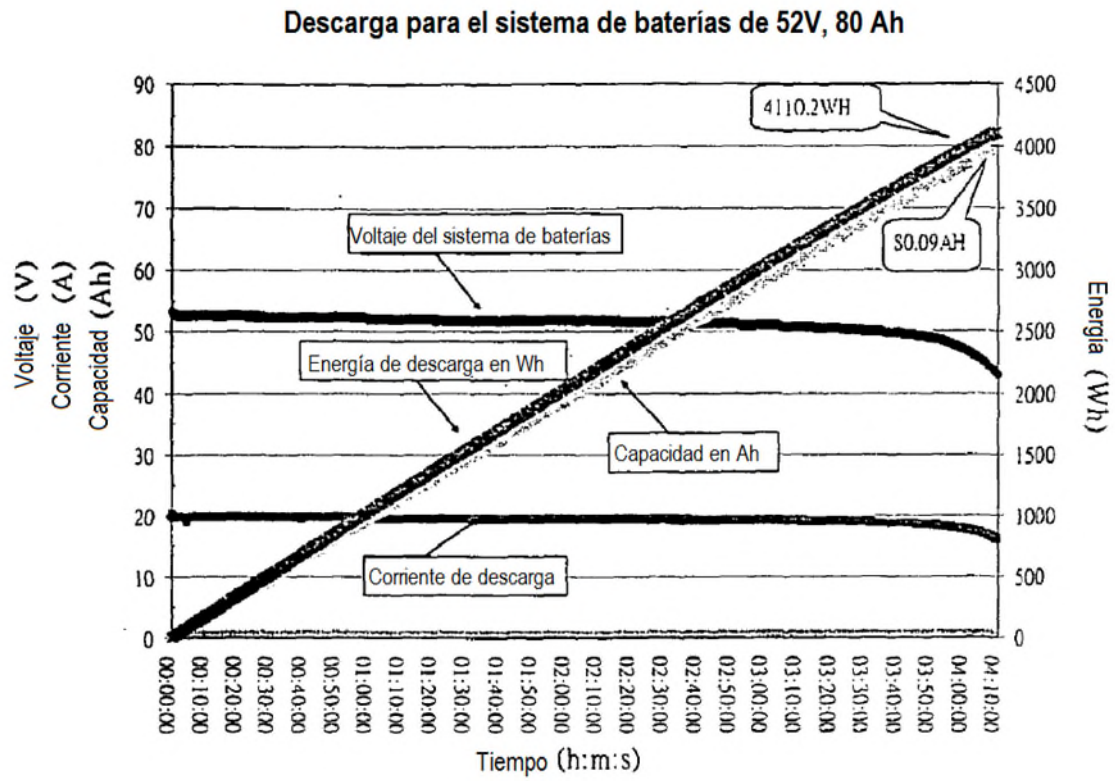


Fig. 17