

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 981 212**

51 Int. Cl.:

H02J 7/00 (2006.01)

B60L 58/21 (2009.01)

H01M 10/42 (2006.01)

H01M 10/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.01.2021** **PCT/NL2021/050036**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.07.2021** **WO21150110**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2021** **E 21702117 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2024** **EP 4094341**

54 Título: **Sistema de baterías y método de gestión de baterías**

30 Prioridad:

21.01.2020 NL 2024712

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.10.2024

73 Titular/es:

OLA ELECTRIC MOBILITY B.V. (100.0%)
Delfland 1
1062 EA Amsterdam, NL

72 Inventor/es:

THENGODKAR, PRASANNA;
KOUDIJS, JORIS y
JACOBSZ ROSIER, BART

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 981 212 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 y método de gestión de baterías

5 La presente invención se refiere a un sistema de baterías que comprende una pluralidad de paquetes de baterías acoplados y un método de gestión de baterías asociado, un almacenamiento de datos que comprende instrucciones para llevar a cabo el método de gestión de baterías asociado y un programa informático para llevar a cabo el método de gestión de baterías asociado, en particular para sistemas de baterías que comprenden una pluralidad de paquetes de baterías individuales.

10 Los paquetes de baterías son conjuntos de celdas de batería conectadas eléctricamente entre sí. Combinados, una pluralidad de paquetes de baterías individuales pueden formar sistemas de baterías utilizados para una gran variedad de aplicaciones, tales como vehículos eléctricos (movilidad), pero también almacenamiento estacionario (temporal), herramientas eléctricas inalámbricas, electrónica de consumo, etcétera. Normalmente, un vehículo eléctrico puede ser un automóvil o un vehículo de dos ruedas, tal como un scooter de motor, en lo sucesivo también denominado scooter, o motocicleta. Alternativamente, el vehículo también puede ser un triciclo o un cuatriciclo. Normalmente, un almacenamiento estacionario temporal puede ser una solución de almacenamiento de energía eléctrica fuera de la red para energías renovables o servidores. Estas aplicaciones tienen además en común que un usuario puede intercambiar en caliente uno o más paquetes de baterías durante la operación, lo que plantea el problema de la conexión de múltiples paquetes de baterías que tienen estados de carga, temperaturas e historial de uso potencialmente diferentes, entre otros.

20 Los sistemas de baterías de paquetes múltiples convencionales aplican el acoplamiento de los paquetes de baterías en serie o en paralelo. Cuando los paquetes de baterías están conectados en serie, el voltaje total aumenta con cada paquete de baterías adicional. Cuando los paquetes de baterías están conectados en paralelo, el nivel de voltaje se mantiene en el nivel de voltaje de un solo paquete de baterías.

25 Una conexión en serie requiere un amplio intervalo de carga de voltaje de operación o un medio para transformar el voltaje a un nivel más constante. Ambas aumentan la complejidad y, con frecuencia, son poco prácticas.

30 Una conexión en paralelo no tiene este problema. Sin embargo, para acoplar inicialmente varios paquetes en paralelo, se requiere que los paquetes tengan un voltaje muy cercano. Si este no es el caso, una corriente fluiría de un paquete a otro con el riesgo de sobrecorriente y sobrecalentamiento. Para evitar esto, los siguientes dos métodos de prevención conocidos se han aplicado en la técnica anterior solos o en combinación. El primer método de prevención conocido es el equilibrio activo, en donde se permite que una corriente controlada fluya de un paquete de baterías a otro paquete de baterías para mitigar la diferencia de voltaje entre ambos paquetes de baterías. Esto provoca pérdidas de conversión y requiere tiempo. El segundo método de prevención conocido consiste en descargar solo el paquete de baterías de mayor voltaje hasta que se alcance el voltaje del primer paquete de baterías de menor voltaje. Los paquetes de baterías solo se acoplan una vez que la diferencia de voltaje está dentro de un valor predeterminado limitado. Este segundo método de prevención también requiere mucho tiempo antes de que los paquetes de baterías puedan acoplarse realmente entre sí. Sin embargo, estas soluciones de la técnica anterior no abordan el problema del intercambio eficiente en caliente de paquetes de baterías dentro o fuera de un sistema de baterías.

35 Además, los sistemas convencionales de baterías de paquete único normalmente funcionan con una carga de sistema permitida que es predeterminada y estática. Sin embargo, para sistemas de baterías con varios paquetes de baterías, la carga admisible del sistema, es decir, la corriente y la potencia totales permitidas del sistema, es más difícil de deducir. De hecho, la corriente y la potencia que cualquier paquete de baterías de la pluralidad de paquetes de baterías conectados puede suministrar en un momento dado pueden cambiar con su estado, por ejemplo, la temperatura, el estado de carga, el historial de uso, etc. Cuando se combinan varios paquetes de baterías para formar un sistema de baterías, algunos de estos paquetes de baterías pueden proporcionar más corriente y energía que otros paquetes de baterías debido a su estado. Además, los paquetes de baterías que están conectados en serie o en paralelo pueden no compartir la corriente por igual, debido a las diferencias de impedancia entre los paquetes de baterías individuales y sus conexiones eléctricas. En combinación, estos efectos dan como resultado una corriente y una potencia del sistema permitidas combinadas que no son iguales a la simple suma de los paquetes de baterías individuales, y cambian con los estados individuales de cada uno de los paquetes de baterías del sistema de baterías. En los siguientes documentos se muestran algunos ejemplos del estado de la técnica relevante: WO2009111478, CN107769280, JP4987581 y US2013181681.

60 Resumen

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de baterías y un método de gestión de baterías para un sistema de baterías que estén mejorados con respecto a la técnica anterior y en los que al menos uno de los problemas mencionados anteriormente se evite o alivie.

65 La presente invención se define en la reivindicación 1 del aparato independiente.

Las realizaciones se basan, entre otras cosas, en la visión inventiva de que, en cualquier momento, la arquitectura de conexión de uno o más paquetes de baterías en paralelo se ajusta dinámicamente al conjunto de paquetes de baterías y sus condiciones. De esta manera, la gestión de la batería se hace más resiliente y flexible, ya que es capaz de hacer frente a los intercambios, e incluso a los intercambios en caliente, de paquetes individuales sin sacrificar la seguridad ni la operatividad.

Según una realización preferida, un elemento de conmutación unidireccional comprende una combinación en serie de un conmutador controlable activamente y un conmutador unidireccional controlado pasivamente. De esta manera, la función de un elemento de conmutación unidireccional puede obtenerse mediante la combinación de dos elementos simples disponibles en el mercado, uno que fuerza una dirección del flujo de corriente y el otro que se activa o desactiva de forma controlable. Preferiblemente, el conmutador unidireccional controlado pasivamente es un diodo, más preferiblemente un diodo ideal. De esta manera, se asegura la unidireccionalidad del flujo de la corriente en el elemento de conmutación unidireccional combinado. El conmutador controlable puede ser bidireccional o unidireccional, en cuyo caso debe estar orientado de la misma manera que el conmutador unidireccional controlado pasivamente.

Un par de elementos de conmutación unidireccionales antiparalelos comprenden, conectados en forma antiparalela, un elemento de conmutación de descarga orientado de manera que permita la descarga del paquete de baterías asociado y un elemento de conmutación de carga orientado de tal manera que permita la carga del paquete de baterías asociado. De esta manera, se puede controlar de forma independiente una ruta de carga o una ruta de descarga a un paquete de baterías. En particular, el control independiente para cada dirección de transferencia de energía permite bloquear cualquier equilibrio cruzado no deseado entre paquetes de baterías.

Según una realización preferida, el controlador está configurado en un primer modo de funcionamiento para conectar todos los elementos de conmutación de descarga, conectar el elemento de conmutación de carga del paquete de baterías que tiene el voltaje más alto y desconectar todos los demás elementos de conmutación de carga. Durante este modo de operación, se enfatiza la descarga, la energía regenerativa aún se puede absorber y la seguridad está asegurada. Se observa que, de manera contraria a la intuición, la batería que se recarga es la batería que, en teoría, necesita menos recarga. Sin embargo, esa operación asegura que se impida el equilibrio de las corrientes desde el paquete de baterías de alto voltaje a los paquetes de baterías con voltajes más bajos durante cualquier fase de regeneración intermitente. De esta manera, se prioriza la operatividad y la seguridad por encima de la gestión de la energía.

Según una realización preferida, el controlador está configurado en un segundo modo de funcionamiento para conectar todos los elementos de conmutación de carga, conectar el elemento de conmutación de descarga del paquete de baterías que tiene el voltaje más bajo y desconectar todos los demás elementos de conmutación de descarga. Durante este modo de operación, se enfatiza la carga, la energía de descarga aún se puede entregar y la seguridad está asegurada. Se observa que, de manera contraria a la intuición, la batería que está descargada es la batería que está menos cargada. Sin embargo, esa operación asegura que se evite el equilibrio de las corrientes entre ese paquete de baterías y los paquetes de baterías con voltajes más altos durante cualquier fase de descarga intermitente. De esta manera, se prioriza la operatividad y la seguridad por encima de la gestión de la energía.

Según una realización preferida, el controlador está configurado en un tercer modo de operación para, si las diferencias de voltaje y corriente entre los paquetes de baterías se encuentran dentro de un intervalo predeterminado, conectar todos los elementos de conmutación de carga y descarga. En este modo, se permite que el equilibrio entre las celdas ocurra en pequeñas proporciones. Alternativamente, si las diferencias de voltaje y corriente entre los paquetes de baterías se encuentran fuera de un intervalo predeterminado, el controlador está configurado en un cuarto modo de operación para conmutar dinámicamente entre el primer y el segundo modo de operación. Preferiblemente, antes de cambiar de un modo a otro, primero se desconectan todos los elementos de conmutación y se confirma un estado inactivo desconectado para cada paquete de baterías. De esta manera, se logra una mayor flexibilidad para hacer frente a las diferentes demandas de carga y a las diferentes condiciones de los paquetes de baterías.

Según una realización desarrollada adicionalmente, el controlador está configurado para funcionar según dos o más modos de funcionamiento, que incluyen al menos el primer modo de funcionamiento para la descarga óptima de todos los paquetes de baterías a la carga externa, el segundo modo para la carga óptima de todos los paquetes de baterías desde la carga externa, el tercer modo para una transferencia bidireccional óptima entre los paquetes de baterías y la carga externa. De esta manera, el sistema de baterías puede hacer frente al intercambio frecuente (en caliente) de paquetes de baterías y a una carga externa variable al cambiar dinámicamente entre los modos de operación. Se observa que la carga externa puede ser una carga real que consume energía y/o una fuente que genera energía. Por ejemplo, la carga externa puede ser un motor con una fase de tracción durante la cual la carga consume energía, teniendo dicho motor también una fase de regeneración durante la cual la carga proporciona energía para recargar el sistema de baterías. Alternativamente, la carga externa puede ser una impedancia pura, por ejemplo, para una herramienta manual, o una fuente ideal para una estación de carga.

Según una realización preferida, el controlador de gestión de baterías está configurado para controlar dinámicamente los elementos de conmutación basándose en uno o más de un parámetro del sistema de baterías y uno o más de un

parámetro de la carga externa. Preferiblemente, uno o más de un parámetro del sistema de baterías comprenden uno o más de un parámetro para los paquetes de baterías, incluyendo uno o más de los siguientes: un voltaje medido en un paquete de baterías, una corriente medida que fluye a través de un paquete de baterías, un estado de carga (SoC) derivado de un paquete de baterías, un voltaje de circuito abierto (OCV - *Open Circuit Voltage*) estimado, una corriente máxima permitida ($I_{m\acute{a}x.}$) de un paquete de baterías. También se pueden contemplar otros parámetros bien conocidos para describir el estado energético de un paquete de baterías. Preferiblemente, uno o más de un parámetro de la carga externa incluyen uno o más de los siguientes: una solicitud de corriente de carga para una carga eléctrica, una solicitud de par para un motor, una solicitud de velocidad para un vehículo. También se pueden contemplar otros parámetros bien conocidos para describir un estado de uso de la carga.

El controlador de gestión de baterías está configurado para calcular dinámicamente una corriente máxima permitida del sistema de baterías según una impedancia estimada para cada paquete de baterías, una corriente máxima permitida para cada paquete de baterías y un voltaje de circuito abierto estimado para cada paquete de baterías. De esta manera, el sistema de baterías puede comunicar esta importante variable a un sistema de gestión de carga, para limitar dinámicamente la solicitud de salida de la carga a lo que el sistema de baterías puede entregar. Esta gestión global dinámica de la carga y del sistema de baterías mejora la vida útil de la batería. Preferiblemente, el controlador de gestión de baterías está configurado para calcular dinámicamente una corriente máxima permitida del sistema de baterías usando la siguiente Fórmula:

$$I_{m\acute{a}x\ total}(t) = Sum. \begin{cases} (OCV_1(t) - U_{min}(t)) * Z_1(t) \\ (\vdots - \vdots) * \vdots \\ (OCV_n(t) - U_{min}(t)) * Z_n(t) \end{cases}$$

$$con\ U_{min}(t) = m\acute{a}x \begin{cases} OCV_1(t) - Z_1(t) * I_{1,m\acute{a}x}(t) \\ \vdots - \vdots * \vdots \\ OCV_n(t) - Z_n(t) * I_{n,m\acute{a}x}(t) \end{cases}$$

en donde OCV_i es el voltaje de circuito abierto de un paquete de baterías i , Z_i es la impedancia de un paquete de baterías i , $I_{i,m\acute{a}x.}$ es la corriente máxima permitida de un paquete de baterías i , para $i = 1$ a n , siendo n el número total de paquetes de baterías. El controlador de gestión de baterías está configurado para controlar dinámicamente los elementos de conmutación unidireccionales basándose en la corriente máxima permitida calculada del sistema de baterías.

Según una realización preferida, el sistema de baterías está configurado durante su uso para permitir el intercambio en caliente de al menos un paquete de baterías. Por intercambio en caliente se entiende la introducción o extracción de un paquete de baterías durante el funcionamiento del sistema de baterías. Además, un paquete de baterías nuevo puede tener cualquier condición, estado de carga, temperatura o historial. El sistema de baterías, con su arquitectura de conexión versátil, es capaz de hacer frente a uno o más paquetes de baterías intercambiables en caliente y a varios paquetes de baterías en cualquier estado.

Según una realización preferida, se proporciona un vehículo que comprende un sistema de baterías según cualquiera de las realizaciones preferidas anteriores. Preferiblemente, el vehículo es uno de un automóvil, un scooter, una motocicleta, un triciclo o un cuatriciclo. Alternativamente, una herramienta manual inalámbrica o un almacenamiento estacionario pueden estar provistos de un sistema de baterías según cualquiera de las realizaciones preferidas anteriores. Estas alternativas no están cubiertas por las reivindicaciones adjuntas.

De esta manera, se pueden contemplar varios escenarios de uso, por ejemplo, un vehículo con fases de tracción y regeneración.

La presente invención se define además mediante la reivindicación 11 del método independiente.

De esta manera, a pesar de las condiciones variables de los paquetes de baterías, se calcula repetidamente una corriente máxima permitida para todo el sistema en cada ciclo de control para actualizar el estado global del sistema de baterías. Esta información es beneficiosa para cualquier control de carga con el fin de mejorar la gestión de la batería.

Según una realización preferida, el método comprende calcular el voltaje más baja del sistema de baterías en la que el paquete de baterías más restrictivo alcanza su corriente máxima permitida.

Según una realización preferida, el método comprende además la etapa de calcular la corriente máxima permitida del sistema de baterías usando la siguiente Fórmula:

$$I_{m\acute{a}x\ total}(t) = Sum. \begin{cases} (OCV_1(t) - U_{m\acute{i}n}(t)) * Z_1(t) \\ (\vdots - \vdots) * \vdots \\ (OCV_n(t) - U_{m\acute{i}n}(t)) * Z_n(t) \end{cases}$$

$$\text{con } U_{m\acute{i}n}(t) = m\acute{a}x \begin{cases} OCV_1(t) - Z_1(t) * I_{1,m\acute{a}x}(t) \\ \vdots - \vdots * \vdots \\ OCV_n(t) - Z_n(t) * I_{n,m\acute{a}x}(t) \end{cases}$$

en donde OCV_i (*Open Circuit Voltage*) es el voltaje de circuito abierto de un paquete de baterías i , Z_i es la impedancia de un paquete de baterías i , $I_{i,m\acute{a}x}$ es la corriente máxima permitida de un paquete de baterías i , para $i = 1$ a n , siendo n el número total de paquetes de baterías.

Según la invención, se proporciona un dispositivo de almacenamiento de datos que codifica un programa en forma legible y ejecutable por máquina para realizar una o más etapas de cualquiera de las realizaciones del método descrito anteriormente.

Según la invención, se proporciona un programa informático que comprende instrucciones ejecutables por ordenador para realizar el método, cuando el programa se ejecuta en un ordenador, según cualquiera de las etapas de cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente.

Breve descripción de las figuras

En la siguiente descripción, las realizaciones preferidas de la presente invención se explican adicionalmente con referencia a los dibujos, en los que:

la Figura 1 es una descripción general de un sistema de baterías que comprende tres paquetes de baterías;

la Figura 2a es una vista esquemática detallada que muestra un estado de carga;

la Figura 2b es una vista esquemática detallada que muestra un estado de descarga;

la Figura 2c es una vista esquemática detallada que muestra un estado bidireccional; y

la Figura 2d es una vista esquemática detallada que muestra un estado inactivo.

Descripción de las realizaciones

En el sistema de baterías 1, se pueden conectar múltiples paquetes de baterías 2 en ramas paralelas 8. El sistema de baterías 1 puede conectarse además en paralelo a una carga externa L para intercambiar energía eléctrica con la carga externa L . Un paquete de baterías 2 puede comprender una pluralidad de celdas de batería conectadas eléctricamente entre sí, preferiblemente en serie. Para permitir que la energía fluya hacia y desde cada paquete de baterías 2, cada derivación 8 puede estar equipada con dos diodos 5, 7. Un diodo 5 de los dos diodos 5, 7 puede dirigirse para permitir la carga del paquete de baterías asociado 2, y el otro diodo 7 de los dos diodos 5, 7 puede dirigirse para permitir la descarga del paquete de baterías asociado 2. Los diodos son, por definición, conmutadores controlados pasivamente, cuya conducción depende de la caída de voltaje a través de ellos. Cada ruta de carga o descarga individual en una rama 8 puede habilitarse o deshabilitarse además mediante un conmutador 4, 6 controlable asociado que está conectado en serie al diodo respectivo 5, 7. Los conmutadores 4, 6 son conmutadores controlables activamente que reciben las órdenes de conmutación respectivas de un controlador (no representado). El controlador puede estar formado como un elemento separado y ubicado cerca de los paquetes de baterías, o deslocalizado y/o combinado con otros medios de control dedicados a la carga. Los diodos 5, 7 y los conmutadores 4, 6 pueden estar conectados al lado bajo (ánodo) o al lado alto (cátodo) de los paquetes de baterías 2. Cada combinación de un conmutador controlable 4, 6 y un diodo en serie 5, 7 actúa como un elemento 3 de conmutación unidireccional que puede controlarse activamente a través del controlador. Debido a la orientación de los diodos en direcciones opuestas, la combinación de los conmutadores 4, 6 y los diodos 5, 7 forma un par de elementos 3 de conmutación unidireccionales conectados en forma antiparalela entre sí. Por antiparalelo se entiende que los elementos 3 de conmutación unidireccionales están conectados en paralelo entre sí y que están orientados en direcciones opuestas. Los elementos 3 de conmutación unidireccionales pueden denominarse además, basándose en su orientación, elementos de conmutación de carga porque están orientados para permitir la carga del paquete de baterías asociado o elementos de conmutación de descarga porque están orientados para permitir la descarga del paquete de baterías asociado. En la Figura 1, la combinación de un conmutador 4 y un diodo 5 forma un denominado elemento de conmutación de carga orientado para permitir la carga (cuando está conectado) y bloquear la descarga del paquete de baterías asociado. De manera similar, la combinación de un conmutador 6 y un diodo 7 forma un denominado elemento de conmutación de descarga orientado para permitir la descarga (cuando se conecta) y bloquear la carga

del paquete de baterías asociado. Los conmutadores 4, 6 pueden ser de tipo de estado sólido o de tipo mecánico, pero no se limitan a los mismos. Si ya hay un conmutador alternativo para otras funciones de protección de la batería, este conmutador alternativo en particular también se puede usar para funcionar como un conmutador 4, 6. En consecuencia, cada paquete de baterías 2 de la batería 1 puede configurarse en al menos tres estados: carga, descarga y transferencia bidireccional de energía.

En el estado de carga mostrado en la Figura 2a, el conmutador 4 está cerrado para permitir que la corriente de carga fluya a través del diodo 5. El conmutador 6 se mantiene abierto para evitar que la corriente de descarga fluya a través del diodo 7.

En el estado de descarga mostrado en la Figura 2b, el conmutador 6 está cerrado para permitir que la corriente de descarga fluya a través del diodo 7. El conmutador 4 se mantiene abierto para evitar que la corriente de carga fluya a través del diodo 5.

En el estado bidireccional mostrado en la Figura 2c, ambos conmutadores 4 y 6 están cerrados para permitir que la corriente de carga fluya a través del diodo 5 y que la corriente de descarga fluya a través del diodo 7.

En una realización preferida adicional, un "estado inactivo" puede identificarse como un cuarto estado. En este estado inactivo, que se muestra en la Figura 2d, ambos conmutadores 4 y 6 se mantienen abiertos para evitar que fluya cualquier corriente de carga o corriente de descarga.

El controlador puede configurarse para controlar los conmutadores dependiendo de al menos un parámetro de la carga externa L y de al menos un parámetro del sistema de batería. Por lo general, para cumplir con las restricciones de seguridad y eficiencia, en el caso de un solo paquete de baterías, el controlador puede configurarse para limitar dinámicamente la carga solicitada por la carga externa L, es decir, el vehículo, para no exceder la carga máxima permitida del paquete de baterías único.

En un sistema de baterías más complejo con una pluralidad de paquetes de baterías, estimar la corriente máxima permitida del sistema es un desafío mayor. En particular, las aplicaciones en las que los paquetes de baterías pueden intercambiarse en caliente presentan el desafío de combinar paquetes de baterías con diferentes estados de carga, temperaturas e historiales de uso, entre otros. Esto ocurre especialmente en aplicaciones de vehículos pequeños (scooters, vehículos de 3 ruedas) en las que el mero tamaño de un paquete de baterías hace posible y necesario que un usuario retire y reemplace manualmente los paquetes de baterías del sistema de baterías. Por ejemplo, un repartidor que utilice un scooter eléctrico provisto de varios paquetes de baterías puede intercambiar paquetes de baterías entre entregas para mejorar su intervalo de autonomía.

La arquitectura de conmutación flexible de la Figura 1 permite hacer frente a una situación de este tipo. Adicional o alternativamente, según otro aspecto de la invención, ahora se describirá un método para estimar esta importante variable para resolver también el desafío identificado anteriormente de los sistemas de baterías con múltiples paquetes de baterías.

La corriente máxima permitida del sistema $I_{m\acute{a}x. total}$ del sistema de baterías 1 en cualquier momento se determina de hecho según la siguiente información temporal para cada paquete de baterías 2 individual de la batería 1:

- la impedancia de un paquete de baterías 2 ($Z(t)$), que normalmente es un producto del estado de carga, el estado de salud y la temperatura;
- el voltaje de circuito abierto ($OCV(t)$) de un paquete de baterías 2, que se define como el voltaje del paquete de baterías 2 si no se consume corriente durante algún tiempo; y
- la corriente máxima permitida ($I_{m\acute{a}x.}$) de un paquete de baterías 2, que puede estar limitada por motivos de seguridad, vida útil, garantía, etc.

Basándose en estos datos, el voltaje de batería $U_{m\acute{i}n.}$ más bajo del sistema de baterías 1, al que el paquete de baterías 2 más restrictivo alcanza su corriente máxima permitida ($I_{m\acute{a}x.}$) se calcula utilizando la fórmula siguiente, en la que "n" es el número de paquetes de baterías 2 que se ensamblan para definir el sistema de baterías 1:

$$U_{m\acute{i}n}(t) = m\acute{a}x \left\{ \begin{array}{l} OCV_1(t) - Z_1(t) * I_{1,m\acute{a}x}(t) \\ \vdots \quad - \quad \vdots \quad * \quad \vdots \\ OCV_n(t) - Z_n(t) * I_{n,m\acute{a}x}(t) \end{array} \right.$$

El voltaje $U_{m\acute{i}n.}$ del sistema de baterías más bajo resultante del sistema de baterías 1 se puede usar entonces para calcular la corriente máxima permitida ($I_{m\acute{a}x. total}$) del sistema de baterías 1 usando la siguiente Fórmula:

$$I_{\text{máx total}}(t) = \text{Sum.} \begin{cases} (OCV_1(t) - U_{\text{mín}}(t)) * Z_1(t) \\ (\vdots - \vdots) * \vdots \\ (OCV_n(t) - U_{\text{mín}}(t)) * Z_n(t) \end{cases}$$

La potencia máxima permitida de la batería $P_{\text{batería}}$ del sistema de baterías 1 puede ser el producto del voltaje de batería $U_{\text{mín}}$, más bajo del sistema de baterías 1 y la corriente máxima permitida ($I_{\text{máx. total}}$) del sistema de baterías 1, definida por la Fórmula:

$$P_{\text{batería}}(t) = U_{\text{mín}}(t) * I_{\text{máx total}}(t)$$

Por lo tanto, para una batería 1 que es un conjunto de tres paquetes de baterías, se pueden usar las siguientes Fórmulas:

$$U_{\text{mín}}(t) = \text{máx} \begin{cases} OCV_1(t) - Z_1(t) * I_{1,\text{máx}}(t) \\ OCV_2(t) - Z_2(t) * I_{2,\text{máx}}(t) \\ OCV_3(t) - Z_3(t) * I_{3,\text{máx}}(t) \end{cases}$$

$$I_{\text{máx total}}(t) = \text{Sum.} \begin{cases} (OCV_1(t) - U_{\text{mín}}(t)) * Z_1(t) \\ (OCV_2(t) - U_{\text{mín}}(t)) * Z_2(t) \\ (OCV_3(t) - U_{\text{mín}}(t)) * Z_3(t) \end{cases}$$

Un sistema de gestión de baterías (BMS - *Battery Management System*) también denominado en la aplicación controlador de gestión de baterías, puede configurarse para determinar y/o calcular en cada ciclo de control los parámetros anteriormente mencionados OCV, Z, $I_{\text{máx.}}$, $U_{\text{mín.}}$, $I_{\text{máx. total}}$ y $P_{\text{batería}}$. Estos parámetros pueden derivarse y/o medirse según métodos conocidos en la técnica basándose en sensores y/o medios de procesamiento digital.

Dicho sistema o controlador de gestión de baterías puede disponerse dentro del sistema de baterías 1, en particular en uno o más de los paquetes de baterías 2. Uno o más de los paquetes de baterías 2 pueden servir como un paquete de baterías “maestro” 2 y comprender un BMS/controlador que también está asociado con uno o más de un paquete de baterías “esclavos” 2.

Alternativamente, el controlador o sistema de gestión de baterías puede disponerse externamente al sistema de baterías 1 y puede ser, por ejemplo, un controlador de un dispositivo eléctrico de carga externa, en particular de un vehículo. Aunque el controlador puede ser un controlador dedicado, alternativamente puede estar integrado en una unidad de control electrónico (ECU - *Electronic Control Unit*) del vehículo.

La corriente máxima permitida de la batería ($I_{\text{máx. total}}$) y/o la potencia máxima permitida $P_{\text{batería}}$ del sistema de batería 1, según lo determine el BMS, pueden usarse para limitar dinámicamente la carga solicitada por la carga externa, sin superar la carga máxima permitida del sistema de baterías 1.

La determinación dinámica de la corriente máxima permitida de la batería ($I_{\text{máx. total}}$) y/o la potencia máxima permitida $P_{\text{batería}}$ del sistema de baterías 1 permite el uso óptimo de un sistema de baterías 1 que es un conjunto de múltiples paquetes de baterías 2. Cualquier diferencia en el estado y el historial de los paquetes de baterías individuales 2 se reconoce y se tiene en cuenta de manera efectiva.

Se observa que con el uso de diodos convencionales se produce una pérdida de voltaje. Esto genera calor y afecta negativamente al rendimiento del sistema. Para superar esto, se puede implementar un diodo “ideal”. Un “diodo ideal” es un circuito dedicado configurado para imitar un diodo convencional sin pérdidas significativas en aplicaciones de alta potencia.

La carga solicitada por la carga externa puede, por lo tanto, limitarse según el método descrito anteriormente. Además, el controlador puede combinar los diferentes paquetes de baterías 2 a través de sus elementos de conmutación para adaptarse a diferentes necesidades. En el caso de un vehículo eléctrico, puede desearse una descarga completa durante un estado de tracción activa, al tiempo que permite cierta regeneración durante la pausa regenerativa, mientras que puede desearse una carga completa durante una operación de recarga mientras el vehículo está conectado a una estación de carga. A continuación, el controlador puede seleccionar los siguientes modos de funcionamiento para satisfacer las necesidades de carga: Durante un primer modo de funcionamiento, para proporcionar la máxima potencia de descarga, todos los paquetes de baterías 2 pueden configurarse para permitir la descarga de corriente. Puede producirse alguna regeneración durante ese modo de funcionamiento, por ejemplo, durante el frenado regenerativo de un vehículo. Sin embargo, para evitar cualquier corriente cruzada o de equilibrio no controlada entre los paquetes de baterías, solo el paquete de baterías de mayor voltaje puede configurarse para

permitir el flujo de corriente en ambas direcciones aplicando el estado bidireccional que se muestra en la Figura 2c a ese paquete de baterías específico. Si se mantiene este modo de funcionamiento, una vez que el voltaje del paquete de baterías de mayor voltaje alcance el nivel del siguiente paquete de baterías de mayor voltaje, es posible que dos paquetes de baterías se descarguen en paralelo, y así sucesivamente.

Durante un segundo modo de funcionamiento, para proporcionar la máxima potencia de carga, todos los paquetes de baterías 2 pueden configurarse para permitir la corriente de carga. La descarga temporal puede ser posible para el paquete de baterías 2 de menor voltaje, configurado entonces para permitir el flujo de corriente en ambas direcciones mediante la aplicación del estado bidireccional que se muestra en la Figura 2c. Este modo de funcionamiento imita el primer modo de funcionamiento, excepto para cargar. Permite una carga máxima, algunas descargas y evita que las corrientes de equilibrio descontroladas entre los paquetes de baterías.

Durante un tercer modo de funcionamiento y para permitir un mayor flujo de corriente en ambas direcciones, se pueden configurar múltiples paquetes de baterías 2 en el estado bidireccional mostrado en la Figura 2c. Para asegurarse de que no fluya corriente o sea mínima de un paquete de baterías 2 a otro paquete de baterías 2, se puede comprobar el voltaje de cada paquete de baterías 2 y/o la corriente proporcionada por cada paquete de baterías 2 bajo carga antes de configurar más de un paquete de baterías 2 en el estado bidireccional que se muestra en la Figura 2c. Si las diferencias de voltaje y corriente se encuentran dentro de un intervalo predefinido, se permite que el paquete de baterías 2 entre en el estado bidireccional. En este modo, se permite el equilibrio, ya que se han cumplido las condiciones para permitirlo de forma segura, es decir, se comprobó que los paquetes de baterías están más o menos cargados de manera similar.

Durante un cuarto modo de operación, para permitir la máxima potencia de carga y descarga sin que se cumplan las condiciones de voltaje y corriente del tercer modo de operación, el controlador puede configurarse para cambiar dinámicamente entre el estado de carga del segundo modo de operación (mostrado en la Figura 2a) y el estado de descarga (mostrado en la Figura 2b) del primer modo de operación, en cada paquete de baterías 2 individualmente basándose en la demanda. Para evitar que se produzca una alta corriente cruzada entre paquetes de baterías con diferentes condiciones de carga, se pueden tener en cuenta las siguientes medidas:

- a. antes de pasar al nuevo estado, todos los paquetes de baterías 2 pasarán primero a un estado desconectado (el estado inactivo se muestra en la Figura 2d);
- b. tras confirmar que todos los paquetes de baterías 2 han alcanzado satisfactoriamente el estado inactivo, pasarán todos al nuevo estado; y
- c. estas condiciones se seguirán preferiblemente para ambas transiciones del estado de carga al estado de descarga y viceversa.

Un experto en la técnica reconocería fácilmente que las etapas de los diversos métodos descritos anteriormente pueden realizarse por ordenadores programados. En la presente memoria, algunas realizaciones también pretenden cubrir dispositivos de almacenamiento de programas, por ejemplo, medios de almacenamiento de datos digitales, que son legibles por máquina u ordenador y codifican programas de instrucciones ejecutables por máquina o ejecutables por ordenador, en donde dichas instrucciones realizan algunas o todas las etapas de dichos métodos descritos anteriormente. Los dispositivos de almacenamiento de programas pueden ser, por ejemplo, memorias digitales, medios de almacenamiento magnético tales como discos magnéticos y cintas magnéticas, discos duros o medios de almacenamiento de datos digitales ópticamente legibles. Las realizaciones también pretenden cubrir ordenadores programados para realizar dichas etapas de los métodos descritos anteriormente.

Las funciones de los diversos elementos mostrados en las figuras, incluido cualquier bloque funcional etiquetado como “procesadores” o “módulos”, pueden proporcionarse mediante el uso de hardware dedicado, así como hardware capaz de ejecutar software en asociación con el software apropiado. Cuando se proporciona por un procesador, las funciones pueden ser proporcionadas por un único procesador dedicado, por un único procesador compartido, o por una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden compartirse. Además, el uso explícito del término “procesador” o “controlador” no debe interpretarse como que se refiere exclusivamente al hardware capaz de ejecutar software, y puede incluir implícitamente, sin limitación, hardware de procesador de señal digital (DSP), procesador de red, circuito integrado de aplicación específica (ASIC), matriz de puertas programables en campo (FPGA), memoria de solo lectura (ROM) para almacenar software, memoria de acceso aleatorio (RAM) y almacenamiento no volátil. También se puede incluir otro hardware, convencional y/o personalizado. De manera similar, cualquier conmutador mostrado en las Figuras es solamente conceptual. Su función puede llevarse a cabo a través de la operación de lógica de programa, a través de lógica dedicada, a través de la interacción de control de programa y lógica dedicada, o incluso manualmente, la técnica particular que puede seleccionarse por el implementador como se entiende más específicamente a partir del contexto.

Los expertos en la técnica deben apreciar que cualquier diagrama de bloques en la presente memoria representa vistas conceptuales de circuitos ilustrativos que incorporan los principios de la invención. De manera similar, se apreciará que cualquier diagrama de flujo, esquemas de flujo, diagramas de transición de estado, pseudocódigos y

similares representan diversos procesos que pueden estar sustancialmente representados en medio legible por ordenador y ejecutados por un ordenador o procesador, ya sea que tal ordenador o procesador se muestre explícitamente.

- 5 Aunque los principios de la invención se han expuesto anteriormente en relación con realizaciones específicas, debe entenderse que esta descripción se realiza simplemente a modo de ejemplo y no como una limitación del alcance de protección que se determina por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de baterías (1) para la conexión a una carga externa (L) que comprende:

- una pluralidad de paquetes de baterías (2)
 - una pluralidad de elementos (3) de conmutación unidireccionales, y
 - un controlador de gestión de baterías,
 - el sistema de baterías comprende una pluralidad de ramas (8) conectadas en paralelo entre sí, comprendiendo cada rama (8) un paquete de baterías (2) conectado en serie con un par de elementos (3) de conmutación unidireccionales conectados en antiparalelo, **caracterizado porque** el controlador de gestión de baterías está configurado para calcular dinámicamente una corriente máxima permitida del sistema de baterías basándose en una impedancia estimada para cada paquete de baterías, una corriente máxima permitida para cada paquete de baterías y un voltaje de circuito abierto estimado para cada paquete de baterías, y

el controlador de gestión de baterías está configurado para controlar dinámicamente los elementos de conmutación unidireccionales basándose en la corriente máxima permitida calculada del sistema de baterías.

2. El sistema de baterías de la reivindicación 1, en donde el elemento (3) de conmutación unidireccional comprende una combinación en serie de un conmutador (4, 6) controlable activamente y un conmutador (5, 7) unidireccional controlado pasivamente.

3. El sistema de baterías la reivindicación anterior, en donde el conmutador (5, 7) unidireccional controlado pasivamente es un diodo, más preferiblemente un diodo ideal.

4. El sistema de baterías de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el par de elementos (3) de conmutación unidireccionales antiparalelos comprende, conectados de forma antiparalela, un elemento de conmutación de descarga orientado para permitir la descarga y bloquear la carga del paquete de baterías asociado y un elemento de conmutación de carga orientado para permitir la carga y bloquear la descarga del paquete de baterías asociado.

5. El sistema de baterías de la reivindicación anterior 4,

en donde el controlador está configurado en un primer modo de operación para conectar todos los elementos de conmutación de descarga, conectar el elemento de conmutación de carga del paquete de baterías que tiene el voltaje más alto y desconectar todos los demás elementos de conmutación de carga; y/o

en donde el controlador está configurado en un segundo modo de funcionamiento para conectar todos los elementos de conmutación de carga, conectar el elemento de conmutación de descarga del paquete de baterías que tiene el voltaje más bajo y desconectar todos los demás elementos de conmutación de descarga; y/o en donde el controlador está configurado en un tercer modo de operación para, si las diferencias de voltaje y corriente entre los paquetes de baterías (2) se encuentran dentro de un intervalo predeterminado, conectar todos los elementos de conmutación de carga y descarga.

6. El sistema de baterías de la reivindicación 5 anterior, en donde el controlador está configurado en un cuarto modo de funcionamiento para, si las diferencias de voltaje y corriente entre los paquetes de baterías se encuentran fuera de un intervalo predeterminado, cambiar dinámicamente entre el primer y el segundo modo de funcionamiento, en donde preferiblemente antes de cambiar de un modo a otro, primero se desconectan todos los elementos de conmutación y se confirma un estado inactivo desconectado para cada paquete de baterías.

7. El sistema de baterías de la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en donde el controlador está configurado para funcionar según dos o más de los siguientes modos de funcionamiento: el primer modo de funcionamiento para la descarga máxima de todos los paquetes de baterías a la carga externa, el segundo modo para la carga máxima de todos los paquetes de baterías desde la carga externa y el tercer modo para la máxima transferencia bidireccional entre los paquetes de baterías y la carga externa.

8. El sistema de baterías de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el controlador de gestión de baterías está configurado para controlar dinámicamente los elementos de conmutación basándose en uno o más de un parámetro adicional del sistema de baterías y uno o más de un parámetro de la carga externa (L), en donde preferiblemente uno o más de un parámetro adicional del sistema de baterías comprende uno o más de un parámetro para los paquetes de baterías, incluido uno o más de lo siguiente: un voltaje medido en un paquete de baterías, corriente medida que fluye a través de un paquete de baterías, un estado de carga (SoC) derivado de un paquete de baterías, y/o en donde preferiblemente uno o más de un parámetro de la

carga externa incluyen uno o más de lo siguiente: una solicitud de corriente de carga, una solicitud de par, una solicitud de velocidad.

9. El sistema de baterías de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el controlador de gestión de baterías está configurado para calcular dinámicamente la corriente máxima permitida del sistema de baterías utilizando la siguiente Fórmula:

$$I_{\text{máx total}}(t) = \text{Sum.} \begin{cases} (OCV_1(t) - U_{\text{min}}(t)) * Z_1(t) \\ (\vdots - \vdots) * \vdots \\ (OCV_n(t) - U_{\text{min}}(t)) * Z_n(t) \end{cases}$$

$$\text{con } U_{\text{min}}(t) = \text{máx} \begin{cases} OCV_1(t) - Z_1(t) * I_{1,\text{máx}}(t) \\ \vdots - \vdots * \vdots \\ OCV_n(t) - Z_n(t) * I_{n,\text{máx}}(t) \end{cases}$$

en donde OCV; es el voltaje de circuito abierto estimado de un paquete de baterías i, Z_i es la impedancia estimada de un paquete de baterías i, $I_{i,\text{máx}}$ es la corriente máxima permitida de un paquete de baterías i, para $i=1$ a n, siendo n el número total de paquetes de baterías, en donde preferiblemente el sistema de baterías se configura durante el uso usando dicha fórmula para permitir el intercambio en caliente de al menos un paquete de baterías.

10. Un vehículo que comprende un sistema de baterías de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde preferiblemente el vehículo es un automóvil, un scooter, una motocicleta, un triciclo o un cuatriciclo.
11. Un método de gestión de baterías para un sistema de baterías de una pluralidad de paquetes de baterías de la reivindicación 1, en donde el método comprende las etapas de:

- recibir una impedancia estimada ($Z_i(t)$) para cada paquete de baterías, una corriente máxima permitida ($I_{i,\text{máx}}$) para cada paquete de baterías y un voltaje de circuito abierto estimado (OCV); (t) para cada paquete de baterías,
- calcular dinámicamente una corriente máxima permitida del sistema de baterías ($I_{\text{máx total}}(t)$) basándose en la información recibida, y
- gestionar la pluralidad de paquetes de baterías según la corriente máxima permitida calculada del sistema de baterías ($I_{\text{máx total}}(t)$), en donde la gestión de la pluralidad de paquetes de baterías comprende controlar dinámicamente los elementos de conmutación unidireccionales basándose en la corriente máxima permitida calculada del sistema de baterías.

12. Un método de gestión de baterías de la reivindicación anterior, que comprende además calcular el voltaje más bajo del sistema de baterías al que el paquete de baterías más restrictivo alcanza su corriente máxima permitida ($U_{\text{mín}}(t)$).

13. Un método de gestión de baterías de cualquiera de las reivindicaciones de método anteriores, que comprende además la etapa de calcular la corriente máxima permitida del sistema de baterías usando la siguiente Fórmula:

$$I_{\text{máx total}}(t) = \text{Sum.} \begin{cases} (OCV_1(t) - U_{\text{min}}(t)) * Z_1(t) \\ (\vdots - \vdots) * \vdots \\ (OCV_n(t) - U_{\text{min}}(t)) * Z_n(t) \end{cases}$$

$$\text{con } U_{\text{min}}(t) = \text{max} \begin{cases} OCV_1(t) - Z_1(t) * I_{1,\text{max}}(t) \\ \vdots - \vdots * \vdots \\ OCV_n(t) - Z_n(t) * I_{n,\text{max}}(t) \end{cases}$$

en donde OCV; es el voltaje de circuito abierto estimado de un paquete de baterías i, Z_i es la impedancia estimada de un paquete de baterías i, $I_{i,\text{máx}}$ es la corriente máxima permitida de un paquete de baterías i, para $i = 1$ a n, siendo n el número total de paquetes de baterías.

14. Un dispositivo de almacenamiento de datos que codifica un programa en forma legible por máquina y ejecutable por máquina para realizar una o más etapas de una cualquiera de las realizaciones de método descrito anteriormente y/o a continuación.

15. Un programa informático que comprende instrucciones ejecutables por ordenador para realizar un método, cuando el programa se ejecuta en un ordenador, según cualquiera de las etapas de cualquiera de las reivindicaciones de método anteriores.

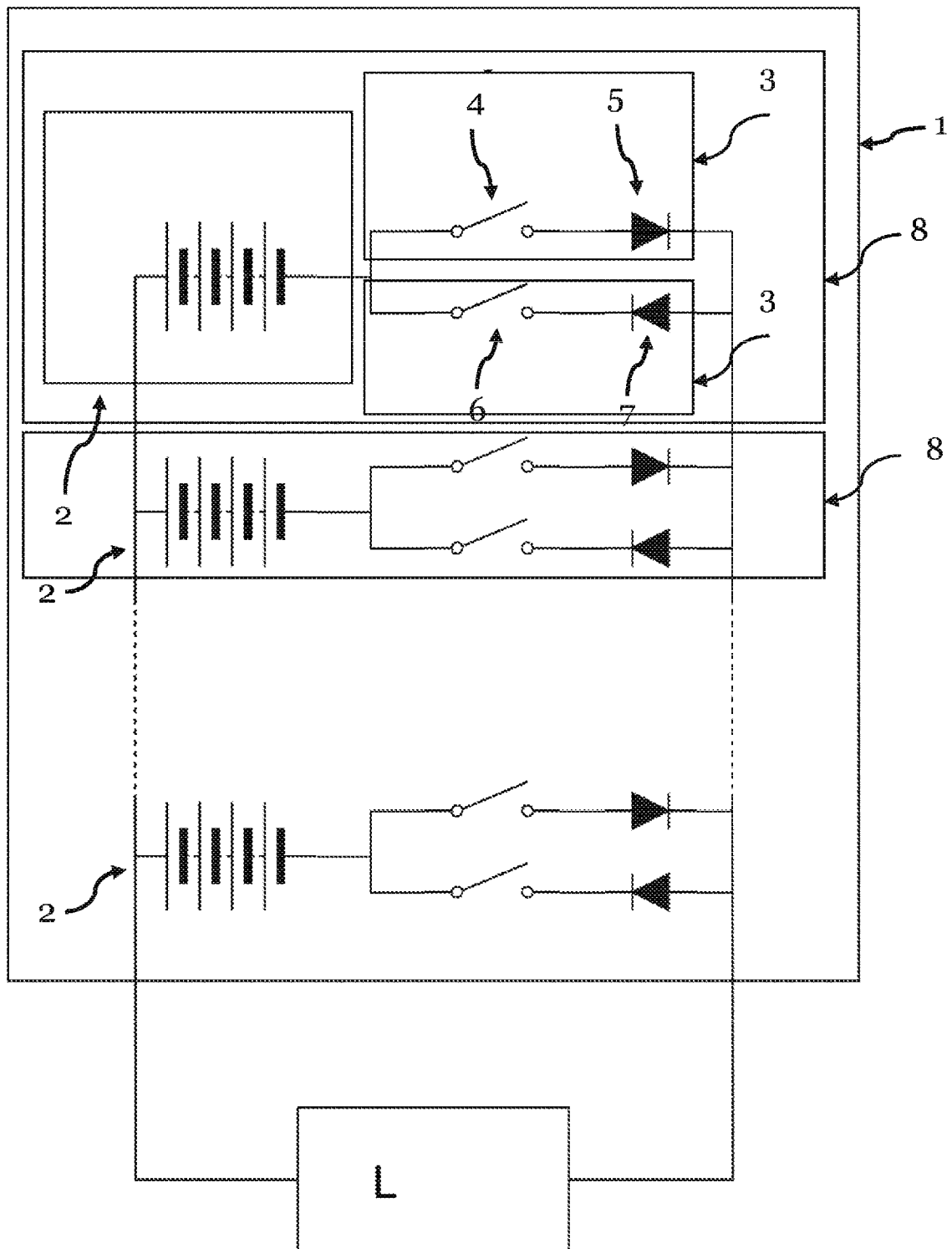


FIGURA 1

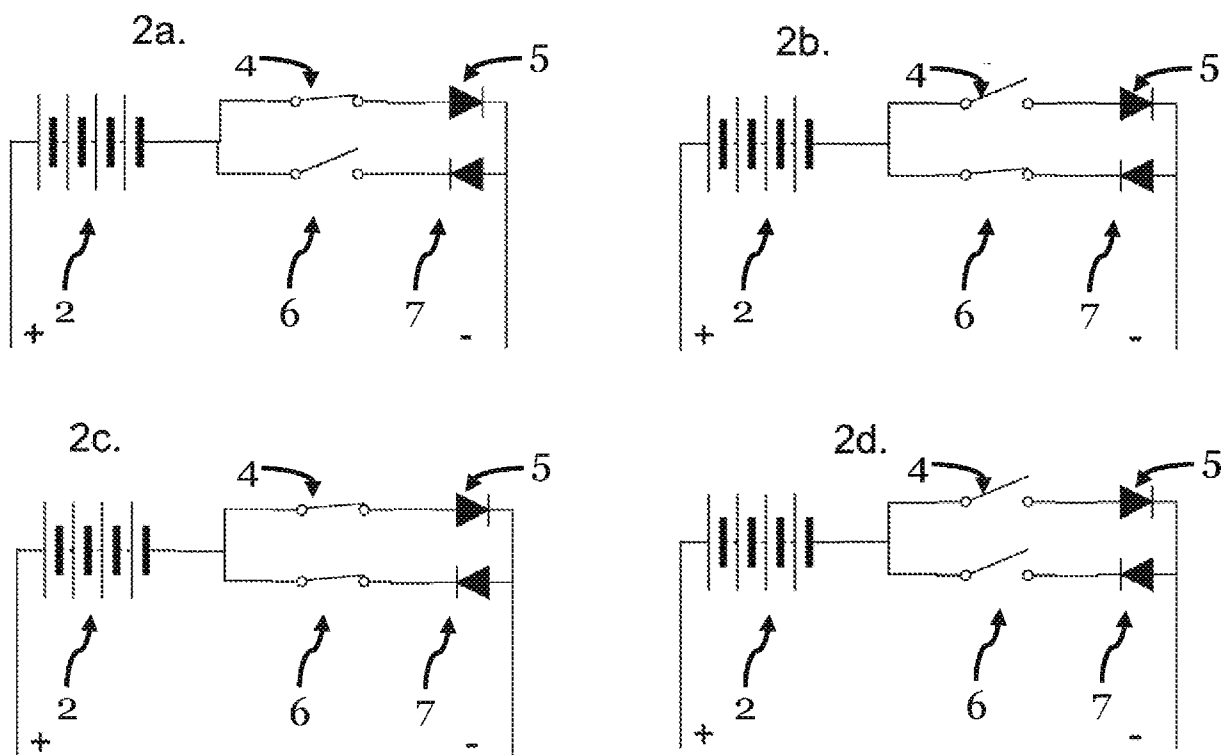


FIGURA 2a-2d