

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 997 834**

51 Int. Cl.:

G01R 31/36 (2010.01)

G01R 31/3842 (2009.01)

G01R 31/396 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2022** **E 22209916 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2024** **EP 4187266**

54 Título: **Identificación de anomalías en un sistema electroquímico**

30 Prioridad:

29.11.2021 FR 2112656

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
18.02.2025

73 Titular/es:

ELECTRICITÉ DE FRANCE (100.00%)
22-30 Avenue de Wagram
75008 Paris, FR

72 Inventor/es:

BRUN, EMERIC

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 997 834 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

Identificación de anomalías en un sistema electroquímico

5 **Sector de la técnica**

La presente divulgación se refiere al campo de los dispositivos electroquímicos de almacenamiento de energía y, más particularmente, al del diagnóstico de baterías o acumuladores.

10 **Estado de la técnica**

Se sabe cómo supervisar el comportamiento y el rendimiento de las baterías a lo largo del tiempo, por ejemplo, midiendo determinadas propiedades de una batería para deducir su estado. Uno de los parámetros de rendimiento de un dispositivo electroquímico es una variable denominada "estado de salud" o SOH por sus siglas en inglés de "State of Health". Este parámetro, sin unidad y generalmente expresado como porcentaje, se define como la relación entre la capacidad eléctrica real C_{rea} del elemento ensayado y la capacidad eléctrica nominal C_{nom} (o la capacidad al inicio de la vida útil) del mismo elemento. La siguiente ecuación representa este parámetro:

[Matemáticas 1]

$$SOH = \frac{C_{rea}}{C_{nom}} \times 100$$

Otro parámetro útil para calificar el estado de un dispositivo electroquímico es el "estado de carga" o SOC por sus siglas en inglés de "State Of Charge". Este parámetro tampoco tiene unidades y generalmente se expresa como porcentaje. El SOC se define como la relación entre la carga real disponible Q_t del elemento ensayado y la carga máxima $Q_{máx,t}$ del mismo elemento en su estado de salud actual. La siguiente ecuación representa este parámetro:

[Matemáticas 2]

$$SOC = \frac{Q_t}{Q_{máx,t}} \times 100$$

Es posible simular el funcionamiento de sistemas y elementos electroquímicos construyendo modelos teóricos. En este caso, la pertinencia de los resultados virtuales depende de la calidad de la modelización. También es posible medir las propiedades de un elemento electroquímico (por tanto, un elemento real) relativas a su estado de salud. Generalmente, esto requiere imponerle exigencias particulares (ciclos de caracterización). Esto requiere tiempo y equipos de control particulares. Los métodos conocidos tienden incluso a degradar los elementos ensayados y su estado de salud que precisamente se desea evaluar. De manera general, un elemento electroquímico sometido a tales ensayos ya no está operativo durante los ensayos. Dicho de otro modo, esto se realiza en el transcurso de un periodo de mantenimiento o al menos fuera de un estado de funcionamiento normal.

Algunos métodos pueden implementarse durante una fase operativa del dispositivo, pero solo en determinadas condiciones de funcionamiento, por ejemplo, cuando se completa la carga y/o la descarga. Otros implican que unos operadores introduzcan datos distintos de los datos de medición del dispositivo.

En la práctica, existen sistemas de supervisión y control de los sistemas electroquímicos, a menudo denominados BMS por sus siglas en inglés de "Battery Management System" o sistema de gestión de baterías. Un BMS recibe parámetros y mediciones de entrada durante el funcionamiento nominal de un sistema electroquímico y proporciona datos de diagnóstico de salida, por ejemplo, señales de alerta y algunos datos de medición con destino a niveles superiores de control, a menudo denominadas "plataformas de supervisión". Normalmente, un BMS se asocia localmente con un único sistema electroquímico y los datos de diagnóstico procedentes de varios BMS se recopilan de manera remota y centralizada en la plataforma de supervisión. Esto significa que, en la práctica, al nivel de la plataforma de supervisión aguas abajo de los BMS, solo se dispone de una parte de los datos, a menudo con retraso (no en tiempo real) y no todas las mediciones efectuadas y procesadas localmente por cada BMS. Por ejemplo, aunque un BMS recopile mediciones con un elevado nivel de detalle, distintivamente para cada elemento que compone un sistema electroquímico, los datos suministrados como salida por el BMS se refieren al sistema en su conjunto en lugar de a cada elemento considerado como tal.

El documento FR 2 990 516 A1 se refiere a un método de estimación del estado de carga de una batería que incluye varias celdas en serie, caracterizado por la determinación en un instante dado de la tensión de celda mínima y de la tensión de celda máxima de entre las tensiones de celda. Se calculan los estados de carga correspondientes a las tensiones de celda máxima y mínima y estos se utilizan a continuación para suministrar el estado de carga global de la batería.

Teóricamente sería posible modificar los BMS existentes para implementar nuevos procedimientos de diagnóstico. Sin

embargo, esto implicaría un gran número de intervenciones directamente al nivel de cada sistema electroquímico. Teóricamente, sería posible centralizar remotamente y en tiempo real todos los datos medidos localmente al nivel de los sistemas electroquímicos para implementar nuevos procedimientos de diagnóstico al nivel de la plataforma de supervisión. Sin embargo, el volumen de datos que se debe transmitir y luego procesar al nivel de la plataforma de supervisión supondría sobredimensionar las infraestructuras existentes, sobre todo en términos de red y recursos de cálculo. Por tanto, existe la necesidad de un diagnóstico más preciso que los ya existentes y que no requiera más datos de medición que los disponibles como salida en los BMS existentes. Además, unos diagnósticos independientes de los suministrados por los BMS permiten aportar una complementariedad en la gestión del sistema.

10 Objeto de la invención

La presente divulgación mejora la situación.

Se propone un procedimiento de diagnóstico de un sistema electroquímico real, implementado por unos medios informáticos, estando dicho sistema compuesto por una pluralidad de elementos electroquímicos conectados eléctricamente en serie. El procedimiento comprende:

a. recopilar, para una pluralidad de instantes t , datos de medición del sistema, teniendo dichos datos marca de tiempo y fecha e incluyendo, para cada instante, al menos:

- una tensión y una corriente en los terminales del sistema,
- la tensión máxima en los terminales de un primer elemento electroquímico de entre las tensiones en los terminales de cada uno de los elementos electroquímicos, asociado a un identificador de dicho primer elemento electroquímico,
- la tensión mínima en los terminales de un segundo elemento electroquímico de entre las tensiones en los terminales de cada uno de los elementos electroquímicos, asociado a un identificador de dicho segundo elemento electroquímico,

b. deducir, a partir de dichos datos de mediciones, para cada instante:

- un estado de carga de referencia del sistema,
- una primera desviación del estado de carga del primer elemento con respecto al estado de carga de referencia del sistema,
- una segunda desviación del estado de carga del segundo elemento con respecto al estado de carga de referencia del sistema,

de manera que se obtenga, para cada instante, un lote de datos asociado a un par de elementos de interés formado por los elementos primero y segundo,

c. agrupar los lotes de datos por intervalos de valores del estado de carga de referencia de cada lote de datos, de manera que se conserve un lote de datos representativo por intervalos de valores del estado de carga de referencia,

d. asignar a cada par de datos constituidos el identificador del elemento electroquímico y la correspondiente desviación del estado de carga:

- una ausencia de función de diagnóstico,
- o

una al menos de las siguientes funciones de diagnóstico:

- una función de identificación de al menos un elemento electroquímico que presenta una diferencia de capacidad residual con respecto a una capacidad residual nominal de los elementos electroquímicos del sistema en el intervalo de valores del estado de carga de referencia;
- una función de cuantificación de dicha o dichas diferencias de capacidad residual;
- una función de cuantificación del desequilibrio máximo entre los elementos químicos del sistema.

Según otro aspecto, se propone un programa informático que incluye instrucciones para la implementación de todo o parte de un procedimiento tal como se define en el presente documento cuando este programa es ejecutado por un procesador. Según otro aspecto, se propone un medio de grabación no transitorio, legible por un ordenador, en el que se graba un programa de este tipo.

Tal procedimiento permite efectuar un diagnóstico diferenciado y preciso de dos fenómenos físicos perjudiciales para el correcto funcionamiento de los sistemas electroquímicos a partir de datos de medición habituales. Un diagnóstico de este tipo permite implementar medidas correctivas específicas, de manera fiable, para mejorar el rendimiento posterior de los sistemas, su durabilidad y la seguridad de los equipos y operadores vecinos. Por "diagnóstico diferenciado", se entiende en el presente documento que es posible detectar e identificar distintivamente los

fenómenos entre sí y también que es posible identificar el origen de una anomalía a la escala precisa de uno o varios elementos que constituyen el sistema electroquímico en lugar de a escala global e imprecisa del sistema en su conjunto. Por "datos de medición habituales", en el presente documento se entiende los datos que están tradicionalmente disponibles en funcionamiento operativo (no solo durante las fases de diagnóstico), de mantenimiento o experimentales), incluso aguas abajo de los BMS. Dicho de otro modo, dichos datos de medición se pueden obtener sin necesidad de imponer un régimen de funcionamiento específico, ni añadir equipos de medición adicionales a los sistemas operativos existentes. Se trata, por ejemplo, de la corriente que atraviesa el sistema y de las tensiones en los terminales de los elementos del sistema.

- 10 Las características expuestas en los siguientes párrafos podrán, opcionalmente, implementarse, independientemente entre sí o combinando unas con otras:

La agrupación de los lotes de datos comprende, para cada intervalo de valores del estado de carga, el cálculo:

- 15 - de un primer valor representativo de las primeras desviaciones de los estados de carga deducidas de los datos de medición, correspondiendo dicho primer valor representativo a una media no ponderada, una media ponderada o cuantiles, tales como una mediana, de las primeras desviaciones de los estados de carga,
 - de un segundo valor representativo de las segundas desviaciones de los estados de carga deducidas de los datos de medición, correspondiendo dicho segundo valor representativo a una media no ponderada, una media ponderada o una mediana de las segundas desviaciones de los estados de carga,
- 20

siendo dichos valores representativos, primero y segundo, calculados para cada intervalo de valores de estado de carga, los conservados para la asignación de funciones de diagnóstico o la ausencia de función de diagnóstico.

- 25 El número de incidencias de los identificadores de los elementos electroquímicos de entre los datos de medición recopilados es un parámetro de asignación de las funciones de diagnóstico o de asignación de ausencia de función de diagnóstico.

- 30 A cada par de datos constituidos por el identificador del elemento electroquímico y la correspondiente desviación del estado de carga se le puede asignar además la siguiente función:

- una función de identificación de los elementos implicados en el desequilibrio máximo entre los elementos químicos del sistema.

- 35 El procedimiento comprende además una etapa de diagnóstico:

e. generar al menos una de las siguientes señales de anomalía en función de los pares de datos constituidos por el identificador del elemento electroquímico y de la correspondiente desviación del estado de carga:

- 40 - una identificación de al menos un elemento electroquímico que presenta una diferencia de capacidad residual con respecto a una capacidad residual nominal de los elementos electroquímicos del sistema en el intervalo de valores del estado de carga de referencia;
 - una cuantificación de dicha o dichas diferencias de capacidad residual;
 - una cuantificación del desequilibrio máximo entre los elementos químicos del sistema.

- 45 El procedimiento comprende además una etapa de activación de al menos una medida correctiva en respuesta a una al menos de dichas señales de anomalía.

- 50 Los pares de datos constituidos por el identificador del elemento electroquímico y la correspondiente desviación del estado de carga a los que se asigna una función de cuantificación de dicha o dichas diferencias de capacidad residual se utilizan conjuntamente en la construcción de un modelo de regresión lineal, a continuación, se implementa una cuantificación de una anomalía de capacidad residual en función del valor de la pendiente de dicho modelo de regresión lineal.

- 55 Los pares de datos, constituidos por el identificador del elemento electroquímico y la correspondiente desviación del estado de carga a los que se asigna una función de cuantificación del desequilibrio máximo entre los elementos químicos del sistema, se utilizan conjuntamente para calcular una media, ponderada o no, o unos cuantiles, tales como una mediana, de los valores de las primeras y segundas desviaciones de los estados de carga.

- 60 Los lotes de datos se obtienen para una pluralidad de instantes distribuidos en una pluralidad de ciclos de carga y/o descarga, completos o parciales, de dicho sistema electroquímico.

Descripción de las figuras

- 65 Otras características, detalles y ventajas aparecerán al leer la descripción detallada de más adelante y al analizar los dibujos adjuntos, en los que:

Fig. 1

La [Fig. 1] muestra una arquitectura de gestión de una pluralidad de sistemas electroquímicos.

Fig. 2

La [Fig. 2] muestra las tensiones de varios elementos de un mismo sistema electroquímico en el transcurso de una descarga del sistema.

Fig. 3

La [Fig. 3] muestra los extremos de la diferencia de SOC con respecto al SOC medio del sistema de entre los elementos del sistema de la figura anterior en función del SOC del sistema.

Fig. 4

La [Fig. 4] muestra las tensiones de varios elementos de un mismo sistema electroquímico en el transcurso de una descarga del sistema.

Fig. 5

La [Fig. 5] muestra los extremos de la diferencia de SOC con respecto al SOC medio del sistema de entre los elementos del sistema de la figura anterior en función del SOC del sistema.

Fig. 6

La [Fig. 6] muestra las tensiones de varios elementos de un mismo sistema electroquímico en el transcurso de una descarga del sistema.

Fig. 7

La [Fig. 7] muestra los extremos de la diferencia de SOC con respecto al SOC medio del sistema de entre los elementos del sistema de la figura anterior en función del SOC del sistema.

Fig. 8

La [Fig. 8] muestra las tensiones de varios elementos de un mismo sistema electroquímico en el transcurso de una descarga del sistema.

Fig. 9

La [Fig. 9] muestra los extremos de la diferencia de SOC con respecto al SOC medio del sistema de entre los elementos del sistema de la figura anterior en función del SOC del sistema.

Fig. 10

La [Fig. 10] muestra un diagrama de implementación de un procedimiento.

Descripción detallada de la invención

Un sistema electroquímico se define como un conjunto compuesto por una pluralidad de elementos electroquímicos conectados eléctricamente en serie. Tales sistemas se denominan a veces "rack" o de bastidor o "string" o de cadena. Cada elemento electroquímico, o "celda", puede a su vez estar compuesto por uno o varios subelementos conectados unos a otros en serie, en paralelo o en una combinación de conexiones en serie y en paralelo. En el presente documento, se considera que cada elemento químico presenta una tensión única en sus terminales en cada instante.

En lo sucesivo, se distingue dos propiedades físicas en el seno de los sistemas electroquímicos: la capacidad residual de cada elemento y el desequilibrio entre los elementos en el estado de carga del sistema.

Idealmente lo deseable sería cuantificar e identificar las capacidades residuales de los componentes, es decir, asignar un valor de capacidad residual a cada elemento del sistema. En el transcurso de su utilización, los sistemas electroquímicos están sujetos a mecanismos de envejecimiento que se traducen, a nivel macroscópico, en una reducción de su capacidad. Conectados en serie, todos los elementos están sometidos a la misma corriente de carga/descarga, excluyendo las corrientes de compensación (descritas más adelante) y eventuales autoconsumos del BMS (insignificante porque es varios órdenes de magnitud inferior a la corriente de carga/descarga). Un elemento (o celda) que tenga una capacidad residual más débil que la de los demás elementos del sistema se cargará/descargará, por tanto, más rápidamente que los demás elementos. En caso de que el sistema esté regulado por un umbral de tensión nominal por elemento (y en ausencia de corriente de equilibrado), el elemento más débil limita el rendimiento del sistema en su conjunto. En caso de que el sistema esté regulado por un umbral de tensión común (por ejemplo, una media) para todos los elementos (y en ausencia de corriente de equilibrado), se corre el riesgo de que el elemento más débil funcione fuera de los intervalos de tensión nominales, aumentando el riesgo de mal funcionamiento, de deterioro y, por tanto, de falta de seguridad del ensamblaje. Esta capacidad inferior a la media es irreversible: hay que identificar los elementos correspondientes y cuantificar su estado para poder tomar las acciones correctivas adecuadas.

Asimismo, se desea cuantificar el desequilibrio máximo entre los elementos del sistema. De hecho, todo sistema real

es imperfecto y, por tanto, presenta un desequilibrio. Aunque todos los elementos de un ensamblaje en serie estén sometidos a la misma corriente, las diferencias en el rendimiento de los elementos (tasa de autodescarga, rendimiento coulombico), así como las corrientes extraídas localmente, como las vinculadas al equilibrado de los autoconsumos del BMS, conllevan un desajuste progresivo del estado de carga de los distintos elementos. Por las mismas razones explicadas anteriormente, un desequilibrio de los elementos conlleva una reducción del rendimiento del ensamblaje y/o un riesgo con respecto a su seguridad. Este desequilibrio del estado de carga es un fenómeno reversible que puede corregirse ejecutando una acción de equilibrado, por ejemplo, generando corrientes de equilibrado.

A continuación, se hace referencia a la figura 1. La figura 1 representa una arquitectura de gestión de una pluralidad de sistemas electroquímicos en la que tres sistemas electroquímicos 1 son supervisados y controlados, cada uno, por un dispositivo de gestión, o PMS 3. Los PMS 3 están conectados, en el presente documento, remotamente, a una plataforma común de gestión centralizada 5. La plataforma de gestión centralizada 5 recibe datos de medición y diagnóstico desde cada uno de los PMS 3 y transmite de vuelta instrucciones de ajuste.

La plataforma de gestión centralizada 5 comprende al menos un procesador asociado a una memoria y dispuesto para implementar un procedimiento de diagnóstico tal como el que se describe a continuación. Como variante, al menos uno de los PMS 3 se puede disponer para implementar un procedimiento de diagnóstico tal como el que se describe a continuación. Cada PMS 3 y/o la plataforma de gestión centralizada 5 comprenden, por tanto, unos medios informáticos para la implementación de un procedimiento de diagnóstico. Cada sistema electroquímico 1 está compuesto por una pluralidad de elementos electroquímicos conectados eléctricamente en serie.

En un procedimiento de diagnóstico de un sistema 1, representado en la figura 10, se implementa una operación 101. La operación 101 comprende:

a. recopilar, para una pluralidad de instantes t , unos datos de medición del sistema 1, teniendo dichos datos marca de tiempo y fecha e incluyendo, para cada instante t , al menos:

- una tensión U_t y una corriente I_t en los terminales del sistema 1,
- la tensión máxima $U_{t,max}$ en los terminales de un primer elemento electroquímico $C_{t,1}$ de entre las tensiones en los terminales de cada uno de los elementos electroquímicos, asociado a un identificador de dicho primer elemento electroquímico $C_{t,1}$,
- la tensión mínima $U_{t,min}$ en los terminales de un segundo elemento electroquímico $C_{t,2}$ de entre las tensiones en los terminales de cada uno de los elementos electroquímicos, asociado a un identificador de dicho segundo elemento electroquímico $C_{t,2}$.

En el ejemplo descrito en el presente documento, los datos son recopilados por la plataforma de gestión centralizada 5 por medio del PMS 3 conectado al sistema 1. Como variante, los datos se recopilan directamente al nivel del PMS 3 o del sistema 1. En estos casos, se pueden recopilar datos adicionales, tales como el estado de carga medio. En los modos de realización, los instantes t en los que se efectúan las mediciones en el sistema están distribuidos en una pluralidad de ciclos de carga y/o descarga, completos o parciales, del sistema 1. Dicho de otro modo, los datos recopilados pueden no corresponder a un único y mismo ciclo de carga/descarga. De este modo, la cantidad de datos recopilados puede ser considerable, incluso en caso de anomalías o aberraciones temporales en las mediciones. Además, trabajando en una pluralidad de ciclos y efectuando posteriormente un procesamiento de los datos (filtros, eliminación de datos aberrantes, medias, etc.) es fácil limitar el efecto de sesgo en los diagnósticos efectuados basándose en tales datos. Se mejoran la pertinencia y la fiabilidad de las mediciones. Como variante, por ejemplo, cuando las fases de carga/descarga se extienden mucho a lo largo del tiempo y/o cuando se desea obtener resultados de diagnóstico muy rápidamente, los datos recopilados pueden corresponder a un mismo ciclo de carga/descarga, incluso pueden recopilarse y procesarse en tiempo real, durante el funcionamiento operativo del sistema.

A continuación, se hace referencia a las figuras 2 a 9. Las figuras 2 a 9 son representaciones gráficas de datos medidos o de datos deducidos de datos medidos en sistemas electroquímicos reales. Constituyen un ejemplo de los datos que pueden recopilarse en el transcurso de la operación 101. Se da por supuesto, en la implementación del procedimiento, la recopilación de datos no se limita en modo alguno a ninguna forma o representación gráfica. También, los ejemplos de representación de dichos datos mediante los gráficos de las figuras no deben entenderse como limitativos.

Las figuras 2, 4, 6 y 8 representan, cada una, la evolución de la tensión en los terminales de elementos particulares de un sistema electroquímico, así como de una tensión de referencia U_t en el transcurso del tiempo t durante una fase de descarga del sistema. De este modo, la evolución del tiempo t es opuesta a la de la evolución del SOC del sistema (en el presente documento, no linealmente). Se da por supuesto, si se representara una fase de carga, la evolución del tiempo t sería en el mismo sentido que la evolución del SOC del sistema (*a priori*, o linealmente). Los ejemplos representados se han limitado deliberadamente a un único ciclo de descarga con el fin de no sobrecargar el gráfico. Como se ha explicado anteriormente, el conjunto de datos recopilados podría referirse a mediciones efectuadas durante un ciclo de carga y un ciclo de descarga, o incluso durante varios ciclos, por ejemplo, incluyendo los ciclos parciales (cargas o descargas incompletas).

Las figuras 2 y 3 corresponden a un sistema electroquímico (una situación) en el que los elementos que constituyen

el sistema presentan SOH idénticos entre sí (tienen capacidades residuales idénticas entre sí), pero presentan un desequilibrio imperfecto. A diferencia de los ejemplos siguientes, el sistema no comprende ni elemento débil ni fuerte. Las figuras 4 y 5 corresponden a un sistema electroquímico (una situación) en el que existe un "elemento débil", es decir, una celda que presenta una capacidad residual sustancialmente más débil que la de las demás celdas del sistema. También existe un desequilibrio imperfecto. Las figuras 6 y 7 corresponden también a un sistema electroquímico (una situación) en el que existe un "elemento débil", es decir, una celda que presenta una capacidad residual sustancialmente más débil que la de las demás celdas del sistema. También existe un desequilibrio imperfecto. Las figuras 8 y 9 corresponden a un sistema electroquímico (una situación) en el que existe un "elemento fuerte", es decir, una celda que presenta una capacidad residual sustancialmente más elevada que la de las demás celdas del sistema. También existe un desequilibrio imperfecto.

Respectivamente, en las figuras 2, 4, 6 y 8:

- la curva de tensión de referencia está referenciada 21, 41, 61 u 81, respectivamente;
- la curva de tensión de un elemento que presenta una tensión elevada en sus terminales en comparación con los demás elementos del sistema, está referenciada 22, 42, 62 u 82, respectivamente;
- la curva de tensión de un elemento que presenta una tensión baja en sus terminales en comparación con los demás elementos del sistema, está referenciada 23, 43, 63 u 83, respectivamente.

En las figuras 4 y 6, la curva de tensión del elemento débil está referenciada 44 y 64, respectivamente. En la figura 8, la curva de tensión del elemento fuerte está referenciada 84.

En las figuras 2, 4, 6 y 8, las flechas dobles referenciadas 25, 45, 47, 65, 67, 85 y 87 representan gráficamente, para un instante t dado (o un SOC dado del sistema), una desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$ del elemento que presenta el mayor estado de carga del sistema con respecto al estado de carga de referencia Q_t del sistema. Las flechas dobles referenciadas 26, 46, 48, 66, 68, 86 y 88 representan gráficamente, para esos mismos instantes t dados (o SOC dados del sistema), una desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{i}n}$ del elemento que presenta el mayor estado de carga del sistema con respecto al estado de carga de referencia Q_t del sistema. En estos ejemplos, la tensión de referencia corresponde a la tensión U_t en los terminales del sistema en su conjunto dividida por el número de elementos que componen el sistema. La tensión de referencia es, por tanto, una media. Como variante, la tensión de referencia puede calcularse de manera diferente, en particular, en función de los valores disponibles para deducirla y/o aplicando factores de corrección. La tensión de referencia puede, por ejemplo, adoptar la forma de cuantiles, tales como una mediana o incluso una media ponderada o una combinación de tales funciones.

Las figuras 2, 4, 6 y 8 representan las evoluciones de las tensiones en los terminales de elementos particulares en comparación con la evolución de una tensión de referencia en el transcurso de una fase de descarga y para escenarios conocidos (ausencia o existencia de un elemento fuerte o débil). Por tanto, se entiende que estas figuras tienen un objetivo explicativo, pero no se corresponden necesariamente con los datos conocidos inicialmente en una situación real: al contrario, la ausencia o existencia y la identificación de elementos fuertes y/o débiles es precisamente uno de los objetivos de los procedimientos de diagnóstico descritos en el presente documento. Asimismo, el conjunto de tensiones en los terminales de cada uno de los elementos a lo largo del tiempo puede no formar parte de los datos disponibles y recopilados en la etapa 101. En los siguientes ejemplos, solo la tensión máxima $U_{t,m\acute{a}x}$, respectivamente, mínima $U_{t,m\acute{i}n}$, de entre las tensiones en los terminales de cada uno de los elementos electroquímicos se recopilan y se asocian a un identificador de cada uno de los dos elementos electroquímicos $C_{t,1}$ y $C_{t,2}$ en cuestión.

En un procedimiento de diagnóstico de un sistema 1, después de la operación 101, se implementa una operación 102. La operación 102 comprende:

b. deducir, a partir de una parte al menos de los datos de medición recopilados en la etapa 101, para cada instante t :

- un estado de carga de referencia Q_t del sistema 1,
- una primera desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$ del primer elemento $C_{t,1}$ con respecto al estado de carga de referencia Q_t del sistema 1,
- una segunda desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{i}n}$ del segundo elemento $C_{t,2}$ con respecto al estado de carga de referencia Q_t del sistema 1.

Estos datos se deducen de manera que se obtenga, para cada instante t , un lote de datos Q_t , $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$, $\Delta Q_{t,m\acute{i}n}$, $C_{t,1}$, $C_{t,2}$, asociado a un par de elementos de interés formado por los elementos primero y segundo $C_{t,1}$ y $C_{t,2}$. En unas variantes, el lote de datos obtenidos puede comprender, además, datos asociados a un elemento de referencia del sistema.

En un procedimiento de diagnóstico de un sistema 1, después de la operación 102, se implementa una operación 103. La operación 103 comprende:

c. agrupar lotes de datos Q_t , $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$, $\Delta Q_{t,m\acute{i}n}$, $C_{t,1}$, $C_{t,2}$, por intervalos de valores (T) del estado de carga de referencia (Q_t) para cada lote de datos, de manera que se conserve un lote de datos representativo (T , $\Delta Q_{T,m\acute{a}x}$, $\Delta Q_{T,m\acute{i}n}$, $C_{T,1}$, $C_{T,2}$), por intervalo de valores (T) del estado de carga de referencia.

La operación de agrupación (o agregación) de los datos permite obtener información sobre los desequilibrios en el estado de carga/descarga, no ya solamente en el plano absoluto del tiempo, sino en el plano del estado de carga (SOC). Una agrupación de este tipo permite suavizar y reducir los sesgos causados por una eventual heterogeneidad del número y de la calidad de los datos medidos en el intervalo completo del estado de carga del sistema. Por ejemplo, un sistema electroquímico real en funcionamiento puede oscilar (ciclos de carga-descarga) a menudo entre el 20 % y el 100 % del estado de carga (SOC) porque, por razones prácticas evidentes, no desea evitar que el sistema se descargue por completo. En este caso, el número de mediciones disponibles y recopiladas para un estado de carga comprendido entre el 0 % y el 20 % y por encima del 100 % (por encima del valor máximo teórico) es sustancialmente menor que para los intervalos 20 %-40 %; 40 %-60 %; 60 %-80 % y 80 %-100 %. La agrupación de los datos por estado de carga del sistema permite homogeneizar a continuación la influencia de los datos, por ejemplo, filtrando determinados datos y/o aplicando ponderaciones en el tratamiento posterior de los datos. De este modo, la "conservación" de un lote de datos representativos de intervalos de valores del estado de carga de referencia puede implementarse de diversas maneras. En forma algebraica, se puede convertir, por ejemplo, una pluralidad de lotes de datos recopilados para un intervalo de estados de carga en una media, una media ponderada o en cuantiles tales como una mediana de la desviación del estado de carga. Se puede aplicar un filtro para excluir valores por encima de umbrales absolutos o relativos predefinidos. Por umbral relativo, en el presente documento, se entiende un umbral que depende de la distribución de los valores obtenidos, tal como el 110 % de la media o la suma de la media y una desviación típica o incluso una combinación de dichos valores. Se puede conservar un único valor recopilado. En una forma geométrica, una nube de puntos puede convertirse en un punto que represente el baricentro de la nube. Asimismo, cuando se obtienen varios identificadores para un valor máximo o mínimo de desviación del estado de carga, los identificadores pueden conservarse o no en función de su frecuencia de aparición. Por ejemplo, solo puede conservarse el identificador que presente la incidencia más alta, o bien solo pueden conservarse los dos identificadores que presenten las dos apariciones más altas, etc.

Para simplificar la comprensión, se considera a continuación, que para el resto del procedimiento de diagnóstico se conserva un único valor máximo de desviación del estado de carga y un único valor mínimo de desviación del estado de carga para cada intervalo del estado de carga. Como variante, se puede conservar una pluralidad de datos cada vez y luego procesarlos distintivamente. En concreto, varios valores mínimos o máximos de desviación del estado de carga para un intervalo del estado de carga pueden tener asignadas diferentes funciones en el resto del diagnóstico, en particular, cuando se conservan varios identificadores para cada máximo/mínimo, como se ha descrito anteriormente.

Para ilustrar ejemplos de datos recopilados durante la operación 101 y de datos deducidos durante la operación 102 y luego agrupados durante la operación 103, a continuación, se hace referencia a las figuras 3, 5, 7 y 9.

Las figuras 3, 5, 7 y 9 representan, cada una, las desviaciones del estado de carga máximas $\Delta Q_{t,\max}$ y mínimas $\Delta Q_{t,\min}$ con respecto a un estado de carga de referencia Q_t en función del estado de carga de referencia del sistema. En otras palabras, el estado de carga de referencia Q_t corresponde al eje de las abscisas (valor de desviación cero), representando el eje de las abscisas el estado de carga del sistema (SOC). En las figuras 3, 5, 7 y 9, se retoman las referencias de las figuras 2, 4, 6 y 8 de las flechas dobles:

- 25, 45, 47, 65, 67, 85 y 87 para las desviaciones del estado de carga $\Delta Q_{t,\max}$ de los elementos que presentan el mayor estado de carga del sistema con respecto al estado de carga de referencia Q_t del sistema;
- 26, 46, 48, 66, 68, 86 y 88 para las desviaciones del estado de carga $\Delta Q_{t,\min}$ de los elementos que presentan el menor estado de carga del sistema con respecto al estado de carga de referencia Q_t del sistema.

En el ejemplo descrito en el presente documento, cada uno de los extremos está además asociado (o "etiquetado") a un identificador del elemento electroquímico que presenta la desviación del estado de carga detectado. En las figuras 3, 5, 7 y 9, las referencias de las curvas de las figuras 2, 4, 6 y 8 se reutilizan para designar los puntos correspondientes y, por tanto, pueden asimilarse a identificadores de los elementos electroquímicos. Como variante, cuando no se dispone de identificadores o cuando no se desea identificar los elementos, los identificadores pueden estar ausentes (por ejemplo, si solo se desea cuantificar las capacidades residuales extremas). En otras variantes, cada uno de los extremos está asociado a la frecuencia de aparición de los identificadores en lugar de a los propios identificadores.

En un procedimiento de diagnóstico de un sistema 1, después de la operación 103, se implementa una operación 104. La operación 104 comprende:

d. asignar a cada par $C_{T,1}$, $\Delta Q_{T,\max}$ y $C_{T,2}$, $\Delta Q_{T,\min}$ datos constituidos por el identificador del elemento electroquímico $C_{t,1}$, $C_{t,2}$ y la correspondiente desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,\max}$ y $\Delta Q_{t,\min}$:

- una ausencia de función de diagnóstico,

o

una al menos de las siguientes funciones de diagnóstico:

- una función de identificación de al menos un elemento electroquímico que presenta una diferencia de capacidad residual con respecto a una capacidad residual nominal de los elementos electroquímicos del sistema en el intervalo de valores T del estado de carga de referencia (en lo sucesivo, "función de identificación del elemento débil/fuerte");
- 5 - una función de cuantificación de dicha o dichas diferencias de capacidad residual (en lo sucesivo, "función de cuantificación de capacidad residual baja/alta");
- una función de cuantificación del desequilibrio máximo entre los elementos químicos del sistema (en lo sucesivo "función de cuantificación del desequilibrio").

10 En unas variantes, se puede prever una función adicional: la de identificación de los elementos implicados en el desequilibrio máximo del sistema (en lo sucesivo, "función de identificación del desequilibrio"). Esta función de este tipo permite además caracterizar los límites de la envolvente de las tensiones de los elementos.

15 La posibilidad de asignar una ausencia de función es particularmente relevante en los modos de realización para las que se ha conservado una pluralidad de valores como desviación mínima o máxima del estado de carga para un intervalo de estado de carga. No asignar ninguna función de diagnóstico durante la operación 104 puede ser entonces una alternativa al filtrado de datos en el transcurso de la operación 103.

20 La asignación de una o varias funciones a un dato se efectúa en función de la relevancia de este dato para detectar, identificar y/o cuantificar un posible tipo de anomalía. Dicho de otro modo, se efectúa una distinción entre los valores para separar los síntomas de un problema de equilibrio de los de un elemento débil o fuerte, lo que permitirá a continuación cuantificarlos distintivamente. Una distinción de este tipo, por la asignación de una función o funciones, es posible gracias a la comparación con los otros valores/datos, en otras palabras, por un enfoque relativo. De hecho, considerando un dato/valor aislado de los demás, es imposible afirmar si es el resultado de una anomalía de tipo

25 desequilibrado entre elementos o de tipo existencia de un elemento fuerte o débil.

Las reglas de asignación de funciones implementadas en el transcurso de la operación 104 pueden variar entre diversos modos de realización. Las siguientes reglas se dan a modo de ejemplo: cada una de ellas puede implementarse sola o combinadas entre sí, pero no deben interpretarse como restrictivas.

30 En los modos de realización, a los lotes de datos que presentan una desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$ superior a un valor límite $\Delta Q_{t,m\acute{a}x,nom}$ se les asigna al menos una de las funciones "identificación de elemento débil/fuerte" y "cuantificación de capacidad residual débil/fuerte".

35 En los modos de realización, a los lotes de datos que presentan una desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,min}$ inferior a un valor límite $\Delta Q_{t,min,nom}$ se les asigna al menos una de las funciones "identificación de elemento débil/fuerte" y "cuantificación de capacidad residual débil/fuerte".

40 Además, se puede aplicar un criterio de incidencia de los identificadores $C_{T,1}$; $C_{T,2}$. Por ejemplo, solo a los lotes de datos para los que el identificador tiene la incidencia más elevada sobre todo o parte del estado de carga del sistema se les asigna al menos una de las funciones "identificación de elemento débil/fuerte" y "cuantificación de capacidad residual débil/fuerte". Como variante, solo los lotes de datos para los que el identificador tiene la incidencia más elevada (o es estrictamente superior a 1) de entre aquellos que presentan una desviación superior del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$, respectivamente, $\Delta Q_{t,min}$ inferior, a un valor límite $\Delta Q_{t,m\acute{a}x,nom}$, respectivamente, $\Delta Q_{t,min,nom}$, se les asigna al

45 menos una de las funciones "identificación de elemento débil/fuerte" y "cuantificación de capacidad residual débil/fuerte". Por la expresión "*al menos una*" de las funciones mencionadas anteriormente, en el presente documento, se entiende que a cada par se le puede asignar una única función o bien varias de forma acumulativa. Además, dos pares de un mismo intervalo de valores (T) del estado de carga de referencia pueden tener asignadas, cada uno, funciones diferentes entre sí.

50 En los modos de realización, a los lotes de datos que presentan una desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$ inferior a un valor límite $\Delta Q_{t,m\acute{a}x,nom}$ se les asigna la función "cuantificación de desequilibrio".

55 En los modos de realización, a los lotes de datos que presentan una desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,min}$ superior a un valor límite $\Delta Q_{t,min,nom}$ se les asigna la función "cuantificación de desequilibrio".

Los valores límite mencionados anteriormente $\Delta Q_{t,m\acute{a}x,nom}$ y/o $\Delta Q_{t,min,nom}$ pueden determinarse o calcularse en función de los valores de desviación del estado de carga de los lotes de datos. Por ejemplo, los valores límite pueden ser límites absolutos o relativos predefinidos. Por límite relativo, en el presente documento, se entiende, un valor límite que depende de la distribución de los valores obtenidos, tal como el 110 % de la media o la suma de la media y de una desviación típica o incluso una combinación de dichos valores. Los valores límite $\Delta Q_{t,m\acute{a}x,nom}$ y/o $\Delta Q_{t,min,nom}$ pueden ser:

- idénticos para asignar las funciones "identificación de elemento débil/fuerte" y "cuantificación de capacidad residual débil/fuerte", por un lado, y "cuantificación de desequilibrio", por otro, de modo que a cada lote de datos se le asignen únicamente las funciones de "identificación de elemento débil/fuerte" y "cuantificación de capacidad

residual débil/fuerte", es decir, únicamente la función "cuantificación de desequilibrio" y, opcionalmente, la función "identificación de desequilibrio"; o bien

- diferentes para asignar las funciones "identificación de elemento débil/fuerte" y "cuantificación de capacidad residual débil/fuerte", por un lado, y la función "cuantificación de desequilibrio", por otro lado, de modo que a algunos lotes de datos se les asignan tanto las funciones "identificación de elemento débil/fuerte" y "cuantificación de capacidad residual débil/fuerte", como la función "cuantificación de desequilibrio" o bien, ninguna de estas funciones.

En los modos de realización, la etapa 104 de asignaciones de funciones constituye la última etapa del procedimiento de diagnóstico. La obtención de datos así asociados a una función de "identificación de elemento débil/fuerte" y/o de "cuantificación de capacidad residual débil/fuerte" es suficiente para deducir que el sistema comprende al menos un elemento que presenta una anomalía de tipo capacidad residual fuerte o débil. Además, el identificador asociado a estos datos permite identificar, además, en el sistema, el o los elementos sujetos a una capacidad residual fuerte o débil. Por el contrario, la ausencia de datos asociados a una función de "identificación de elemento débil/fuerte" o "cuantificación de capacidad residual débil/fuerte" al final de la operación 104 indica la ausencia de un elemento sujeto a una capacidad residual fuerte o débil, lo que es un diagnóstico en sí mismo.

En los modos de realización, cuando se obtienen datos a los que se asocian las funciones "identificación de elemento débil/fuerte" y/o "cuantificación de capacidad residual débil/fuerte", se implementa una operación adicional de cuantificación de una anomalía de capacidad residual. Por ejemplo, los pares $C_{T,1}$, $\Delta Q_{T,máx}$ y $C_{T,2}$, $\Delta Q_{T,min}$ de datos constituidos por el identificador del elemento electroquímico $C_{t,1}$ o $C_{t,2}$ y por la correspondiente desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,máx}$ o $\Delta Q_{t,min}$ se utilizan conjuntamente en la construcción de un modelo de regresión lineal

(véanse las figuras 5, 7 y 9). A continuación, se obtiene una cuantificación de una anomalía de capacidad residual en función del valor de la pendiente de dicho modelo de regresión lineal. Como variante, para cuantificar una capacidad residual (relativa, con respecto a un elemento de referencia) se pueden implementar otros medios distintos a la regresión lineal. Para los pares de datos a los que está asociada la función de "identificación de elemento débil/fuerte", el identificador que presenta la mayor incidencia (o el identificador único) para cada uno de los estados de carga máximo y mínimo puede conservarse como identificador del elemento fuerte, respectivamente, del elemento débil. Como variante, la distribución de los identificadores puede utilizarse para identificar más de un elemento fuerte o más de un elemento débil.

En los modos de realización, cuando se obtienen datos a los que se asocia la función "cuantificación de desequilibrio", se implementa una operación adicional de cuantificación de dicho desequilibrio. Por ejemplo, los valores de desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,máx}$ o $\Delta Q_{t,min}$ se utilizan para calcular una media, ponderada o no ponderada, o cuantiles tales como una mediana de los valores de las primeras y segundas desviaciones de carga $\Delta Q_{t,máx}$ y $\Delta Q_{t,min}$ respectivamente. La distribución de los datos a los que están asociadas las funciones de "cuantificación de desequilibrio" o de "identificación de desequilibrio" puede utilizarse opcionalmente para cuantificar la fiabilidad (o "robustez") de dicha identificación/cuantificación.

En los modos de realización, el procedimiento de diagnóstico puede comprender, además y con posterioridad a las transacciones descritas anteriormente, una operación de "alerta". Por ejemplo:

- e. generar al menos una de las siguientes señales de anomalía en función de los datos obtenidos:

- una identificación de al menos un elemento electroquímico que presenta una diferencia de capacidad residual con respecto a una capacidad residual nominal de los elementos electroquímicos del sistema en el intervalo de valores del estado de carga de referencia;
- una cuantificación de dicha o dichas diferencias de capacidad residual;
- una cuantificación del desequilibrio máximo entre los elementos químicos del sistema.

En las variantes en las que se proporciona una función de "identificación de desequilibrio", la al menos una señal de anomalía puede incluir al menos una identificación de un elemento implicado en el desequilibrio.

Dicho de otro modo, el procedimiento de diagnóstico puede adoptar, a la salida, la forma de un diagnóstico destinado a los operadores encargados de supervisar y garantizar el mantenimiento del sistema, incluyendo los operadores que no están en condiciones de interpretar los datos cifrados por sí mismos.

Opcionalmente, el procedimiento de diagnóstico puede adoptar, a la salida, la forma de una señal de activación de al menos una medida correctiva en respuesta al menos a uno de los diagnósticos mencionados anteriormente. En este caso, el procedimiento se convierte en algo más que un procedimiento de diagnóstico, sino más generalmente en un procedimiento de mantenimiento de los sistemas electroquímicos, al menos parcialmente automatizado. Por ejemplo, se puede prever una señal de retroalimentación que active el aislamiento (eléctrico) de un elemento que de origen a una anomalía o de un subconjunto del sistema que contenga un elemento que origine una anomalía.

65 Aplicación industrial

Las presentes soluciones técnicas pueden aplicarse a todo tipo de baterías o acumuladores y, en concreto, a las baterías de tipo estacionarias de iones de litio (para redes o uso residencial, por ejemplo) o a las integradas (en vehículos, por ejemplo).

- 5 En conclusión, los modos de realización del procedimiento descrito anteriormente hacen posible que no se requieran datos de medición específicos de cada uno de los elementos que componen un sistema, sino al contrario que se requieran solamente datos de medición bastante habituales, en particular, relativos a los valores extremos en lugar de a cada valor de cada elemento. Así, y a diferencia de numerosos métodos existentes, no es necesario efectuar cálculos pesados y un diagnóstico absoluto para cada elemento del sistema para luego hacer una comparación de los
10 elementos entre sí. El procedimiento que se describe en el presente documento permite cuantificar una capacidad residual en términos relativos (con respecto a una capacidad residual de referencia), lo que en la mayoría de los casos es suficiente para identificar una anomalía.

- Además, según los métodos conocidos, la identificación (y no la cuantificación) de un elemento que tenga una capacidad residual más débil/fuerte que la media consiste en hacer un análisis de la frecuencia de aparición de
15 identificadores correspondientes a los elementos con tensión mínima o máxima a lo largo del tiempo. Esto implica el supuesto subyacente de que, en un periodo dado, el elemento más débil será el que se asocie más a menudo con la tensión mínima o máxima del ensamblaje. Ahora bien, según este enfoque, el resultado es en función del tiempo durante el cual el sistema se encuentra en cada estado de carga. De hecho, en la práctica, la celda asociada a la
20 tensión mínima no es necesariamente la misma a media carga y a plena carga, por ejemplo. En consecuencia, en un enfoque basado en la frecuencia de aparición, habrá una sobreponderación de las zonas del estado de carga en el que el sistema pasa más tiempo. Por el contrario, el procedimiento que se propone en el presente documento, basándose en un enfoque en el plano del estado de carga en lugar de uno estrictamente temporal, permite identificar y cuantificar las capacidades residuales débiles/fuertes por franja de estado de carga: esto es más pertinente para abordar un
25 problema vinculado por naturaleza a la capacidad de los elementos y, por tanto, a su estado de carga. En particular, en el presente documento se eliminan los sesgos de ponderación generados por los enfoques temporales habituales.

- En cuanto a la cuantificación del desequilibrio en un estado de carga, se trata de un diagnóstico bastante raro en el estado de la técnica. En la práctica, el circuito de equilibrado (la mayor parte del tiempo un equilibrado pasivo por
30 disipación de energía en las resistencias) se activa simplemente según un criterio de umbral de tensión. En este caso, no se efectúa ninguna cuantificación previa del desequilibrio. Un enfoque más avanzado se basa en la ejecución del equilibrado tras cuantificar la necesidad de equilibrado de cada celda. De este modo, se efectúa una estimación de la desviación del SOC entre los elementos para cada una de las celdas con el fin de aplicar un equilibrado adecuado a cada una. Un enfoque de este tipo se basa, por ejemplo, en un cálculo del SOC al nivel de un elemento (una celda).
35 Este enfoque es imposible cuando no se dispone de datos para cada elemento.

- Además, los métodos conocidos hasta la fecha se basan a menudo en un diagnóstico puntual en un instante dado. Por el contrario, el procedimiento propuesto se basa a su vez en una cantidad limitada de datos, pero a lo largo de una duración (un historial), por ejemplo, de varios días, lo que permite aprovechar una mayor variedad de situaciones
40 reales y estados del sistema. Por ello, el procedimiento propuesto puede implementarse totalmente "en tiempo real", por ejemplo, en una ventana de tiempo móvil que termina en el instante presente.

- Por último, los enfoques tradicionales tratan los problemas del desequilibrio y de capacidad residual más débil de manera independiente, lo que puede resultar confuso. De hecho, si se mira en un instante dado, una desviación de la
45 tensión de un elemento con respecto a la media puede explicarse tan fácilmente por un elemento débil como por un desequilibrio. El procedimiento propuesto, al ser global y emplear un amplio historial de datos, permite obtener un diagnóstico más preciso y de mejor calidad.

- El solicitante ha aplicado el procedimiento descrito, por un lado, a un sistema "sano" (que solo presenta desequilibrios) y, por otro, a un sistema defectuoso (elementos débiles y desequilibrios). El procedimiento se ha aplicado durante
50 diversos periodos de tiempo y en estados de funcionamiento de sistemas diferentes entre sí sin que ello afectara a la buena repetibilidad de los resultados. El análisis del sistema sano permitió cuantificar los desequilibrios altos y bajos con una repetibilidad de estimación del orden de $\pm 0,25$ % SOC (en términos absolutos) en ventanas temporales independientes entre sí. El análisis del sistema defectuoso permitió cuantificar los desequilibrios altos y bajos con una
55 repetibilidad de estimación del orden de $\pm 0,5$ % SOC (en términos absolutos), así como cuantificar la capacidad residual del elemento débil con una variabilidad del orden de ± 20 % (en términos relativos), un orden de magnitud suficiente para la detección de un elemento débil.

- La presente divulgación no se limita a los ejemplos de procedimientos, programas informáticos y medios de grabación
60 no transitorios legibles por un ordenador descritos anteriormente, solamente a modo de ejemplo, sino que abarca todas las variantes que el experto en la materia pueda contemplar en el contexto de la protección buscada, tal como está definida por las reivindicaciones.

Lista de signos de referencia

- 65 - 1: Sistema electroquímico

- 3: PMS
- 5: plataforma de gestión centralizada
- 21: curva de tensión de referencia
- 22: curva de tensión de un elemento
- 5 - 23: curva de tensión de un elemento
- 25: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$
- 32: identificador de elemento
- 33: identificador de elemento
- 41: curva de tensión de referencia
- 10 - 42: curva de tensión de un elemento
- 43: curva de tensión de un elemento
- 44: curva de tensión de un elemento débil
- 45: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$
- 46: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{i}n}$
- 15 - 47: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$
- 48: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{i}n}$
- 52: identificador de elemento
- 53: identificador de elemento
- 54: identificador de elemento
- 20 - 61: curva de tensión de referencia
- 62: curva de tensión de un elemento
- 63: curva de tensión de un elemento
- 64: curva de tensión de un elemento débil
- 65: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$
- 25 - 66: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{i}n}$
- 67: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$
- 68: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{i}n}$
- 72: identificador de elemento
- 73: identificador de elemento
- 30 - 74: identificador de elemento
- 81: curva de tensión de referencia
- 82: curva de tensión de un elemento
- 83: curva de tensión de un elemento
- 84: curva de tensión de un elemento fuerte
- 35 - 85: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$
- 87: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{a}x}$
- 86: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{i}n}$
- 88: desviación del estado de carga $\Delta Q_{t,m\acute{i}n}$
- 92: identificador de elemento
- 40 - 93: identificador de elemento
- 94: identificador de elemento
- 101: operación de recopilación
- 102: operación de deducción
- 103: operación de agrupación
- 45 - 104: operación de asignación de función o funciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de diagnóstico de un sistema electroquímico real, implementado por unos medios informáticos, estando dicho sistema compuesto por una pluralidad de elementos electroquímicos conectados eléctricamente en serie, comprendiendo el procedimiento:

a. recopilar (101), para una pluralidad de instantes (t), datos de medición del sistema, teniendo dichos datos marca de tiempo y fecha e incluyendo, para cada instante (t), al menos:

- una tensión (U_t) y una corriente (I_t) en los terminales del sistema,
- la tensión máxima ($U_{t,máx}$) en los terminales de un primer elemento electroquímico ($C_{t,1}$) de entre las tensiones en los terminales de cada uno de los elementos electroquímicos, asociada a un identificador de dicho primer elemento electroquímico ($C_{t,1}$),
- la tensión mínima ($U_{t,min}$) en los terminales de un segundo elemento electroquímico ($C_{t,2}$) de entre las tensiones en los terminales de cada uno de los elementos electroquímicos, asociada a un identificador de dicho segundo elemento electroquímico ($C_{t,2}$),

b. deducir (102), a partir de dichos datos de mediciones, para cada instante (t):

- un estado de carga de referencia (Q_t) del sistema,
- una primera desviación del estado de carga ($\Delta Q_{t,máx}$) del primer elemento ($C_{t,1}$) con respecto al estado de carga de referencia (Q_t) del sistema,
- una segunda desviación del estado de carga ($\Delta Q_{t,min}$) del segundo elemento ($C_{t,2}$) con respecto al estado de carga de referencia (Q_t) del sistema,

de manera que se obtenga, para cada instante (t), un lote de datos ($Q_t, \Delta Q_{t,máx}, \Delta Q_{t,min}, C_{t,1}, C_{t,2}$), asociado a un par de elementos de interés formado por los elementos primero y segundo ($C_{t,1}, C_{t,2}$),

c. agrupar (103) los lotes de datos ($Q_t, \Delta Q_{t,máx}, \Delta Q_{t,min}, C_{t,1}, C_{t,2}$), por intervalos de valores (T) del estado de carga de referencia (Q_t) para cada lote de datos, de manera que se conserve un lote de datos representativo ($T, \Delta Q_{T,máx}, \Delta Q_{T,min}, C_{T,1}, C_{T,2}$), por intervalo de valores (T) del estado de carga de referencia,

d. asignar (104) a cada par ($C_{T,1}, \Delta Q_{T,máx}; C_{T,2}, \Delta Q_{T,min}$) de datos constituidos por el identificador del elemento electroquímico ($C_{t,1}, C_{t,2}$) y por la correspondiente desviación del estado de carga ($\Delta Q_{t,máx}, \Delta Q_{t,min}$):

- una ausencia de función de diagnóstico,

o

una al menos de las siguientes funciones de diagnóstico:

- una función de identificación de al menos un elemento electroquímico que presenta una diferencia de capacidad residual con respecto a una capacidad residual nominal de los elementos electroquímicos del sistema en el intervalo de valores (T) del estado de carga de referencia;
- una función de cuantificación de dicha o dichas diferencias de capacidad residual;
- una función de cuantificación del desequilibrio máximo entre los elementos químicos del sistema.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la agrupación de los lotes de datos comprende, para cada intervalo de valores (T) del estado de carga, el cálculo:

- de un primer valor representativo ($\Delta Q_{T,máx}$) de las primeras desviaciones de los estados de carga ($\Delta Q_{t,máx}$) deducidas de los datos de medición, correspondiendo dicho primer valor representativo a una media no ponderada, una media ponderada o cuantiles, tales como una mediana, de las primeras desviaciones del estado de carga ($\Delta Q_{t,máx}$),
- de un segundo valor representativo ($\Delta Q_{T,min}$) de las segundas desviaciones de los estados de carga ($\Delta Q_{t,min}$) deducidas de los datos de medición, correspondiendo dicho segundo valor representativo a una media no ponderada, una media ponderada o una mediana de las segundas desviaciones de los estados de carga ($\Delta Q_{t,min}$),

siendo dichos valores representativos ($\Delta Q_{T,máx}, \Delta Q_{T,min}$), primero y segundo, calculados para cada intervalo de valores (T) del estado de carga, los conservados para la asignación de funciones de diagnóstico o de ausencia de función de diagnóstico.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el número de incidencias de los identificadores ($C_{t,1}, C_{t,2}$), de los elementos electroquímicos de entre los datos de medición recopilados es un parámetro de asignación de las funciones de diagnóstico o de asignación de ausencia de función de diagnóstico.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que a cada par ($C_{T,1}, \Delta Q_{T,máx}; C_{T,2}, \Delta Q_{T,min}$) de datos constituidos por el identificador del elemento electroquímico ($C_{t,1}, C_{t,2}$) y por la correspondiente desviación del

estado de carga ($\Delta Q_{t,\max}$, $\Delta Q_{t,\min}$) se le puede asignar además la siguiente función:

- una función de identificación de los elementos implicados en el desequilibrio máximo entre los elementos químicos del sistema.

5 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores que comprende además una etapa de diagnóstico:
e. generar al menos una de las siguientes señales de anomalía en función de los pares ($C_{T,1}$, $\Delta Q_{T,\max}$; $C_{T,2}$, $\Delta Q_{T,\min}$) de datos constituido por el identificador del elemento electroquímico ($C_{t,1}$, $C_{t,2}$) y por la correspondiente desviación del estado de carga ($\Delta Q_{t,\max}$, $\Delta Q_{t,\min}$):

- una identificación de al menos un elemento electroquímico que presenta una diferencia de capacidad residual con respecto a una capacidad residual nominal de los elementos electroquímicos del sistema en el intervalo de valores (T) del estado de carga de referencia;
- una cuantificación de dicha o dichas diferencias de capacidad residual;
- 15 - una cuantificación del desequilibrio máximo entre los elementos químicos del sistema.

6. Procedimiento según la reivindicación 5 que comprende además una etapa de activación de al menos una medida correctiva en respuesta a una al menos de dichas señales de anomalía.

20 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los pares ($C_{T,1}$, $\Delta Q_{T,\max}$; $C_{T,2}$, $\Delta Q_{T,\min}$) de datos constituidos por el identificador del elemento electroquímico ($C_{t,1}$, $C_{t,2}$) y por la correspondiente desviación del estado de carga ($\Delta Q_{t,\max}$, $\Delta Q_{t,\min}$) a los que se asigna una función de cuantificación de dicha o dichas diferencias de capacidad residual se utilizan conjuntamente en la construcción de un modelo de regresión lineal, a continuación, se implementa una cuantificación de una anomalía de capacidad residual en función del valor de la pendiente de dicho
25 modelo de regresión lineal.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los pares ($C_{T,1}$, $\Delta Q_{T,\max}$; $C_{T,2}$, $\Delta Q_{T,\min}$) de datos constituidos por el identificador del elemento electroquímico ($C_{t,1}$, $C_{t,2}$) y por la correspondiente desviación del estado de carga ($\Delta Q_{t,\max}$, $\Delta Q_{t,\min}$) a los que se asigna una función de cuantificación del desequilibrio máximo entre los
30 elementos químicos del sistema se utilizan conjuntamente para calcular una media, ponderada o no, o unos cuantiles, tales como una mediana, de los valores de las primeras y segundas desviaciones de los estados de carga ($\Delta Q_{t,\max}$, $\Delta Q_{t,\min}$).

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos lotes de datos se obtienen para una pluralidad de instantes (t) distribuidos en una pluralidad de ciclos de carga y/o descarga, completos o parciales, de dicho sistema electroquímico.

10. Programa informático que incluye unas instrucciones para la implementación del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores cuando este programa es ejecutado por un procesador.

40 11. Medio de grabación no transitorio legible por un ordenador en el que se graba un programa para la implementación del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9 cuando este programa es ejecutado por un procesador.

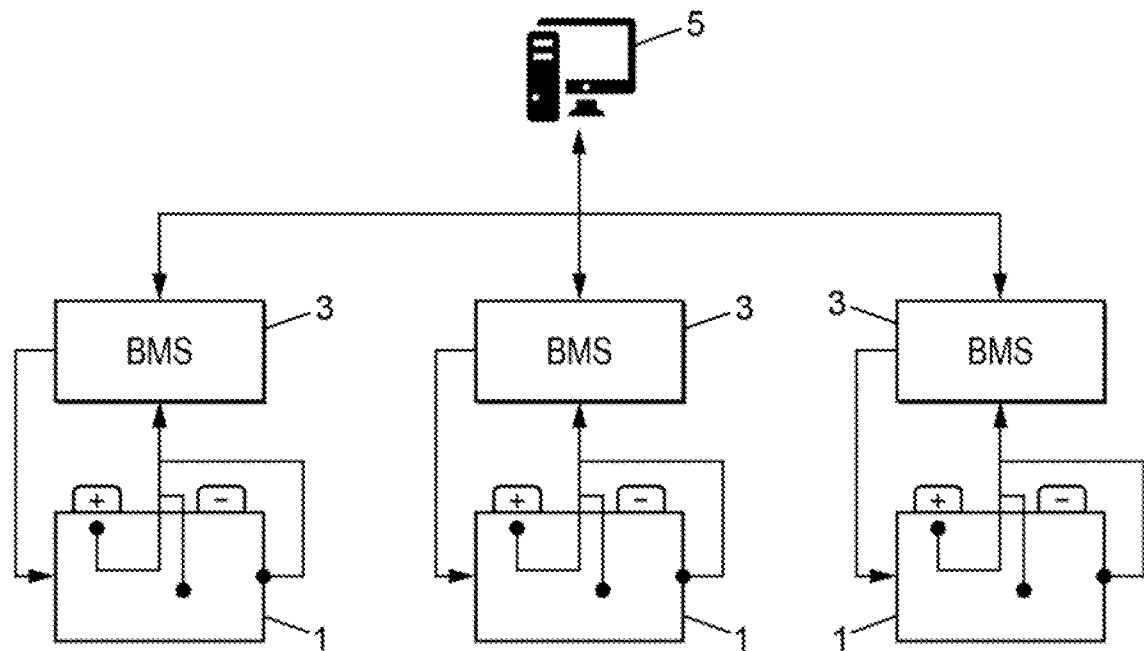


FIG. 1

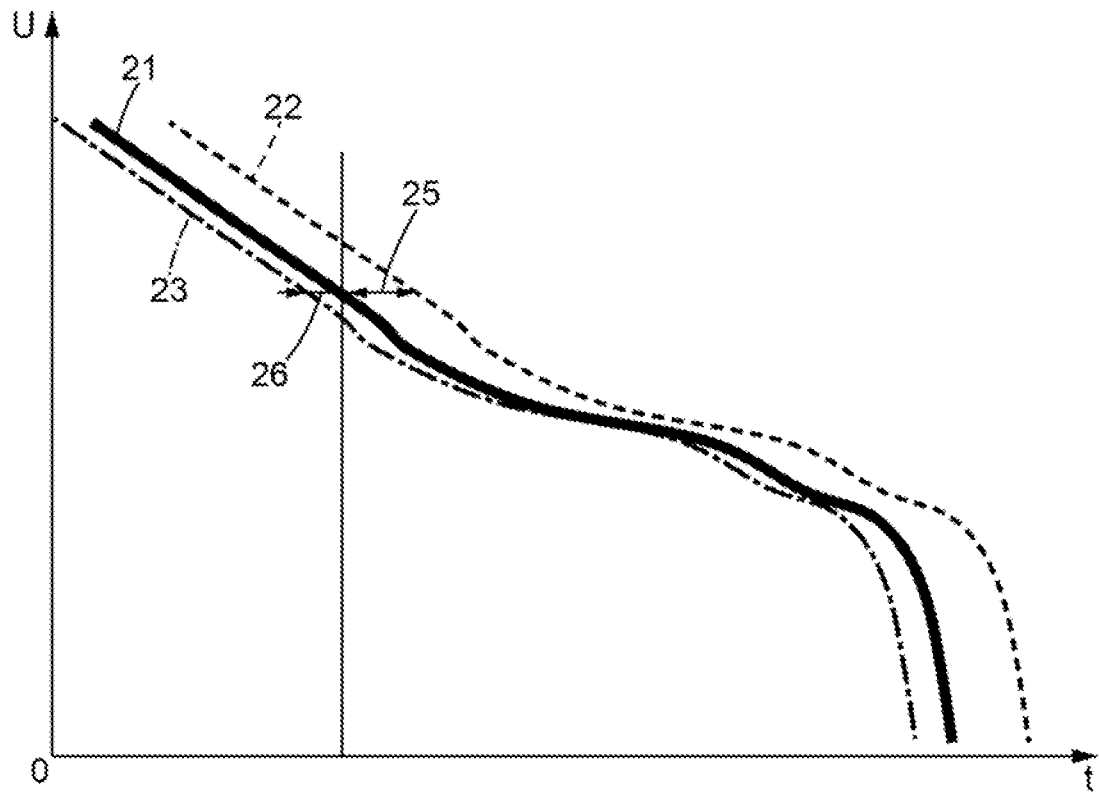


FIG. 2

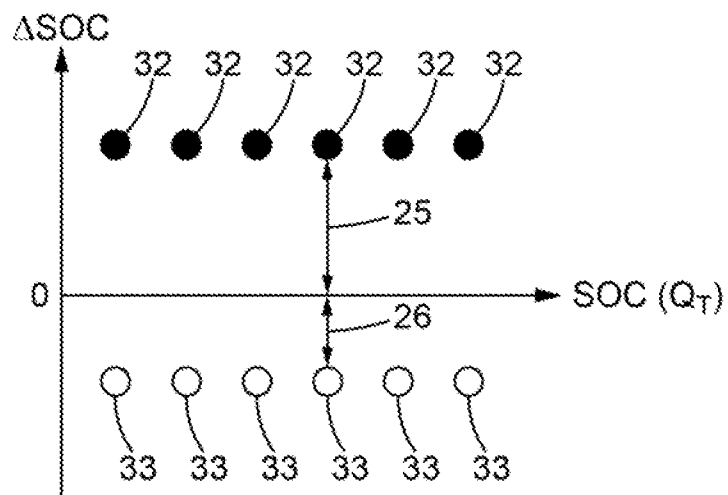


FIG. 3

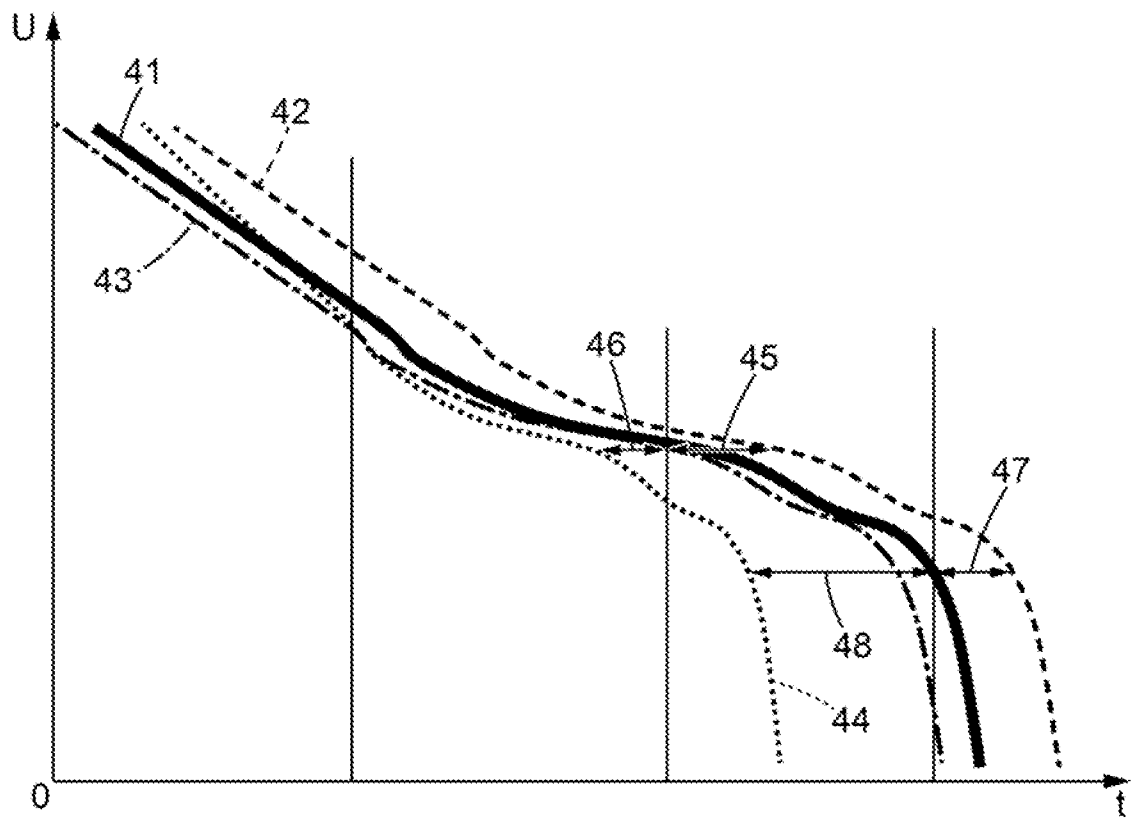


FIG. 4

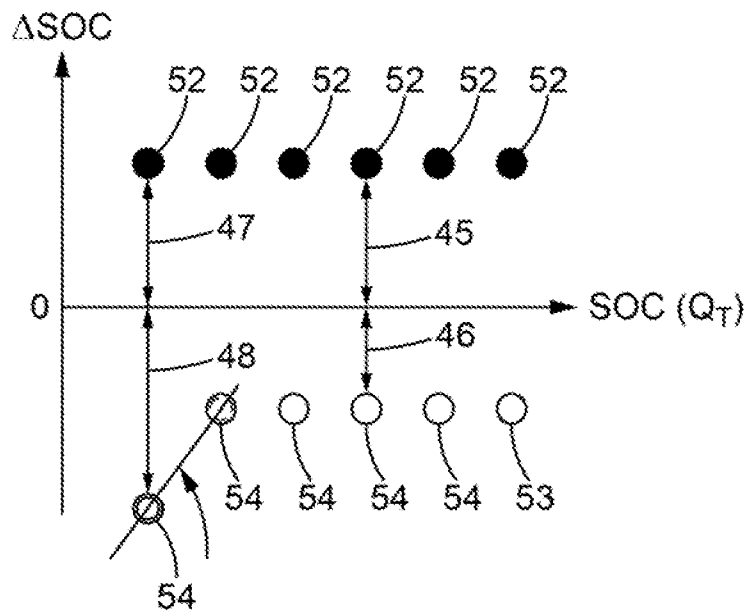


FIG. 5

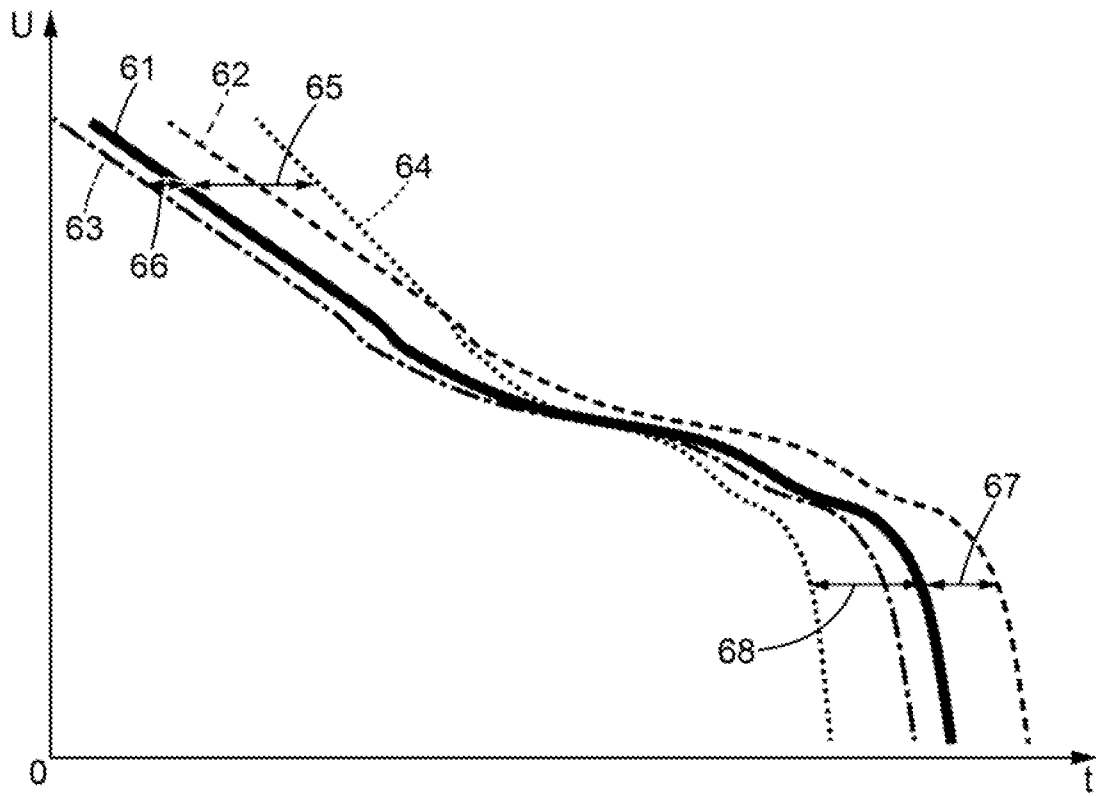


FIG. 6

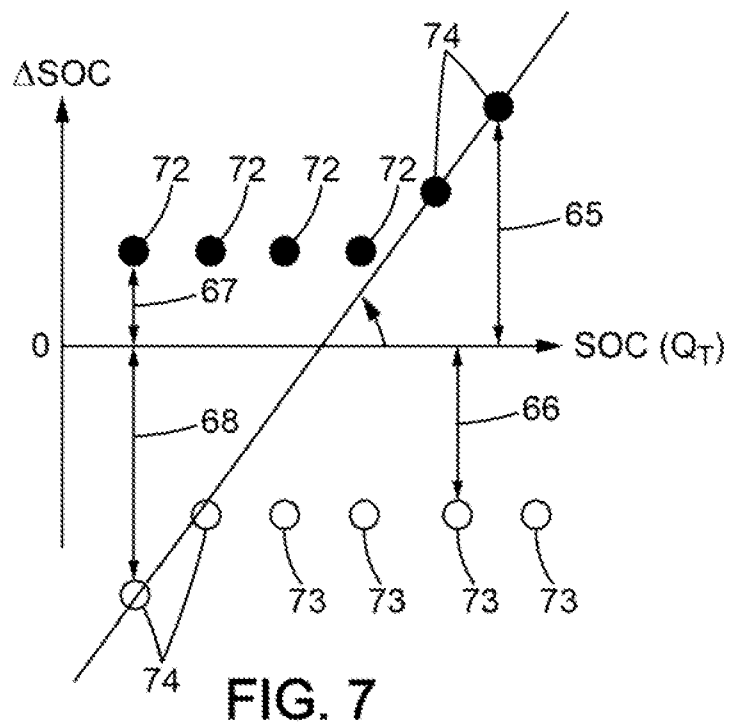


FIG. 7

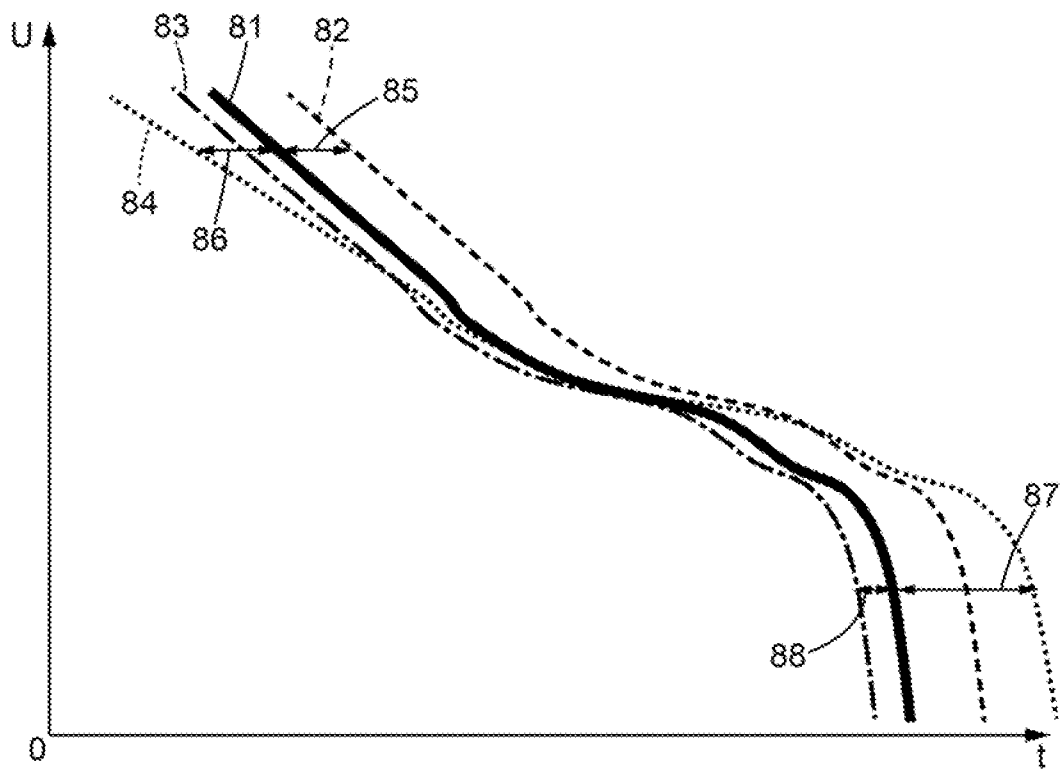


FIG. 8

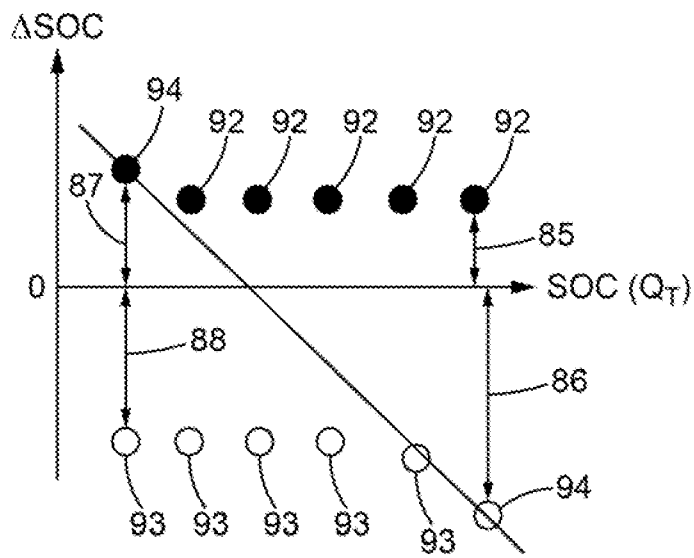


FIG. 9

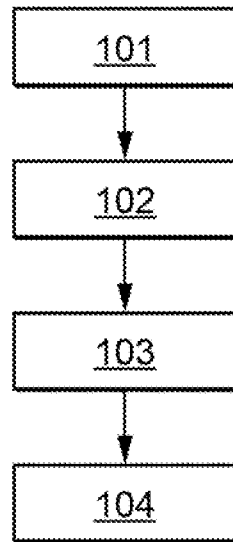


FIG. 10