

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 734**

51 Int. Cl.:

G01R 31/367 (2009.01)

G01R 31/392 (2009.01)

G01R 31/396 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.07.2021** **PCT/EP2021/069620**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.02.2022** **WO22033794**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2021** **E 21749774 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2024** **EP 4196805**

54 Título: **Sistema de gestión de baterías para clasificar un módulo de batería**

30 Prioridad:

11.08.2020 DE 102020121098

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

04.12.2024

73 Titular/es:

LISA DRÄXLMAIER GMBH (100.0%)
Landshuter Strasse 100
84137 Vilsbiburg, DE

72 Inventor/es:

HINTERBRANDNER, FLORIAN;
MEIER, SIMON y
OBERMAYER, PAUL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 991 734 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 gestión de baterías para clasificar un módulo de batería

La invención se refiere a un sistema de gestión de baterías y a un procedimiento para clasificar un módulo de batería con celdas de batería. En particular, la invención se refiere a algoritmos de clasificación para detectar automáticamente anomalías en el módulo de batería.

Los módulos de batería cuya curva de tensión durante una fase de carga se encuentra fuera de la distribución normal típica del tipo de celda y del estado de envejecimiento actualmente sólo pueden ser reconocidos visualmente por personal especializado. Esto implica un gasto de tiempo considerable y la posibilidad de defectos debido a la naturaleza manual y monótona del trabajo.

Para optimizar el proceso de fabricación de sistemas de baterías, es fundamental determinar la calidad del producto obtenida. Para ello, los datos de medición se recopilan normalmente de forma totalmente automática y digital en instalaciones de producción modernas. Se pueden utilizar métodos de aprendizaje automático para evaluar estos datos, lo que permite realizar una verificación completa rápida y rentable. Además, el modelo de aprendizaje automático, a diferencia de los humanos, no muestra signos de fatiga debido al trabajo monótono.

La publicación US 2016/169978 A1 se refiere a un dispositivo, un procedimiento y un medio de grabación no volátil en el que está almacenado un programa para identificar una ubicación de una anomalía que se ha producido en un sistema de batería secundaria con dos o más módulos, cada uno de los cuales aloja uno o más bloques. Cada uno de los bloques se forma conectando celdas de batería de dos o más baterías secundarias.

La publicación US 6 526 361 B1 describe un procedimiento y un dispositivo para la evaluación y clasificación de baterías, en donde se aplican microcargas transitorias y/o pulsos de microcarga a una batería de automóvil. La clasificación se realiza sobre la base del análisis de la curva de tensión resultante o de sus partes o dimensiones.

Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar un sistema de gestión de baterías y un procedimiento para clasificar módulos de batería que puedan detectar anomalías en los módulos de batería y clasificar las anomalías de diversas maneras. En particular se demuestra que los métodos de aprendizaje automático son adecuados para detectar anomalías en sistemas de baterías.

La invención se basa en la idea de que las anomalías son visibles en función de las curvas de tensión de los módulos de batería. Los efectos de valores incorrectos de resistencia interna, valores de capacidad y tensiones de equilibrio se derivan del cableado eléctrico de un modelo de batería. Se comprobó que todos los efectos observados se pueden describir utilizando las tres cantidades físicas mencionadas. A partir de este conocimiento se definen diferentes tipos de anomalías, así como un caso normal.

Según un primer aspecto de la invención, el objetivo se logra mediante un sistema de gestión de baterías para clasificar un módulo de batería, en donde el módulo de batería presenta una primera celda de batería y una segunda celda de batería. El sistema de gestión de baterías incluye una interfaz y un procesador. La interfaz está diseñada para obtener una primera curva de tensión a través de la primera celda de batería y una segunda curva de tensión a través de la segunda celda de batería, en donde la primera curva de tensión presenta una primera sección de curva de tensión y una segunda sección de curva de tensión, y en donde la segunda curva de tensión presenta una tercera sección de curva de tensión y una cuarta sección de curva de tensión.

Además, el procesador está diseñado para: determinar una curva de tensión de referencia sobre la base de un valor medio de tensión de la primera curva de tensión y de la segunda curva de tensión, teniendo la curva de tensión de referencia una primera sección de curva de tensión de referencia y una segunda sección de curva de tensión de referencia; comparar la primera curva de tensión con la curva de tensión de referencia para obtener una primera métrica, que indica una primera desviación de tensión entre la primera sección de curva de tensión y la primera sección de curva de tensión de referencia y una segunda desviación de tensión entre la segunda sección de curva de tensión y la segunda sección de curva de tensión de referencia; comparar la segunda curva de tensión con la curva de tensión de referencia para obtener una segunda métrica, que indica una tercera desviación de tensión entre la tercera sección de curva de tensión y la primera sección de curva de tensión de referencia y una cuarta desviación de tensión entre la cuarta sección de curva de tensión y la segunda sección de curva de tensión de referencia; asignar una primera característica eléctrica a la primera sección de curva de tensión y asignar una segunda característica eléctrica a la segunda sección de curva de tensión si la primera métrica es mayor que la segunda métrica, para clasificar el módulo de batería mediante la primera característica eléctrica y la segunda característica eléctrica; o asignar una tercera característica eléctrica a la tercera sección de curva de tensión y asignar una cuarta característica eléctrica a la cuarta sección de curva de tensión si la primera métrica es menor que la segunda métrica, para clasificar el módulo de batería mediante la tercera característica eléctrica y la cuarta característica eléctrica.

De este modo se consigue la ventaja técnica de que se detectan anomalías en los módulos de batería, lo que permite distinguir entre módulos de batería sin defectos (es decir, casos normales) y módulos de batería defectuosos.

Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, el sistema de gestión de baterías comprende una memoria que está diseñada para almacenar una pluralidad de características eléctricas, en donde el procesador está diseñado para leer la característica eléctrica respectiva de la memoria.

Esto permite guardar y leer las características eléctricas.

- 5 Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, el procesador está diseñado para determinar la curva de tensión de referencia sobre la base de la primera curva de tensión y la segunda curva de tensión.

Esto logra la ventaja técnica de que se calcula eficientemente una curva de tensión de referencia para un módulo de batería.

- 10 Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, la curva de tensión de referencia incluye una mediana o un promedio de la primera curva de tensión y de la segunda curva de tensión.

Esto logra la ventaja técnica de que se calcula eficientemente una curva de tensión de referencia para un módulo de batería.

- 15 Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, el módulo de batería presenta una tercera celda de batería y la interfaz está diseñada para obtener una tercera curva de tensión a través de la tercera celda de batería, en donde el procesador está diseñado para determinar la curva de tensión de referencia sobre la base de la primera curva de tensión, la segunda curva de tensión y la tercera curva de tensión.

- 20 Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, la curva de tensión de referencia incluye una mediana, un promedio o una moda de la primera curva de tensión, la segunda curva de tensión y la tercera curva de tensión.

De este modo se consigue la ventaja técnica de que se genera una curva de tensión de referencia para un módulo de batería, que se utiliza para detectar la celda de batería que más se diferencia de las otras celdas de batería del módulo de batería en términos de curva de tensión.

- 25 Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, el procesador está diseñado para: determinar la primera característica eléctrica sobre la base de la primera sección de curva de tensión de la primera curva de tensión y la segunda característica eléctrica sobre la base de la segunda sección de curva de tensión de la primera curva de tensión mediante un análisis de componentes principales, en donde la primera característica eléctrica representa la primera sección de curva de tensión de la primera curva de tensión y la segunda característica eléctrica representa la segunda sección de curva de tensión de la primera curva de tensión; y/o determinar la tercera característica eléctrica sobre la base de la tercera sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión y la cuarta característica eléctrica sobre la base de la cuarta sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión mediante el análisis de componentes principales, en donde la tercera característica eléctrica representa la tercera sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión y la cuarta característica eléctrica representa la cuarta sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión.

- 35 Esto permite determinar las características eléctricas de manera eficiente.

- 40 Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, el procesador está diseñado para determinar una primera característica eléctrica sobre la base de la primera sección de curva de tensión de la primera curva de tensión, una segunda característica eléctrica sobre la base de la segunda sección de curva de tensión de la primera curva de tensión, una tercera característica eléctrica sobre la base de la tercera sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión, una cuarta característica eléctrica sobre la base de la cuarta sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión.

- 45 Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, la primera característica eléctrica corresponde a una tensión de equilibrio de la primera celda de batería y la tercera característica eléctrica corresponde a otra tensión de equilibrio de la segunda celda de batería, en donde la segunda característica eléctrica corresponde a una resistencia interna de la primera celda de batería y la cuarta característica eléctrica corresponde a otra resistencia interna de la segunda celda de batería.

De este modo se consigue la ventaja técnica de que las características eléctricas de las celdas de batería de un módulo de batería se extraen de forma eficiente, por lo que una anomalía que se produce en el módulo de batería se puede describir utilizando la tensión de equilibrio y la resistencia interna de una celda de batería respectiva.

- 50 Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, el procesador está diseñado para clasificar el módulo de batería usando un algoritmo de clasificación, en donde el algoritmo de clasificación comprende al menos uno de regresión logística, Máquina de Vectores de Soporte, Bosque Aleatorio, perceptrón multicapa y Máquina de Vectores de Soporte de Clase Única.

De este modo se consigue la ventaja técnica de que un módulo de batería se clasifica de forma eficaz para determinar si el módulo de batería está libre de defectos o es defectuoso.

Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, la interfaz está diseñada para obtener una primera pluralidad de curvas de tensión y una segunda pluralidad de curvas de tensión, en donde cada una de la primera pluralidad de curvas de tensión corresponde a una primera celda de batería de uno de una pluralidad de módulos de batería y cada una de la segunda pluralidad de curvas de tensión corresponde a una segunda celda de batería de uno de la pluralidad de módulos de batería, en donde la interfaz está diseñada para manejar la pluralidad de módulos de batería como libres de defectos, en donde el procesador está diseñado para clasificar cada módulo de batería de la pluralidad de módulos de batería utilizando un algoritmo de clasificación adicional para formar un grupo de referencia sobre la base de la clasificación.

De este modo se consigue la ventaja técnica de que se forma eficientemente un grupo de referencia de módulos de batería sin defectos y en el espacio de características se establece un límite estricto para los módulos de batería sin defectos, de modo que los módulos de batería que se encuentran fuera de este límite pueden declararse como anomalías.

Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, el procesador está diseñado para clasificar la pluralidad de módulos de batería usando un algoritmo de clasificación adicional, en donde el algoritmo de clasificación adicional comprende al menos uno de regresión logística, Máquina de Vectores de Soporte, Bosque Aleatorio, perceptrón multicapa y Máquina de Vectores de Soporte de Clase Única.

De este modo se consigue la ventaja técnica de que se forma eficientemente un grupo de referencia de módulos de batería sin defectos y se establece un límite estricto para módulos de batería sin defectos en el espacio de características.

Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, la primera curva de tensión presenta una quinta sección de curva de tensión y la segunda curva de tensión presenta una sexta sección de curva de tensión, en donde el procesador está diseñado para extraer una quinta característica sobre la base de la quinta sección de curva de tensión de la primera curva de tensión y una sexta característica sobre la base de la sexta sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión.

Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, la quinta característica corresponde a una capacidad de la primera celda de batería y la sexta característica corresponde a otra capacidad de la segunda celda de batería.

De este modo se consigue la ventaja técnica de que las características eléctricas de las celdas de batería de un módulo de batería se extraen de manera eficiente, por lo que una anomalía que se produce en el módulo de batería se puede describir usando la tensión de equilibrio, la capacidad de la celda y/o la resistencia interna de una celda de batería respectiva.

Según un modo de realización ejemplar del sistema de gestión de baterías, la interfaz está diseñada para obtener una cantidad de grupos que han de ser generados, una primera pluralidad adicional de curvas de tensión y una segunda pluralidad adicional de curvas de tensión, en donde cada una de la primera pluralidad adicional de curvas de tensión corresponde a una primera celda de batería de uno de una pluralidad adicional de módulos de batería y en donde cada una de la segunda pluralidad adicional de curvas de tensión corresponde a una segunda celda de batería de uno de la pluralidad adicional de módulos de batería, en donde el procesador está diseñado para asignar cada módulo de batería de la pluralidad adicional de módulos de batería a una pluralidad de grupos usando el algoritmo de clasificación, en donde la cantidad de la pluralidad de grupos es igual al número de grupos que se ha de crear.

De este modo se consigue la ventaja técnica de que los módulos de batería se clasifican de manera eficiente, mediante lo cual se detectan las anomalías en los módulos de batería y las anomalías se clasifican de diversas maneras.

El objetivo se logra según un segundo aspecto de la invención mediante un procedimiento para la gestión de baterías, que comprende las siguientes etapas de procedimiento: obtener una primera curva de tensión a través de una primera celda de batería de un módulo de batería y una segunda curva de tensión a través de una segunda celda de batería del módulo de batería, en donde la primera curva de tensión presenta una primera sección de curva de tensión y una segunda sección de curva de tensión, y en donde la segunda curva de tensión presenta una tercera sección de curva de tensión y una cuarta sección de curva de tensión; determinar una curva de tensión de referencia sobre la base de un valor medio de tensión a partir de la primera curva de tensión y de la segunda curva de tensión, en donde la curva de tensión de referencia presenta una primera sección de curva de tensión de referencia y una segunda sección de curva de tensión de referencia; comparar la primera curva de tensión con la curva de tensión de referencia para obtener una primera métrica, que indica una primera desviación de tensión entre la primera sección de curva de tensión y la primera sección de curva de tensión de referencia y una segunda desviación de tensión entre la segunda sección de curva de tensión y la segunda sección de curva de tensión de referencia; comparar la segunda curva de tensión con la curva de tensión de referencia para obtener una segunda métrica, que indica una tercera desviación de tensión entre la tercera sección de curva de tensión y la primera sección de curva de tensión de referencia y una cuarta desviación de tensión entre la cuarta sección de curva de tensión y la segunda sección de curva de tensión de

referencia; asignar una primera característica eléctrica a la primera sección de curva de tensión y una segunda característica eléctrica a la segunda sección de curva de tensión si la primera métrica es mayor que la segunda métrica, para clasificar el módulo de batería mediante la primera característica eléctrica y la segunda característica eléctrica; o asignar una tercera característica eléctrica a la tercera sección de curva de tensión y una cuarta característica eléctrica a la cuarta sección de curva de tensión si la primera métrica es menor que la segunda métrica, para clasificar el módulo de batería mediante la tercera característica eléctrica y la cuarta característica eléctrica.

De este modo se consigue la ventaja técnica de que se detectan anomalías en los módulos de batería, lo que permite distinguir entre módulos de batería sin defectos (es decir, casos normales) y módulos de batería defectuosos.

Todos los modos de realización enumerados en relación con el sistema de gestión de baterías según el primer aspecto también se aplican como modos de realización para el procedimiento según el segundo aspecto.

La invención se describe a continuación con mayor detalle a partir de ejemplos de realización y de las figuras. En las figuras:

la Fig. 1 muestra una representación esquemática de un sistema de gestión de baterías según un ejemplo de realización para clasificar un módulo de batería;

la Fig. 2 muestra una tabla de tipos de anomalías definidos según un ejemplo de realización;

la Fig. 3 muestra un ejemplo de configuración de parámetros favorables y desfavorables;

la Fig. 4 muestra un ejemplo de una curva de tensión e interpolación de la señal;

la Fig. 5 muestra un ejemplo de una señal con una curva de señal atípica;

la Fig. 6 muestra una señal transformada por transformación de ondas discretas (DWT, por sus siglas en inglés) del ejemplo de la Fig. 5 y la curva cualitativa de una función de costos lineal por secciones;

la Fig. 7 muestra un ejemplo de la segmentación de una curva de tensión;

la Fig. 8 muestra curvas de tensión simuladas de un módulo de batería con una celda de batería defectuosa en un modo de realización;

la Fig. 9 muestra un ejemplo de los vectores de características generados a partir de un conjunto de datos de entrenamiento;

la Fig. 10 muestra una tabla de los resultados de los diversos algoritmos de clasificación cuando se entrena en un modo de realización; y

la Fig. 11 muestra un diagrama de flujo para un procedimiento según un ejemplo de realización.

En la siguiente descripción detallada se hace referencia a las figuras adjuntas, que forman parte de la misma, y en las que se muestran, a modo de ilustración, modos de realización específicos en los que se puede poner en práctica la invención. Debe entenderse que también se pueden utilizar otros modos de realización y se pueden realizar cambios estructurales o lógicos sin apartarse del concepto de la presente invención. Por lo tanto, la siguiente descripción detallada no debe tomarse en sentido limitativo. Además, debe entenderse que las características de los diversos modos de realización descritos en la presente memoria se pueden combinar entre sí a menos que se indique específicamente lo contrario.

Los aspectos y modos de realización de la presente invención se describirán con referencia a las figuras, en donde símbolos de referencia similares generalmente se refieren a elementos similares. En la siguiente descripción se exponen numerosos detalles específicos con fines explicativos para proporcionar una comprensión profunda de uno o más aspectos de la presente invención.

La Fig. 1 muestra una representación esquemática de un sistema 100 de gestión de baterías para clasificar un módulo de batería según un ejemplo de realización, en donde el módulo de batería presenta al menos una primera celda de batería y una segunda celda de batería. Como se muestra en la Fig. 1, el sistema 100 de gestión de baterías incluye una interfaz 101, un procesador 103 y una memoria 105, cuyas funcionalidades se examinarán con mayor detalle más abajo.

En un modo de realización, la interfaz 101 está diseñada para obtener una primera curva de tensión a través de la primera celda de batería y una segunda curva de tensión a través de la segunda celda de batería, en donde la primera curva de tensión presenta una primera sección de curva de tensión y una segunda sección de curva de tensión, y en donde la segunda curva de tensión presenta una tercera sección de curva de tensión y una cuarta sección de curva de tensión.

- En un modo de realización, el procesador 103 está diseñado para determinar una curva de tensión de referencia sobre la base de un valor medio de tensión de la primera curva de tensión y de la segunda curva de tensión, en donde la curva de tensión de referencia presenta una primera sección de curva de tensión de referencia y una segunda sección de curva de tensión de referencia. En un modo de realización, el procesador 105 está diseñado para determinar la curva de tensión de referencia sobre la base de la primera curva de tensión y la segunda curva de tensión, y la curva de tensión de referencia incluye una mediana o un promedio de la primera curva de tensión y la segunda curva de tensión.
- Además, el procesador 103 está diseñado para comparar la primera curva de tensión con la curva de tensión de referencia con el fin de obtener una primera métrica, que indica una primera desviación de tensión entre la primera sección de curva de tensión y la primera sección de curva de tensión de referencia y una segunda desviación de tensión entre la segunda sección de curva de tensión y la segunda sección de curva de tensión de referencia; y comparar la segunda curva de tensión con la curva de tensión de referencia para obtener una segunda métrica, que indica una tercera desviación de tensión entre la tercera sección de curva de tensión y la primera sección de curva de tensión de referencia y una cuarta desviación de tensión entre la cuarta sección de curva de tensión y la segunda sección de curva de tensión de referencia.
- Si la primera métrica es mayor que la segunda métrica, el procesador 103 está diseñado para asignar una primera característica eléctrica a la primera sección de curva de tensión y para asignar una segunda característica eléctrica a la segunda sección de curva de tensión con el fin de clasificar el módulo de batería mediante la primera característica eléctrica y la segunda característica eléctrica.
- En un modo de realización, el procesador 103 está diseñado para: determinar la primera característica eléctrica sobre la base de la primera sección de curva de tensión de la primera curva de tensión y la segunda característica eléctrica sobre la base de la segunda sección de curva de tensión de la primera curva de tensión por medio de un análisis de componentes principales, en donde la primera característica eléctrica representa la primera sección de curva de tensión de la primera curva de tensión y la segunda característica eléctrica representa la segunda sección de curva de tensión de la primera curva de tensión.
- Alternativamente, el procesador 103 está diseñado para asignar una tercera característica eléctrica a la tercera sección de curva de tensión y para asignar una cuarta característica eléctrica a la cuarta sección de curva de tensión si la primera métrica es menor que la segunda métrica, para clasificar el módulo de batería mediante la tercera característica eléctrica y la cuarta característica eléctrica.
- En un modo de realización, el procesador 103 está diseñado para determinar la tercera característica eléctrica sobre la base de la tercera sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión y la cuarta característica eléctrica sobre la base de la cuarta sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión mediante el análisis de componentes principales, en donde la tercera característica eléctrica representa la tercera sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión y la cuarta característica eléctrica representa la cuarta sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión.
- En un modo de realización, la memoria 105 está diseñada para almacenar una pluralidad de características eléctricas, en donde el procesador 103 está diseñado para leer la característica eléctrica respectiva de la memoria.
- Con respecto a la clasificación, el procesador 103 está diseñado para clasificar el módulo de batería usando un algoritmo de clasificación, en donde el algoritmo de clasificación comprende al menos uno de regresión logística, Máquina de Vectores de Soporte, Bosque Aleatorio, perceptrón multicapa y Máquina de Vectores de Soporte de Clase Única.
- En un modo de realización, el módulo de batería presenta además una tercera celda de batería y la interfaz 101 está diseñada para obtener una tercera curva de tensión a través de la tercera celda de batería, en donde el procesador 103 está diseñado para determinar la curva de tensión de referencia sobre la base de la primera curva de tensión, la segunda curva de tensión y la tercera curva de tensión. En este caso, la curva de tensión de referencia incluye una mediana, un promedio o una moda de la primera curva de tensión, la segunda curva de tensión y la tercera curva de tensión.
- En un modo de realización, el procesador está diseñado para determinar una primera característica eléctrica sobre la base de la primera sección de curva de tensión de la primera curva de tensión, una segunda característica eléctrica sobre la base de la segunda sección de curva de tensión de la primera curva de tensión, una tercera característica eléctrica sobre la base de la tercera sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión, una cuarta característica eléctrica sobre la base de la cuarta sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión, en donde la primera característica eléctrica corresponde a una tensión de equilibrio de la primera celda de batería y la tercera característica eléctrica corresponde a otra tensión de equilibrio de la segunda celda de batería, en donde la segunda característica eléctrica corresponde a una resistencia interna de la primera celda de batería y la cuarta característica eléctrica corresponde a otra resistencia interna de la segunda celda de batería.
- En un modo de realización, la interfaz 101 está diseñada para obtener una primera pluralidad de curvas de tensión y una segunda pluralidad de curvas de tensión, en donde cada una de la primera pluralidad de curvas de tensión corresponde a una primera celda de batería de uno de una pluralidad de módulos de batería y cada una de la segunda pluralidad de curvas de tensión corresponde a una segunda celda de batería de uno de la pluralidad de módulos de batería, en donde la interfaz está diseñada para manejar la pluralidad de módulos de batería como libre de defectos.

En este caso, el procesador 103 está diseñado para clasificar cada módulo de batería de la pluralidad de módulos de batería mediante un algoritmo de clasificación adicional para formar un grupo de referencia basado en la clasificación, en donde el algoritmo de clasificación adicional comprende al menos uno de regresión logística, Soporte de Vectores de Máquina, Bosque Aleatorio, perceptrón multicapa, Máquina de Vectores de Soporte de Clase Única.

5 En un modo de realización, la primera curva de tensión presenta una quinta sección de curva de tensión y la segunda curva de tensión presenta una sexta sección de curva de tensión, en donde el procesador 103 está diseñado para extraer una quinta característica sobre la base de la quinta sección de curva de tensión de la primera curva de tensión y una sexta característica sobre la base de la sexta sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión. La quinta característica corresponde a una capacidad de la primera celda de batería y la sexta característica corresponde a otra capacidad de la segunda celda de batería.

10 En un modo de realización, la interfaz 101 está diseñada además para obtener una cantidad de grupos que han de ser generados, una primera pluralidad adicional de curvas de tensión y una segunda pluralidad adicional de curvas de tensión, en donde cada una de la primera pluralidad adicional de curvas de tensión corresponde a una primera celda de batería de uno de una pluralidad adicional de módulos de batería y en donde cada una de la segunda pluralidad adicional de curvas de tensión corresponde a una segunda celda de batería de uno de la pluralidad adicional de módulos de batería. En consecuencia, el procesador 103 está diseñado para asignar cada módulo de batería de la pluralidad adicional de módulos de batería a una pluralidad de grupos mediante el algoritmo de clasificación, en donde la cantidad de la pluralidad de grupos es igual a la cantidad de grupos que han de ser generados.

15 Los modos de realización de la presente invención permiten analizar los módulos de batería de forma totalmente automática con respecto a su comportamiento y reconocer y categorizar posibles anomalías.

De este modo se logran las siguientes ventajas:

- Ahorro de costes, ya que se pueden evitar posibles reclamaciones en una fase temprana (inmediatamente después de la producción).
- Procedimiento aplicable a módulos de batería individuales.
- 25 • Localización de los módulos afectados.
- Categorización de las anomalías (indicación de causas).
- Examen 100 % de todos los módulos.

Los modos de realización de la presente invención se refieren a los siguientes aspectos: simulación de batería, detección de valores atípicos y extracción de características, algoritmos de clasificación y detección de anomalías, que se analizan con mayor detalle más abajo.

30 Utilizando un modelo de simulación de batería se simulan y generan tipos de anomalías reales en una distribución uniforme. Un posterior procesamiento previo de datos extrae las características (vectores de características) necesarias para la categorización posterior y detecta anomalías extrañas o previamente desconocidas (valores atípicos). Un modelo de clasificación asigna (categoriza) cada módulo a un grupo conocido, en donde mediante un detector de anomalías posterior se consideran de forma más crítica las decisiones sobre si se trata de una anomalía. Sin embargo, en estos casos tiene lugar una asignación puramente binaria (anomalía o caso normal).

35 El objetivo de la simulación de anomalías consiste en obtener el cambio en el comportamiento físico en relación con su comportamiento "normal" y poder reproducir repetidamente este comportamiento modificado en su manifestación. Esto debe suceder dentro de los límites en los que se produce esta anomalía para poder asignar una causa a la anomalía.

40 Para generar de manera fiable la precisión requerida de este comportamiento modificado se requieren tres etapas, que se examinarán con más detalle a continuación:

- Reproducción del comportamiento del sistema físico.
- Definición de los parámetros que causan anomalías.
- 45 • Generación de distribución de parámetros.

Reproducción del comportamiento del sistema físico

El comportamiento del sistema físico real debe reproducirse con la mayor precisión posible mediante un modelo de simulación en relación con la magnitud que ha de ser analizada. Esto tiene lugar adaptando los parámetros del modelo de simulación de tal modo que la desviación entre el comportamiento real y el simulado sea la mínima posible.

Esta adaptación se realiza mediante una combinación de algoritmos de optimización que se utilizan en un orden definido. Éstos determinan la combinación de parámetros que tiene la menor desviación entre la simulación y las mediciones reales. Esta adaptación de parámetros se basa siempre en un conjunto de parámetros que ya se ha adaptado inicialmente al comportamiento general. Tras esta adaptación también se habla de un "gemelo digital" que refleja el comportamiento de un sistema real concreto.

Definición de los parámetros que causan anomalías

Para poder crear anomalías de forma selectiva se deben determinar los parámetros que las causan. Esta asignación puede tener lugar mediante una evaluación de datos pura o a través del departamento, que por lo tanto puede asignar patrones de comportamiento a causas y parámetros. Se definieron tres parámetros que pueden caracterizar anomalías. Todas las combinaciones posibles de estos parámetros determinan los casos que se muestran más abajo.

La Fig. 2 muestra una tabla 200 de los tipos de anomalías definidos en un modo de realización. Como se puede ver en la Fig. 2, todas las anomalías que se producen se pueden describir con ayuda de la tensión de equilibrio, la capacidad de la celda y la resistencia interna.

Generación de distribución de anomalías

Mediante el análisis de muchos casos de anomalías reales se pueden determinar las manifestaciones de los parámetros que causan las anomalías. Estas manifestaciones de parámetros sirven como un orden de magnitud para obtener límites de parámetros para ciertas anomalías.

Estos límites determinados se pueden utilizar entonces para generar de forma independiente anomalías cuyo comportamiento y manifestación corresponden a los de sistemas reales. Los casos de anomalías generados se pueden crear con cualquier frecuencia y en cualquier combinación y manifestación y se pueden utilizar para entrenar algoritmos de aprendizaje automático.

La generación de conjuntos de datos de entrenamiento mediante un modelo de simulación trae consigo numerosas ventajas y desafíos. La elección de los parámetros de simulación es fundamental para el posterior uso del modelo entrenado con datos reales. Por ejemplo, existe el riesgo de que los parámetros del conjunto de datos de entrenamiento se elijan desfavorablemente, de modo que determinados casos se produzcan preferentemente. La Fig. 3 muestra un ejemplo de ajustes de parámetros seleccionados favorables (*arriba a la derecha*) y desfavorables (*arriba a la izquierda*).

En la Fig. 3, arriba a la izquierda, se puede ver que hay una distancia muy pequeña entre un caso normal 301c y un defecto 303 de capacidad puro, mientras que los otros dos casos de anomalía 305, 307 presentan una distancia mayor con respecto al caso normal. Más abajo se muestran límites de decisión ejemplares, que están definidos por un clasificador mediante los datos de entrenamiento. El clasificador asignaría un nuevo punto de datos, que presenta anomalías tanto en la resistencia interna como en la capacidad, al grupo de defectos de capacidad, ya que se establecieron límites de decisión desfavorables debido a los datos de entrenamiento. Una disposición inteligente de los parámetros proporciona la solución (véase la Fig. 3 arriba a la derecha). Dado que todos los centros de los puntos de datos anómalos se encuentran en un arco de círculo, están a la misma distancia del centro de los casos normales. De este modo no se da preferencia artificialmente a ningún caso y es posible una clasificación correcta (véase la Fig. 3 abajo a la derecha).

En la Fig. 3 también se puede ver que para entrenar algoritmos de clasificación es crucial hacer que la distribución de los parámetros se cree en un círculo alrededor del caso normal 301a-d en esta aplicación. Los parámetros y sus combinaciones se crean de manera que respectivamente exista un espacio entre los casos. Esto garantiza una delimitación de las anomalías individuales entre sí. Representado aquí de forma ejemplar en un espacio bidimensional con dos parámetros. Sin embargo, esta conexión también debe mantenerse para relaciones de dimensiones superiores. En este contexto, la disposición circular alrededor del caso normal garantiza que la ponderación de las anomalías creadas se evalúe por igual; también se crea el mismo número de casos normales y anomalías.

Antes de que se puedan utilizar métodos de aprendizaje automático para detectar y clasificar anomalías, es necesario un complejo procesamiento previo de datos. Éste se lleva a cabo en varias etapas de proceso, que se enumeran a continuación.

Filtrar series cronológicas

En un modo de realización, las baterías que han de ser examinadas constan de 28 o 33 módulos. Sin embargo, independientemente del tipo de batería, los datos se registran para 33 módulos. Si se trata de una batería con sólo 28, se utilizan valores por defecto para los cinco módulos restantes. La eliminación de estos módulos con sus valores por defecto del conjunto de datos real constituye la primera etapa del procesamiento previo de datos. Para poder identificar los módulos afectados, se leen las tensiones de cada celda. Si un módulo sólo tiene valores por defecto como tensiones de celda y el número de módulos es mayor a 28, este módulo se eliminará con las series cronológicas asociadas.

Determinación del punto de activación

Además de series cronológicas de diferente duración, los datos reales también pueden contener señales de desplazamiento de tiempo. El desplazamiento de tiempo se compensa mediante activación en un flanco distintivo de la señal. La primera derivada de la señal y un límite de activación predefinido se utilizan para detectar dinámicamente dicho flanco. Si la magnitud de la pendiente es mayor que este límite de activación, se trata del flanco buscado.

Interpolación de series cronológicas

Los datos reales utilizados tienen diferentes amplitudes de paso dentro de una serie cronológica. Si observa la señal sin los valores de tiempo correspondientes, esto distorsionaría la curva de la señal. Sin embargo, para un procesamiento posterior sólo se deben tener en cuenta los valores de tensión sin información de tiempo. Para que esto sea posible, es necesaria una interpolación de la señal. Esta etapa de trabajo se muestra en la Fig. 4. El final del intervalo 403 de interpolación se determina con el punto 401 de activación arriba definido. El punto de partida se calcula a partir de la diferencia entre el punto final y un período de tiempo predeterminado. Una interpolación lineal dentro de este rango hace que las amplitudes de paso se estandaricen. Esto significa que las señales individuales se pueden comparar entre sí independientemente de la referencia temporal, sin distorsionar el curso de las señales.

Como también se puede ver en la Fig. 4, este procedimiento también es adecuado para filtrar valores por defecto que se pueden producir al comienzo de la grabación. Una serie cronológica siempre tiene valores por defecto cuando la grabación de datos está activa pero aún no se ha realizado ninguna medición. Si un valor por defecto de este tipo aparece dentro de la curva de señal real, no debe eliminarse, ya que se manipularían los resultados de la medición y se perdería información sobre posibles defectos en la unidad de medición.

Alisado de series cronológicas

Para mejorar la relación entre la señal útil y el ruido de la señal, se utiliza un filtro de paso bajo de primer orden. Sin embargo, la frecuencia de muestreo es claramente demasiado baja para permitir que el ruido se suprima claramente sin afectar a la señal útil. Para poder seguir ajustando una frecuencia de corte, se llega a un equilibrio entre la señal útil restante y el ruido y se determina empíricamente la frecuencia de corte de 0,1 Hz.

Filtración de valores atípicos

Para un posterior procesamiento de los datos, las mediciones deben tener una forma similar, ya que se activan determinadas funciones. Todas las anomalías definidas y también el caso normal presentan esta similitud en la forma. Por lo tanto, las curvas de tensión que tengan características diferentes deben filtrarse previamente. En la Fig. 5 se muestra un ejemplo posible de una señal con una curva 501 atípica diferente.

Para detectar estos valores atípicos se puede utilizar, por ejemplo, Distorsión Dinámica del Tiempo (DTW, por sus siglas en inglés). Este método es adecuado para comparar la curva de señal, ya que se compensan los cambios temporales o las distorsiones. Sin embargo, las pruebas demostraron que el uso de DTW requiere mucho tiempo y cálculo. Por lo tanto, esta no sería una opción favorable para aplicaciones con capacidad informática limitada. Para poder reconocer no obstante curvas tan inusuales, la señal se transforma mediante una Transformación de Onda Pequeña discreta (DWT, por sus siglas en inglés). Esto hace que la duración de la señal se reduzca a la mitad sin perder ninguna información esencial. A continuación se consideran los coeficientes de detalle, ya que contienen los componentes de alta frecuencia de la señal original. Resulta que, visto de esta manera, todos los casos generados sólo difieren en la altura de cuatro picos destacados. Si una señal tiene otros picos además de los cuatro, estos se deben a desviaciones en la forma de la señal. Utilizando la distancia euclidiana, las señales transformadas se pueden comparar con una señal de referencia. Sin embargo, dado que sólo las áreas fuera de los picos son relevantes para esta comparación, también se define una función de costos f_{cost} . Para el cálculo de la similitud de forma se obtiene la siguiente expresión:

$$d_{shape} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_j - q_j)^2 \cdot f_{cost,j}}$$

p_j representa el j -ésimo coeficiente de detalle de la señal que ha de ser examinada y q_j el j -ésimo coeficiente de detalle de la señal de referencia. A continuación, la diferencia al cuadrado de estos dos valores se multiplica por $f_{cost}(j)$. Este factor corresponde al valor j -ésimo de la función de costos. Si la función de costos tiene valores cero en las ubicaciones de los picos, éstos no se tienen en cuenta al determinar la similitud de forma. Dado que los picos en los datos reales pueden desplazarse a lo largo del eje x , una curva rectangular de la función de costos no es útil. Una función que aumenta con la distancia a los picos ofrece una solución. Esto da mayor peso a las desviaciones que están más alejadas de los picos y tolera desviaciones cercanas. Cuanto mayor sea el valor de d_{shape} , más diferentes serán las señales en cuanto a su forma.

La Fig. 6 muestra la señal transformada por DWT del ejemplo anterior y la curva cualitativa de una función de costos lineal por secciones. Para determinar la función de costos, primero se deriva la señal de referencia para determinar las posiciones de los picos. Todos los valores de la señal derivada que sean inferiores a un límite predeterminado se establecen en cero. Este límite es el máximo de la derivada de la señal en el área fuera del pico. Esto significa que sólo quedan las derivadas de los picos.

Los valores individuales de la función de costos se calculan de la siguiente manera:

$$f_{cost,j} = \begin{cases} w \cdot d_{peak,j}^k & \text{si } q_j' = 0 \\ 0 & \text{si } q_j' \neq 0 \end{cases}$$

Los parámetros w y k serán establecidos por el programador. Usando el factor de ponderación w es posible variar el intervalo de tolerancia. El exponente p determina cómo de rápido aumenta la función de costos dependiendo de la distancia d_{peak} . En este contexto, d_{peak} representa la distancia al pico más cercano. El j -ésimo valor de la derivada de la señal transformada p se representa mediante p_j' .

Extracción de características

Las anomalías que han de ser investigadas se pueden describir con sólo tres magnitudes físicas: tensión de equilibrio, capacidad de la celda y resistencia interna de la celda. Una descomposición de la señal en tres segmentos constituye la primera etapa de la extracción de características (véase la Fig. 7). Para separar las zonas individuales se utilizan tres flancos. Al derivar la señal, es posible determinar fácilmente estos flancos, ya que cada señal presenta una curva similar y el ruido de medición se compensa en gran medida.

Se supone que el primer segmento 701 es particularmente adecuado para determinar la tensión de equilibrio, que el segundo segmento 702 se usa para detectar capacidades de celda bajas y que el efecto del aumento de la resistencia interna se vuelve más evidente en el tercer segmento 703. También queda claro a partir de estos efectos que una curva de señal con mayor pendiente en el segundo segmento 702 no se debe sólo a una menor capacidad de la celda. La relación no lineal entre la tensión de la celda y el Estado de Carga (SoC, por sus siglas en inglés) también se puede ver claramente durante el proceso de carga y da como resultado un comportamiento dinámico diferente de la curva de tensión durante la carga. Dado que los sistemas de baterías no alcanzan un estado de carga uniforme antes de la Prueba de Final de Línea (prueba EoL, por sus siglas en inglés), la tensión de equilibrio puede ser ligeramente diferente para cada batería. Al medir la tensión de la batería al comienzo de la prueba, se eliminan todas las baterías que no estén dentro de los límites de tolerancia definidos. Por esta razón se puede suponer que la mayoría de las celdas de una batería cuya tensión está dentro del intervalo de tolerancia no presentan ninguna anomalía. El diferente estado de carga de las baterías no permite el uso de una señal de referencia rígida para distinguir entre casos de anomalía y normales. Por lo tanto, cualquier anomalía que se produzca debe declararse como anomalía relacionada con el contexto, ya que la curva de señal por sí sola no proporciona ninguna información sobre el estado de la celda. Los sistemas de baterías se examinan más abajo a nivel de módulo.

La Fig. 8 muestra las curvas de tensión simuladas de un módulo de batería con una celda de batería defectuosa en un modo de realización y la señal 801 de referencia calculada. La curva de tensión de la señal 801 de referencia se forma calculando la mediana de todas las tensiones de celda de un módulo. La mediana es una mejor referencia que la media aritmética, ya que los valores atípicos tienen una influencia mucho menor en la mediana. Si se consideran varias curvas de tensión, éstas se pueden representar de la siguiente manera:

$$X = \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,j} & \dots & x_{1,n} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,j} & \dots & x_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i,1} & x_{i,2} & \dots & x_{i,j} & \dots & x_{i,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m,1} & x_{m,2} & \dots & x_{m,j} & \dots & x_{m,n} \end{pmatrix} \quad \text{con } i \in \mathbb{N}, 1 \leq i \leq m \text{ y } j \in \mathbb{N}, 1 \leq j \leq n$$

La cantidad de curvas de tensión está dada por m y la cantidad de puntos de medición está dada por n . Por lo tanto, para la señal de referencia se aplica lo siguiente:

$$\vec{x}_{ref} = (\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_n, \dots, \vec{x}_n) \text{ con } \vec{x}_j = \begin{cases} x_{eq,j} & \text{si } n \text{ es impar} \\ \frac{1}{2}(x_{2,j} + x_{3,j}) & \text{si } n \text{ es par} \end{cases}$$

La señal de referencia generada se utiliza para detectar la celda que más difiere de las demás celdas de un módulo en términos de curva de tensión. La señal de referencia se crea de nuevo para cada módulo. Dado que puede suceder que varias celdas de un módulo presenten diferentes anomalías, la comparación entre la tensión de celda y la tensión de referencia se realiza para cada segmento. A continuación se explican las etapas para la extracción de características en los segmentos respectivos.

Tensión de equilibrio

Dado que una tensión de equilibrio demasiado alta o demasiado baja representa un defecto, sólo es importante la diferencia de magnitud entre la celda y la referencia. La celda con la mayor diferencia con respecto a la señal de referencia es, por lo tanto, la que más se desvía del ideal.

Capacidad de celda

En el segundo segmento se intenta extraer información sobre la capacidad de la celda. Para poder comparar el comportamiento de carga, primero se ajustan todas las tensiones a un valor inicial uniforme. Como valor inicial se elige 0 V, ya que esto se puede lograr fácilmente restando el primer valor de tensión dentro del segundo segmento. Aquí también se detecta a continuación la celda con más defectos. Esto se puede reconocer por la curva de tensión con mayor pendiente.

Resistencia interna

En el tercer segmento también se compensa la tensión de equilibrio, ya que sólo el salto de tensión relativo permite sacar conclusiones sobre la resistencia interna de una celda. Actualmente, los saltos de tensión demasiado elevados, que indican una resistencia interna elevada, se consideran una anomalía del mismo modo que los saltos de tensión demasiado bajos, ya que las diferencias de tensión también se consideran en términos de magnitud.

Para seleccionar la celda que más se desvía de la celda de referencia en cuanto a su curva de tensión se utiliza su señal de segmento $\vec{x}_{sec}$ extraída, en donde:

$$\vec{x}_{sec} \in \left\{ \vec{x}_i \mid \sum_{j=1}^n d_{sec,i,j} = \max_{1 \leq i \leq m} \left(\sum_{j=1}^n d_{sec,i,j} \right) \right\}$$

$d_{sec,i,j}$ se calcula de la siguiente manera:

$$d_{sec,i,j} = \begin{cases} |x_{1,j} - \vec{x}_j| & \text{para el segmento 1 o 3} \\ x'_{2,j} & \text{para el segmento 2} \end{cases}$$

De esta forma se obtiene una serie cronológica para cada módulo y segmento. Ahora se intenta reducir los datos. Esto tiene lugar mediante un análisis de componentes principales. Este procedimiento es adecuado aquí, ya que para cada segmento se identifican los puntos que presentan el mayor contenido de información. De este modo se elimina información redundante. Resulta que después del análisis de componentes principales, un solo punto por segmento es suficiente para mantener la característica esencial. Esto da como resultado un vector de características con tres entradas.

$$\vec{v}_{feat,k} := (c_{k,1}, c_{k,2}, c_{k,3})$$

Entrada $c_{k,l}$ con $l \in \mathbb{N}$ y $1 \leq l \leq 3$ del vector $\vec{v}_{feat,k}$ representa el componente principal transformado por análisis de componentes principales (en inglés: Principal Component Analysis (PCA)) del l -ésimo segmento y el k -ésimo módulo.

Dado que el intervalo de valores de los distintos segmentos puede ser muy diferente, a continuación se realiza una estandarización y se obtiene un valor medio de cero y una varianza empírica de uno. Esta etapa permite aumentar significativamente el rendimiento de muchos algoritmos de aprendizaje automático. Si ahora se observa todo el conjunto de datos de entrenamiento, se obtendrá la siguiente matriz V, que consta de varios vectores de características.

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} \bar{v}_{feat,1} \\ \bar{v}_{feat,2} \\ \vdots \\ \bar{v}_{feat,N} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{1,1} & c_{1,2} & c_{1,3} \\ c_{2,1} & c_{2,2} & c_{2,3} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{N,1} & c_{N,2} & c_{N,3} \end{pmatrix}$$

A continuación tiene lugar la estandarización mediante la siguiente transformación:

$$\bar{z}_i = \frac{\bar{c}_i - \bar{c}_i \cdot (1, 1, \dots, 1)^T}{\sigma_{c_i}}$$

Para la desviación estándar σ_{cl} se aplica:

$$\sigma_{c_i} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_k (c_{k,i} - \bar{c}_i)^2}$$

5

Al estandarizar las características se pueden resaltar más claramente las diferencias y se pueden compensar los diferentes órdenes de magnitud de las características individuales.

10 A continuación, los vectores de características se pueden representar como puntos en un espacio tridimensional. Los puntos de datos están coloreados según sus grupos. En la Fig. 9 se muestran los vectores de características individuales para los casos de la tabla 200 en la Fig. 2. En la Fig. 9 se puede ver el resultado de la extracción de características utilizando un conjunto de datos ejemplar. En este contexto se puede ver que los diferentes grupos están claramente separados entre sí. Esto permite concluir que la extracción de características ha tenido lugar con éxito.

Para categorizar las anomalías se pueden probar varios algoritmos de clasificación, como por ejemplo regresión logística, Máquina de Vectores de Soporte, Bosque Aleatorio y Perceptrón Multicapa.

15 La Fig. 10 muestra una tabla 1000 de los resultados de los diversos algoritmos de clasificación cuando se entrenan con k-Means en un modo de realización. Como puede verse en la Fig. 10, la Máquina de Vectores de Soporte proporciona el mejor resultado, en donde la Máquina de Vectores de Soporte realiza una clasificación correcta de los datos en sólo el 3 % del tiempo requerido por el perceptrón multicapa.

20 En un modo de realización, se utiliza una Máquina de Vectores de Soporte de Clase Única después del clasificador para permitir una consideración más restrictiva de anomalías y casos normales. Esto tiene como objetivo establecer límites estrictos para casos normales en el espacio de características en función de los casos normales contenidos en los datos de entrenamiento. En la Fig. 11 se puede ver la interfase 1101 generada por la Máquina de Vectores de Soporte de Clase Única. Todos los puntos de datos que se encuentran fuera de este límite se declaran como anomalías independientemente del resultado del clasificador. Para permitir una asignación a un tipo de anomalía, se asigna la etiqueta con la segunda mayor probabilidad.

25

La Fig. 12 muestra un diagrama de flujo para un procedimiento 1200 según un ejemplo de realización.

El procedimiento 1200 para la gestión de baterías incluye, como primera etapa de procedimiento, obtener 1201 una primera curva de tensión a través de una primera celda de batería de un módulo de batería y una segunda curva de tensión a través de una segunda celda de batería del módulo de batería, en donde la primera curva de tensión presenta una primera sección de curva de tensión y una segunda sección de curva de tensión, y en donde la segunda curva de tensión presenta una tercera sección de curva de tensión y una cuarta sección de curva de tensión.

30

El procedimiento 1200 incluye, como segunda etapa de procedimiento, determinar 1203 una curva de tensión de referencia basada en un valor medio de tensión de la primera curva de tensión y de la segunda curva de tensión, en donde la curva de tensión de referencia presenta una primera sección de curva de tensión de referencia y una segunda sección de curva de tensión de referencia.

35

El procedimiento 1200 incluye, como tercera etapa de procedimiento, comparar 1205 la primera curva de tensión con la curva de tensión de referencia para obtener una primera métrica, que indica una primera desviación de tensión entre la primera sección de curva de tensión y la primera sección de curva de tensión de referencia y una segunda desviación de tensión entre la segunda sección de curva de tensión y la segunda sección de curva de tensión de referencia.

40 El procedimiento 1200 incluye, como cuarta etapa de procedimiento, comparar 1207 la segunda curva de tensión con la curva de tensión de referencia para obtener una segunda métrica, que indica una tercera desviación de tensión entre la tercera sección de curva de tensión y la primera sección de curva de tensión de referencia y una cuarta desviación de tensión entre la cuarta sección de curva de tensión y la segunda sección de curva de tensión de referencia.

El procedimiento 1200 incluye, como quinta etapa de procedimiento, asignar 1209 una primera característica eléctrica a la primera sección de curva de tensión y una segunda característica eléctrica a la segunda sección de curva de tensión si la primera métrica es mayor que la segunda métrica, para clasificar el módulo de batería mediante la primera característica eléctrica y la segunda característica eléctrica, o, como sexta etapa de procedimiento, asignar 1211 una tercera característica eléctrica a la tercera sección de curva de tensión y una cuarta característica eléctrica a la segunda sección de curva de tensión si la primera métrica es menor que la segunda métrica, para clasificar el módulo de batería mediante la tercera característica eléctrica y la cuarta característica eléctrica.

Lista de símbolos de referencia

	100	Sistema de gestión de baterías
10	101	Interfaz
	103	Procesador
	105	Memoria
	200	Tabla de los tipos de anomalías definidos
	300	Ajustes de parámetros
15	301a	Casos normales
	301b	Casos normales
	301c	Casos normales
	301d	Casos normales
	303	Casos de anomalía
20	305	Casos de anomalía
	307	Casos de anomalía
	400	Curva de tensión
	401	Punto de activación
	403	Intervalo de interpolación
25	500	Curva de tensión
	501	Curva de señal atípica
	600	Señal transformada por Transformación de Onda Pequeña Discreta (DWT)
	700	Curva de tensión
	701	Primer segmento
30	702	Segundo segmento
	703	Tercer segmento
	800	Curvas de tensión simuladas
	801	Señal de referencia
	900	Vectores de características
35	1000	Tabla de resultados de los diferentes algoritmos de clasificación
	1100	Vectores de características
	1101	Interfase para casos normales
	1200	Procedimientos de gestión de baterías
	1201	Primera etapa de procedimiento: obtener una primera curva de tensión y una segunda curva de tensión

- 5
- 1203 Segunda etapa de procedimiento: determinar una curva de tensión de referencia
 - 1205 Tercera etapa de procedimiento: comparar la primera curva de tensión con la curva de tensión de referencia
 - 1207 Cuarta etapa de procedimiento: comparar la segunda curva de tensión con la curva de tensión de referencia
 - 1209 Quinta etapa de procedimiento: asignar una primera característica eléctrica a la primera sección de curva de tensión y una segunda característica eléctrica a la segunda sección de curva de tensión
 - 1211 Sexta etapa de procedimiento: asignar una tercera característica eléctrica a la tercera sección de curva de tensión y una cuarta característica eléctrica a la cuarta sección de curva de tensión

REIVINDICACIONES

1. Sistema (100) de gestión de baterías para clasificar un módulo de batería, en donde el módulo de batería comprende una primera celda de batería y una segunda celda de batería, con:

5 una interfaz (101) para obtener una primera curva de tensión a través de la primera celda de batería y una segunda curva de tensión a través de la segunda celda de batería, en donde la primera curva de tensión presenta una primera sección de curva de tensión y una segunda sección de curva de tensión, y en donde la segunda curva de tensión presenta una tercera sección de curva de tensión y una cuarta sección de curva de tensión;

un procesador (103);

caracterizado por que el procesador (103) está diseñado para:

10 determinar una curva de tensión de referencia sobre la base de un valor medio de tensión de la primera curva de tensión y de la segunda curva de tensión, en donde la curva de tensión de referencia presenta una primera sección de curva de tensión de referencia y una segunda sección de curva de tensión de referencia;

15 comparar la primera curva de tensión con la curva de tensión de referencia para obtener una primera métrica, que indica una primera desviación de tensión entre la primera sección de curva de tensión y la primera sección de curva de tensión de referencia y una segunda desviación de tensión entre la segunda sección de curva de tensión y la segunda sección de curva de tensión de referencia;

20 comparar la segunda curva de tensión con la curva de tensión de referencia para obtener una segunda métrica, que indica una tercera desviación de tensión entre la tercera sección de curva de tensión y la primera sección de curva de tensión de referencia y una cuarta desviación de tensión entre la cuarta sección de curva de tensión y la segunda sección de curva de tensión de referencia;

asignar una primera característica eléctrica a la primera sección de curva de tensión y asignar una segunda característica eléctrica a la segunda sección de curva de tensión si la primera métrica es mayor que la segunda métrica, para clasificar el módulo de batería mediante la primera característica eléctrica y la segunda característica eléctrica; o

25 asignar una tercera característica eléctrica a la tercera sección de curva de tensión y asignar una cuarta característica eléctrica a la cuarta sección de curva de tensión si la primera métrica es menor que la segunda métrica, para clasificar el módulo de batería mediante la tercera característica eléctrica y la cuarta característica eléctrica.

30 2. Sistema (100) de gestión de baterías según la reivindicación 1, con una memoria (105) que está diseñada para almacenar una pluralidad de características eléctricas, en donde el procesador (103) está diseñado para leer la característica eléctrica respectiva de la memoria (105).

3. Sistema (100) de gestión de baterías según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el procesador (103) está diseñado para determinar la curva de tensión de referencia sobre la base de la primera curva de tensión y la segunda curva de tensión.

35 4. Sistema (100) de gestión de baterías según la reivindicación 3, en donde la curva de tensión de referencia comprende una mediana o un promedio de la primera curva de tensión y la segunda curva de tensión.

40 5. Sistema (100) de gestión de baterías según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el módulo de batería presenta una tercera celda de batería y la interfaz está diseñada para obtener una tercera curva de tensión a través de la tercera celda de batería, en donde el procesador (103) está diseñado para determinar la curva de tensión de referencia sobre la base de la primera curva de tensión, la segunda curva de tensión y la tercera curva de tensión.

6. Sistema (100) de gestión de baterías según la reivindicación 5, en donde la curva de tensión de referencia comprende una mediana, un promedio o una moda de la primera curva de tensión, la segunda curva de tensión y la tercera curva de tensión.

45 7. Sistema (100) de gestión de baterías según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el procesador (103) está diseñado para:

50 determinar la primera característica eléctrica sobre la base de la primera sección de curva de tensión de la primera curva de tensión y la segunda característica eléctrica sobre la base de la segunda sección de curva de tensión de la primera curva de tensión mediante un análisis de componentes principales, en donde la primera característica eléctrica representa la primera sección de curva de tensión de la primera curva de tensión y la segunda característica eléctrica representa la segunda sección de curva de tensión de la primera curva de tensión, y/o

determinar la tercera característica eléctrica sobre la base de la tercera sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión y la cuarta característica eléctrica sobre la base de la cuarta sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión mediante el análisis de componentes principales, en donde la tercera característica eléctrica representa la tercera sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión y la cuarta característica eléctrica representa la cuarta sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión.

8. Sistema (100) de gestión de baterías según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el procesador (103) está diseñado para determinar una primera característica eléctrica sobre la base de la primera sección de curva de tensión de la primera curva de tensión, una segunda característica eléctrica sobre la base de la segunda sección de curva de tensión de la primera curva de tensión, una tercera característica eléctrica sobre la base de la tercera sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión, una cuarta característica eléctrica sobre la base de la cuarta sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión.

9. Sistema (100) de gestión de baterías según la reivindicación 8, en donde la primera característica eléctrica corresponde a una tensión de equilibrio de la primera celda de batería y la tercera característica eléctrica corresponde a otra tensión de equilibrio de la segunda celda de batería, en donde la segunda característica eléctrica corresponde a una resistencia interna de la primera celda de batería y la cuarta característica eléctrica corresponde a otra resistencia interna de la segunda celda de batería.

10. Sistema (100) de gestión de baterías según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el procesador (103) está diseñado para clasificar el módulo de batería por medio de un algoritmo de clasificación, en donde el algoritmo de clasificación comprende al menos uno de regresión logística, Máquina de Vectores de Soporte, Bosque Aleatorio, perceptrón multicapa y Máquina de Vectores de Soporte de Clase Única.

11. Sistema (100) de gestión de baterías según una de las reivindicaciones precedentes, en donde la interfaz (101) está diseñada para obtener una primera pluralidad de curvas de tensión y una segunda pluralidad de curvas de tensión, en donde cada una de la primera pluralidad de curvas de tensión corresponde a una primera celda de batería de uno de una pluralidad de módulos de batería y cada una de la segunda pluralidad de curvas de tensión corresponde a una segunda celda de batería de uno de la pluralidad de módulos de batería, en donde la interfaz está diseñada para manejar la pluralidad de módulos de batería como libres de defectos

en donde el procesador (103) está diseñado para clasificar cada módulo de batería de la pluralidad de módulos de batería para formar un grupo de referencia sobre la base de la clasificación.

12. Sistema (100) de gestión de baterías según la reivindicación 11, en donde el procesador (103) está diseñado para clasificar la pluralidad de módulos de batería por medio de un algoritmo de clasificación adicional, en donde el algoritmo de clasificación adicional comprende al menos uno de regresión logística, Máquina de Vectores de Soporte, Bosque Aleatorio, perceptrón multicapa y Máquina de Vectores de Soporte de Clase Única.

13. Sistema (100) de gestión de baterías según una de las reivindicaciones precedentes, en donde la primera curva de tensión comprende una quinta sección de curva de tensión y la segunda curva de tensión comprende una sexta sección de curva de tensión, en donde el procesador (103) está diseñado para extraer una quinta característica sobre la base de la quinta sección de curva de tensión de la primera curva de tensión y una sexta característica sobre la base de la sexta sección de curva de tensión de la segunda curva de tensión.

14. Sistema (100) de gestión de baterías según la reivindicación 13, en donde la quinta característica corresponde a una capacidad de la primera celda de batería y la sexta característica corresponde a otra capacidad de la segunda celda de batería.

15. Sistema (100) de gestión de baterías según una de las reivindicaciones precedentes, en donde la interfaz (101) está configurada para obtener una cantidad de grupos que han de ser generados, una primera pluralidad adicional de curvas de tensión y una segunda pluralidad adicional de curvas de tensión, en donde cada una de la primera pluralidad adicional de curvas de tensión corresponde a una primera celda de batería de uno de una pluralidad adicional de módulos de batería y en donde cada una de la segunda pluralidad adicional de curvas de tensión corresponde a una segunda celda de batería de uno de la pluralidad adicional de módulos de batería;

en donde el procesador (103) está diseñado para asignar cada módulo de batería de la pluralidad adicional de módulos de batería a una pluralidad de grupos por medio del algoritmo de clasificación, en donde la cantidad de la pluralidad de grupos es igual al número de grupos que han de ser generados.

16. Procedimiento (1200) para la gestión de baterías, en donde el procedimiento (1200) comprende la siguiente etapa:

obtener (1201) una primera curva de tensión a través de una primera celda de batería de un módulo de batería y una segunda curva de tensión a través de una segunda celda de batería del módulo de batería, en donde la primera curva de tensión presenta una primera sección de curva de tensión y una segunda sección de curva de tensión, y en donde la segunda curva de tensión presenta una tercera sección de curva de tensión y una cuarta sección de curva de tensión;

caracterizado por que el procedimiento comprende además las etapas consistentes en:

- determinar (1203) una curva de tensión de referencia sobre la base de un valor medio de tensión de la primera curva de tensión y de la segunda curva de tensión, en donde la curva de tensión de referencia presenta una primera sección de curva de tensión de referencia y una segunda sección de curva de tensión de referencia;
- 5 comparar (1205) la primera curva de tensión con la curva de tensión de referencia para obtener una primera métrica, que indica una primera desviación de tensión entre la primera sección de curva de tensión y la primera sección de curva de tensión de referencia y una segunda desviación de tensión entre la segunda sección de curva de tensión y la segunda sección de curva de tensión de referencia;
- 10 comparar (1207) la segunda curva de tensión con la curva de tensión de referencia para obtener una segunda métrica, que indica una tercera desviación de tensión entre la tercera sección de curva de tensión y la primera sección de curva de tensión de referencia y una cuarta desviación de tensión entre la cuarta sección de curva de tensión y la segunda sección de curva de tensión de referencia;
- 15 asignar (1209) una primera característica eléctrica a la primera sección de curva de tensión y una segunda característica eléctrica a la segunda sección de curva de tensión si la primera métrica es mayor que la segunda métrica, para clasificar el módulo de batería mediante la primera característica eléctrica y la segunda característica eléctrica; o
- 20 asignar (1211) una tercera característica eléctrica a la tercera sección de curva de tensión y una cuarta característica eléctrica a la cuarta sección de curva de tensión si la primera métrica es menor que la segunda métrica, para clasificar el módulo de batería mediante la tercera característica eléctrica y la cuarta característica eléctrica.

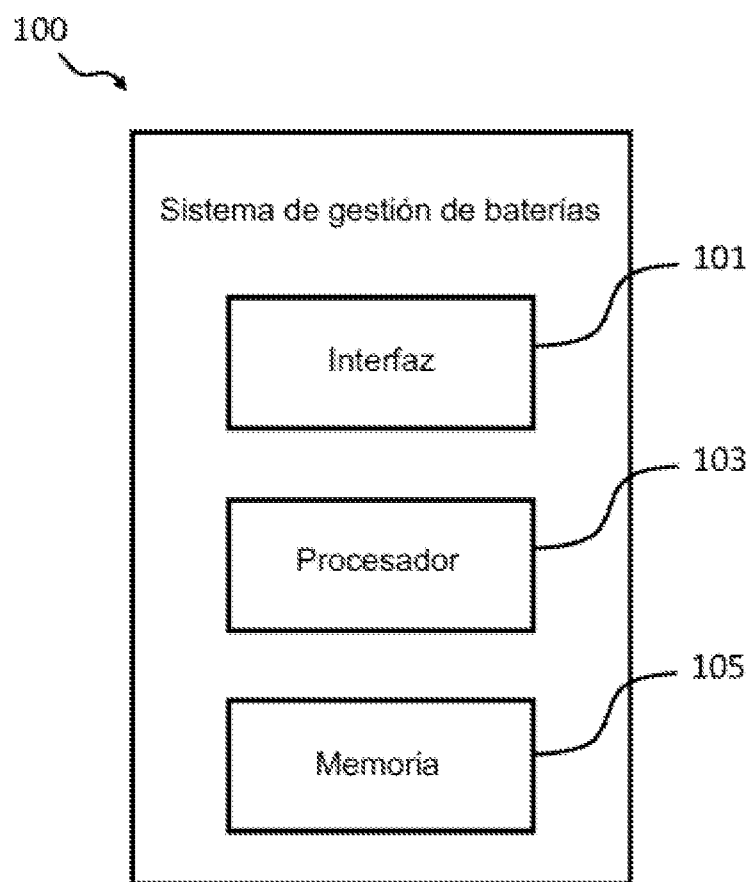


Fig. 1

200



Caso	Tensión de equilibrio	Capacidad	Resistencia interna
1	x	x	x
2	x	x	✓
3	x	✓	x
4	x	✓	✓
5	✓	x	x
6	✓	x	✓
7	✓	✓	x
8	✓	✓	✓
✓ Valor en orden			
x Valor no en orden			

Fig. 2

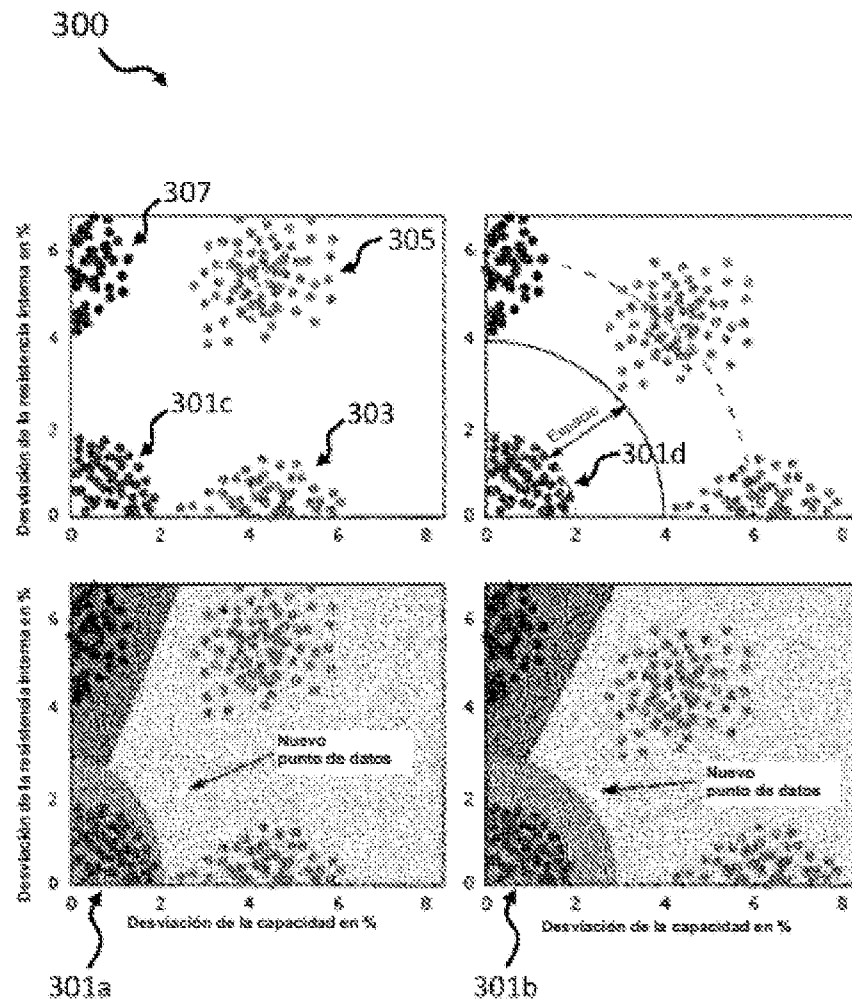


Fig. 3

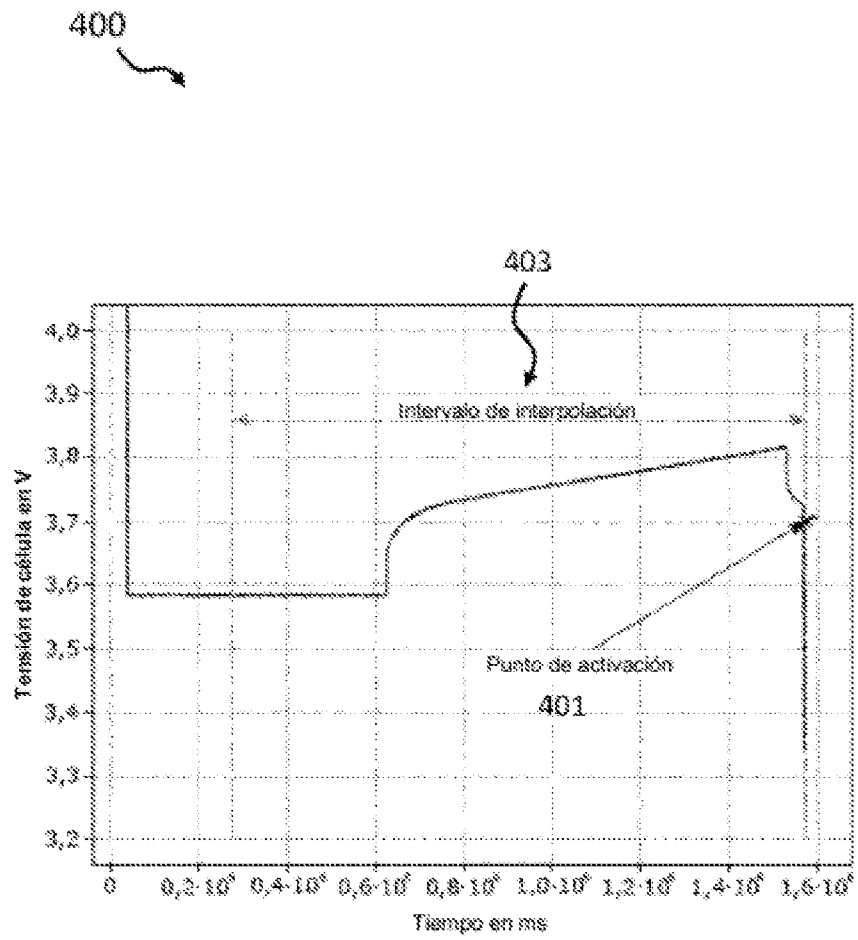


Fig. 4

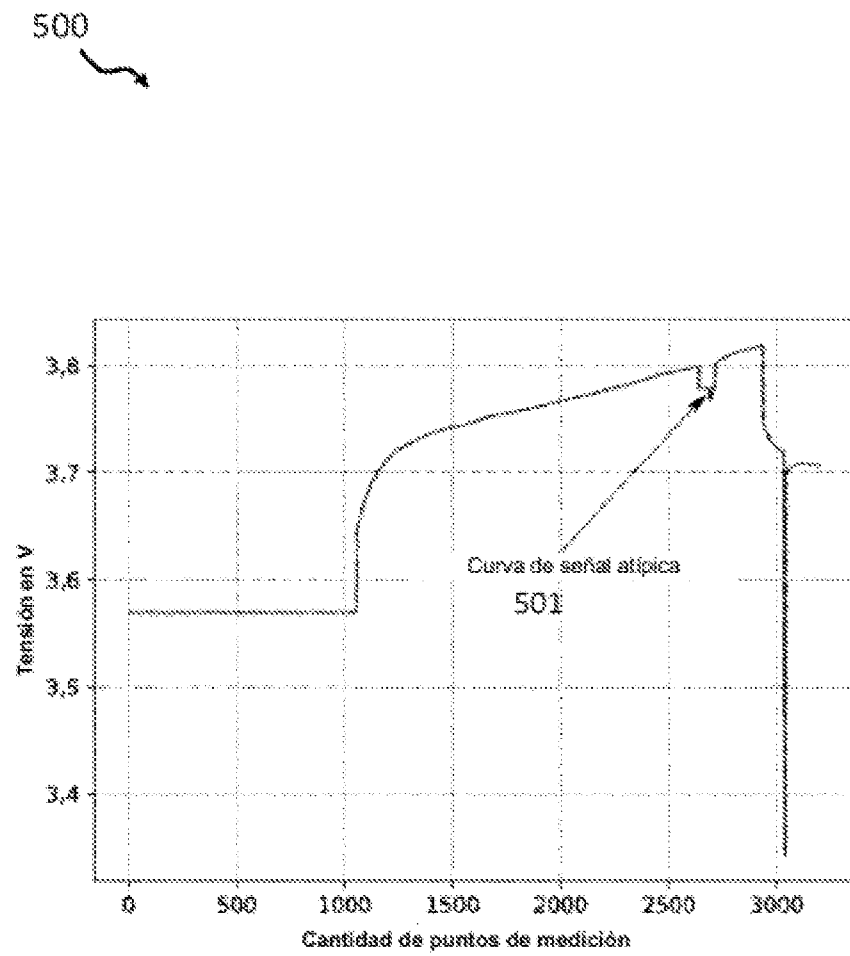


Fig. 5

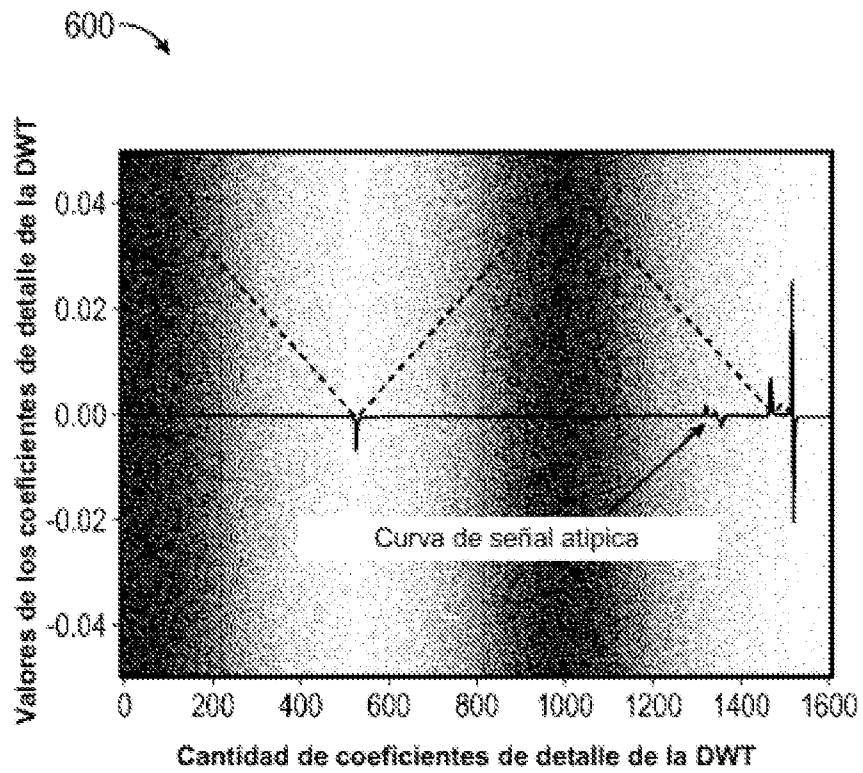


FIG. 6

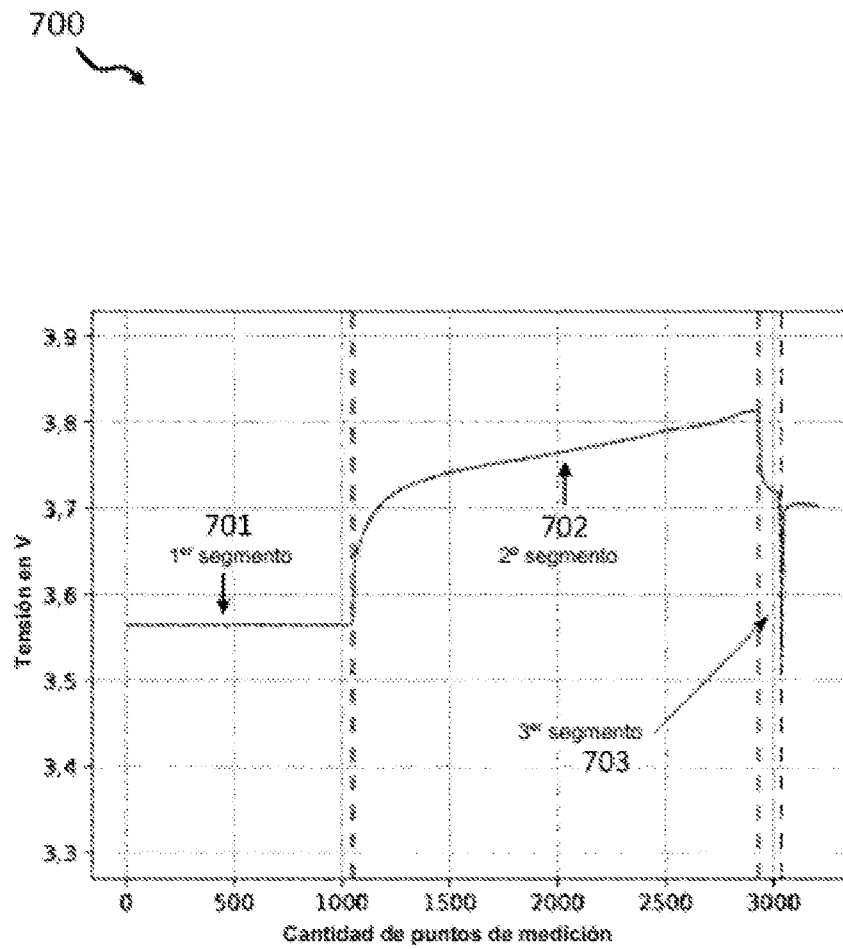


Fig. 7

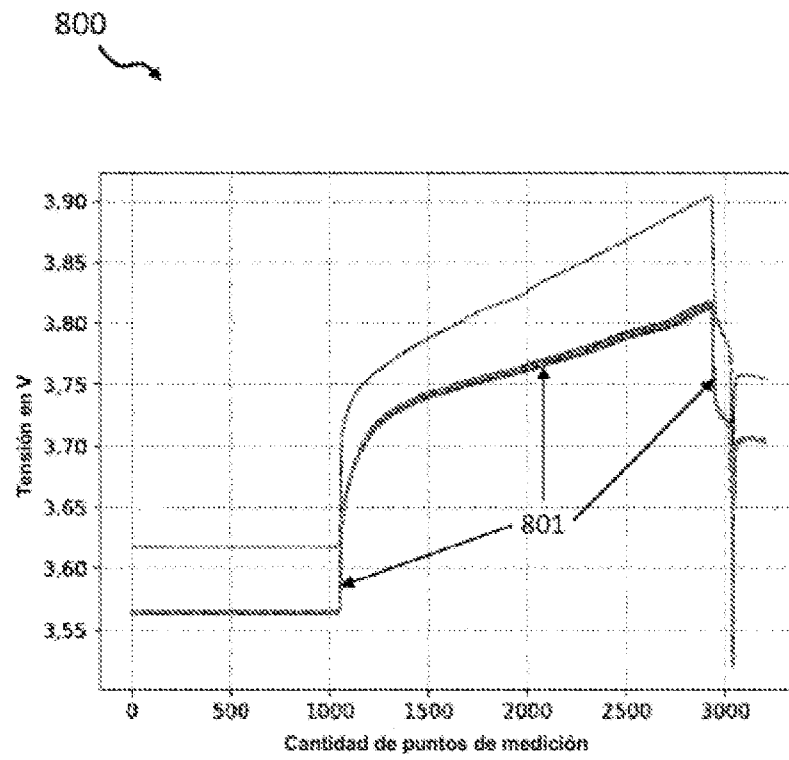


Fig. 8

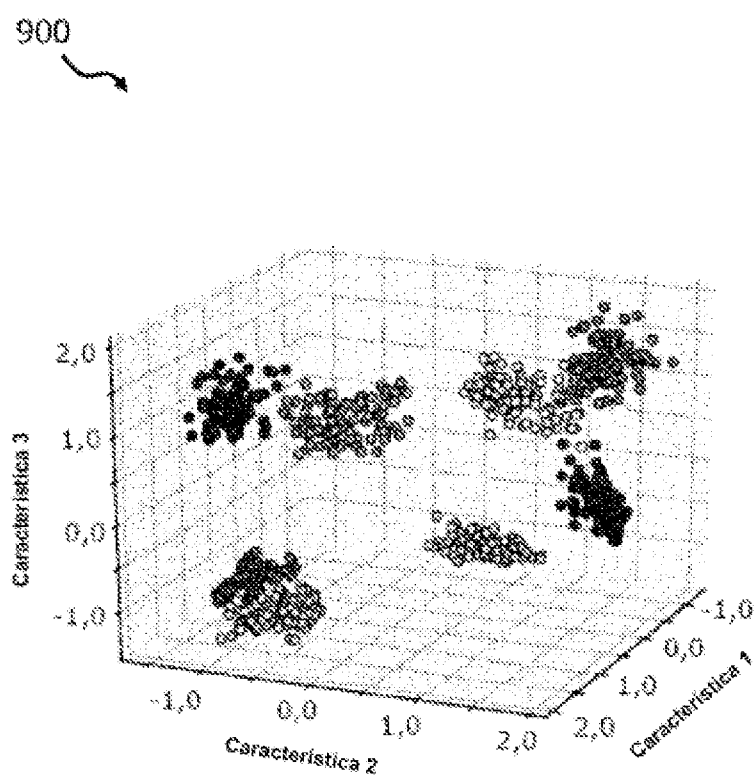


Fig. 9

1000 ↗

Fig. 10

	Regresión Logística	Máquina de Vectores de Soporte	Bosque Aleatorio	Perceptrón Multicapa
Exactitud	99,49 %	100 %	100 %	100 %
Exactitud total	99,99 %	99,24 %	99,24 %	99,24 %
Duración	0,071 s	0,026 s	3,817 s	0,909 s

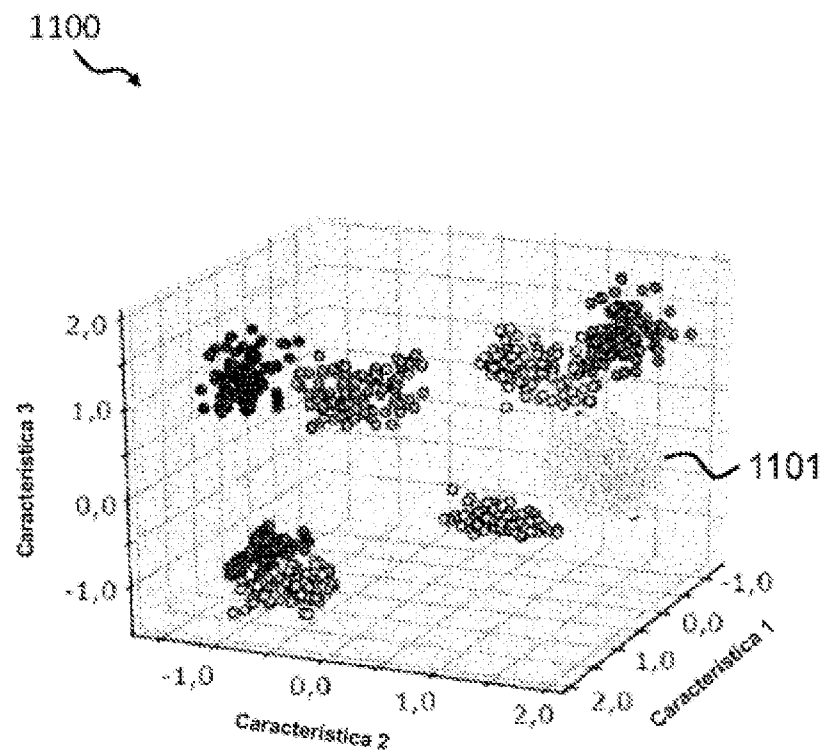


Fig. 11

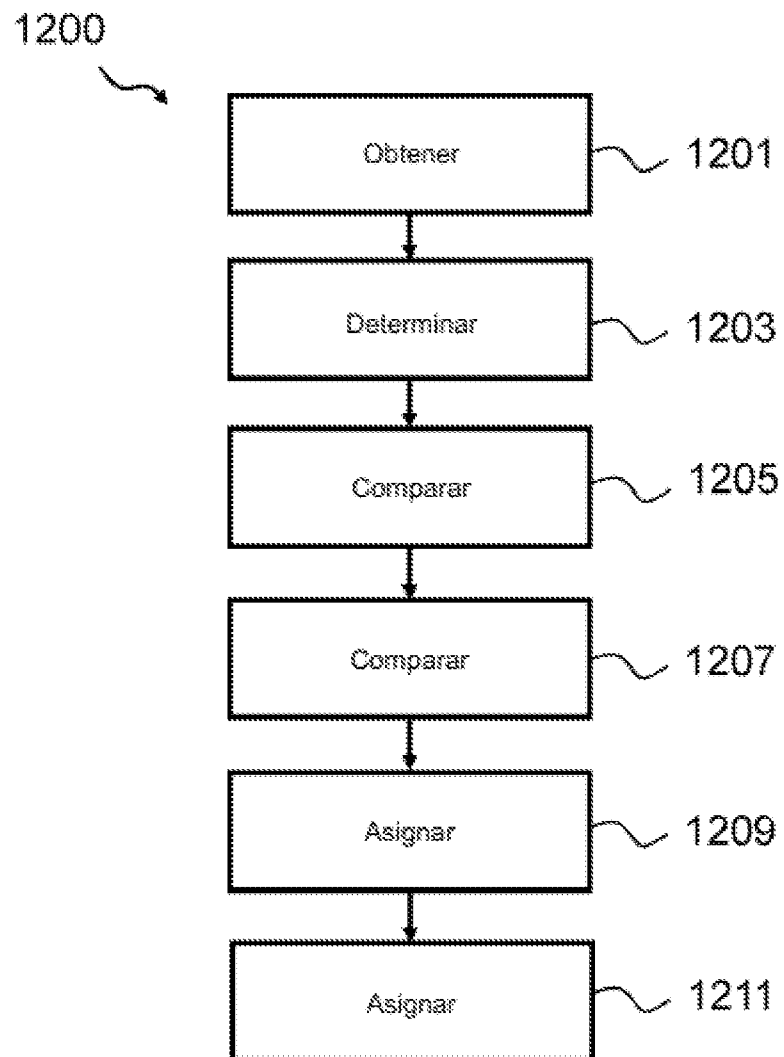


Fig. 12