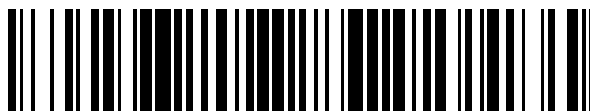


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 648 095**

51 Int. Cl.:

**G01R 31/36** (2006.01)

**B60L 11/18** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2014** **PCT/EP2014/062858**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.12.2014** **WO14202684**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2014** **E 14735878 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017** **EP 3011350**

54 Título: **Monitorización de la carga almacenada en una batería**

30 Prioridad:

**18.06.2013 EP 13172582**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.12.2017**

73 Titular/es:

**VLAAMSE INSTELLING VOOR TECHNOLOGISCH  
ONDERZOEK NV (VITO NV) (100.0%)  
Boeretang 200  
2400 Mol, BE**

72 Inventor/es:

**COENEN, PETER**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 648 095 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**

Monitorización de la carga almacenada en una batería

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere al campo de la monitorización de carga de baterías. Más concretamente, se refiere a un método y dispositivo para determinar la cantidad energía almacenada y la capacidad de almacenamiento de energía total de una batería, tal como una fuente de energía de batería en un vehículo, así como para determinar un error sistemático en el valor medido de corriente de batería.

**Antecedentes de la Invención**

10 El estado de carga de una batería se puede definir como la cantidad de energía eléctrica almacenada en la batería en un momento dado, expresada como un porcentaje de la energía cuando la batería está totalmente cargada. Existe la necesidad de la estimación precisa de este estado de carga de un suministro de energía de batería para muchas aplicaciones, por ejemplo en vehículos de motor tales como vehículos eléctricos y vehículos eléctricos híbridos. Los métodos conocidos en la técnica para determinar el estado de carga de las baterías en vehículos pueden utilizar medidas de gravedad, integración de tiempo de corriente, medidas de voltaje, o combinaciones de las mismas.

15 Por ejemplo, el estado de carga se puede determinar mediante la integración de corriente que también se puede denominar contaje de Coulomb, contaje de carga o medida de Amperio-hora. En los métodos de integración, la corriente de descarga es medida continuamente e integrada en el tiempo para obtener una estimación de la carga consumida total a partir de una cantidad inicial de carga conocida. Sin embargo, se puede requerir tener en cuenta los cambios en la capacidad de batería en función de la historia de descarga de corriente para mantener el estado preciso de las estimaciones de carga durante la vida útil de la batería.

20 Además, el estado de carga estimado por la integración de corriente puede ser calibrado periódicamente midiendo el voltaje de descarga de la batería en vacío, por ejemplo, después de un periodo largo de inactividad del vehículo. Un método de este tipo se describe, por ejemplo, en la Patente Alemana N° DE 35 20 985. Aunque tales métodos se pueden implementar fácilmente, los errores de estimación se pueden acumular a lo largo de las fases de funcionamiento de los vehículos, que tienen periodos de descanso relativamente cortos o solo pocos, debido a que el estado de carga casi nunca puede ser recalibrado o corregido a través de una medida del voltaje de descarga.

25 Otros métodos conocidos se pueden basar en modelos de batería para determinar el voltaje de descarga para una batería bajo carga, y por tanto el estado de carga derivable de este voltaje de descarga, a través de la adaptación de un modelo a la batería real utilizando variables observadas, tales como el voltaje de batería, corriente de batería, y/o temperatura de batería. Sin embargo, tales métodos basados en modelos pueden ser relativamente complejos.

30 Los métodos de análisis de voltaje pueden medir el voltaje de terminal y determinar el estado de carga de diversas maneras. Con respecto a tales analizadores, los efectos de polarización, por ejemplo causados por la carga o la rápida descarga, pueden cambiar de manera adversa la indicación de los medidores analizadores, y la mayoría de los analizadores tienden a ser solo unidireccionales, por ejemplo, pueden trabajar de manera precisa sólo en la descarga, sin tener en cuenta los efectos del envejecimiento. La técnica anterior relevante se encuentra en los documentos WO 2013/051241 A1 y WO 2012/098770 A1.

**Sumario de la Invención**

35 Es un objetivo de las realizaciones de la presente invención proporcionar una buena estimación y monitorización de los parámetros de la batería, tales como el estado de carga y el estado de salud o los errores sistemáticos, tales como el valor medido de corriente de batería.

El objetivo anterior se realiza mediante un método y un dispositivo de acuerdo con la presente invención.

40 En un primer aspecto, la presente invención proporciona un método para monitorizar una carga de batería. El método comprende obtener un valor de medida de corriente de batería y un valor estimado de carga primario representativo de la carga almacenada en la batería, teniendo en cuenta el valor de medida de corriente de batería; determinar un valor estimado de carga auxiliar representativo de la carga almacenada en la batería utilizando un modelo de batería que tiene en cuenta el valor de medida de voltaje de batería; determinar un valor de error para dicho valor estimado de carga auxiliar, expresando dicho valor de error la fiabilidad de dicho modelo de batería que tiene en cuenta el valor de medida de voltaje de batería; aplicar una corrección al valor estimado de carga primario en función del valor estimado de carga auxiliar y el valor de error; y determinar un error sistemático del valor de medida de corriente de batería teniendo en cuenta dicha corrección para el valor estimado de carga primario. Es una ventaja de un método de acuerdo con las reivindicaciones de la presente invención el hecho de que se puedan utilizar sensores de menor coste para monitorizar la carga de la batería, sin la necesidad de calibración específica de compensación ("offset").

Un método de acuerdo con las realizaciones de la presente invención puede comprender además una etapa de determinar una capacidad de carga total de la batería teniendo en cuenta dicha corrección para valor estimado de carga primario. De este modo, el cambio de capacidad en el tiempo puede ser monitorizado, con lo que el cambio de capacidad a lo largo del tiempo es una medida del envejecimiento de la batería o de su estado de salud (SOH).

5 En un método de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, la aplicación del método de integración de corriente puede comprender realizar una etapa de predicción de un método de estimación cuadrática lineal para recursivamente actualizar una cantidad estimada, por ejemplo dicho valor estimado de carga primario, que refleje un estado de sistema subyacente tal como la carga almacenada en la batería, teniendo en cuenta una secuencia de  
10 datos de entrada de ruido, con lo que el filtro puede incluir una variable de control acorde con dicho valor de medida de corriente de batería. Tal filtro puede ser un filtro Kalman para actualizar dicho valor estimado de carga primario, en el que dicho valor estimado de carga primario es un valor de predicción Kalman de una variable de estado oculta correspondiente a la carga almacenada en la batería, y dicho filtro Kalman comprende además una variable de control acorde con el valor de medida de corriente de batería. Se pueden utilizar filtros alternativos o equivalentes en lugar de un filtro Kalman, como, por ejemplo, cualquiera de: un filtro Kalman Secuencial, un filtro de Información, un  
15 algoritmo de raíz cuadrada de matriz Cholesky, un algoritmo de actualización de medida de raíz cuadrada de Potter, el algoritmo de Household, el algoritmo de Gram-Schmidt, la actualización de medida U-D, la actualización de tiempo U-D, o el filtro de partículas.

En tal método de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, la aplicación de la corrección puede comprender aplicar una etapa de actualización de dicho método de estimación cuadrática lineal, tal como dicho filtro  
20 Kalman, en el que dicho método de estimación cuadrática lineal tal como dicho filtro Kalman comprende además una variable de observación acorde con el valor estimado de carga auxiliar que tiene una medida de varianza asociada con dicho valor de error.

En un método de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, el método de estimación cuadrática lineal, tal como dicho filtro Kalman puede ser un método de estimación cuadrática lineal unidimensional, por ejemplo un  
25 filtro Kalman unidimensional. Esto es ventajoso, con respecto a otros enfoques de filtro Kalman, que implican una pluralidad de variables de estado, mientras que aquí, con el método de estimación cuadrática lineal unidimensional tal como dicho filtro Kalman unidimensional, solo necesita ser considerada la carga de batería como variable de estado oculta para el filtro tal como el filtro Kalman. Esto reduce drásticamente el tiempo de computación y los costes para el mismo de los procesadores integrados. Filtros alternativos o equivalentes que se pueden utilizar en  
30 lugar de un filtro Kalman se describen, por ejemplo cualquiera de: un filtro Kalman Secuencial, un filtro de Información, un algoritmo de raíz cuadrada de matriz Cholesky, un algoritmo de actualización de medida de raíz cuadrada de Potter, el algoritmo de Household, el algoritmo de Gram-Schmidt, la actualización de medida U-D, la actualización de tiempo U-D, o el filtro de partículas.

En un método de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, el valor estimado de carga auxiliar puede comprender un valor de estado de carga expresado como fracción de una capacidad de carga total de la batería.  
35

En un método de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, la determinación del valor estimado de carga auxiliar puede comprender determinar una fuerza electromotriz (EMF) de la batería.

En un método de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, determinar el valor estimado de carga auxiliar puede además tener en cuenta el valor de medida de corriente de batería y/o la medida de temperatura de  
40 batería.

En un segundo aspecto, la presente invención proporciona un dispositivo para medir la carga de una batería. El dispositivo comprende un sensor de corriente para proporcionar un valor de medida de corriente de batería; un sensor de voltaje para proporcionar un valor de medida de voltaje de batería; y una unidad de procesamiento. La unidad de procesamiento está adaptada para aplicar un método de integración de corriente para actualizar el valor  
45 estimado de carga primario representativo de la carga almacenada en la batería teniendo en cuenta el valor de medida de corriente; para determinar un valor estimado de carga auxiliar representativo de la carga almacenada en la batería utilizando un modelo de batería que tiene en cuenta el valor de medida de voltaje de batería; para determinar un valor de error para dicho valor estimado de carga auxiliar, expresando dicho valor de error la fiabilidad de dicho modelo de batería que tiene en cuenta el valor de medida de voltaje de batería; para aplicar una corrección  
50 al valor estimado de carga primario como función del valor estimado de carga auxiliar y el valor de error; y para determinar un error sistemático del valor de medida de corriente de batería que tiene en cuenta dicha corrección del valor estimado de carga primario.

Es una ventaja de un dispositivo de acuerdo con las realizaciones de la presente invención el hecho de que se puedan utilizar sensores de menor coste para monitorear la carga de batería, sin la necesidad de calibración  
55 específica de compensación.

Un dispositivo de acuerdo con las realizaciones de la presente invención puede comprender además unos medios para determinar una capacidad de carga total de la batería teniendo en cuenta dicha corrección del valor estimado de carga primario. De este modo, el cambio de capacidad en el tiempo se puede monitorear, con lo que el cambio de

capacidad a lo largo del tiempo es una medida del envejecimiento o estado de salud (SOH) de la batería.

En un dispositivo de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, la unidad de procesamiento está adaptada para aplicar la integración de corriente y puede comprender medios para realizar una etapa de predicción del método de estimación cuadrática lineal para actualizar recursivamente una cantidad estimada, por ejemplo, dicho valor estimado de carga primario que refleja un estado de sistema subyacente, tal como la carga almacenada en la batería, teniendo en cuenta una secuencia de datos de entrada de ruido mediante lo cual el filtro puede incluir una variable de control acorde con dicho valor de medida de corriente de batería. Tal filtro puede ser un filtro Kalman para actualizar dicho valor estimado de carga primario, en el que dicho valor estimado de carga primario es un valor de predicción de Kalman de una variable de estado oculta correspondiente a la carga almacenada en la batería, y dicho filtro Kalman comprende además una variable de control acorde con dicho valor de medida de corriente de batería. Filtros alternativos o equivalentes se pueden utilizar en lugar de un filtro Kalman como se describe por ejemplo cualquiera de: filtro Kalman Secuencial, un filtro de Información, un algoritmo de raíz cuadrada de matriz de Cholesky, un algoritmo de actualización de medida de raíz cuadrada, el algoritmo de Household, el algoritmo de Gram-Schmidt, la actualización de medida U-D, la actualización de tiempo U-D, o el filtro de partículas.

En tal dispositivo de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, los medios para aplicar la corrección pueden comprender medios para aplicar una etapa de actualización de dicho método de estimación cuadrática lineal, tal como dicho filtro Kalman, en los que dicho método de estimación cuadrática lineal tal como dicho filtro Kalman comprende una variable de observación acorde con el valor estimado de carga auxiliar que tiene una medida de varianza asociada con dicho valor de error.

En un dispositivo de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, el método de estimación cuadrática lineal, tal como dicho filtro Kalman puede ser un método de estimación cuadrática lineal unidimensional, por ejemplo un filtro Kalman unidimensional. Esto es ventajoso, con respecto a otros enfoques de filtro Kalman, que implican una pluralidad de variables de estado, mientras que aquí, con el método de estimación cuadrática lineal unidimensional, tal como dicho filtro Kalman unidimensional, sólo la carga de batería necesita ser considerada como variable de estado oculta para el filtro tal como el filtro Kalman. Esto reduce drásticamente el tiempo de computación y por ello los costes de los procesadores integrados. Los filtros alternativos o equivalentes que se puede utilizar en lugar de un filtro Kalman se describen por ejemplo cualquiera de: filtro Kalman Secuencial, un filtro de Información, un algoritmo de raíz cuadrada de matriz de Cholesky, un algoritmo de actualización de medida de raíz cuadrada de Potter, el algoritmo de Household, el algoritmo de Gram-Schmidt, la actualización de medida U-D, la actualización de tiempo U-D, o el filtro de partículas.

En un dispositivo de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, el valor estimado de carga auxiliar puede comprender un valor de estado de carga expresado como fracción de una capacidad de carga total de la batería.

En un dispositivo de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, los medios para determinar el valor estimado de carga auxiliar pueden comprender medios para determinar la fuerza electromotriz (EMF) de la batería.

En un dispositivo de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, los medios para determinar el valor estimado de carga auxiliar pueden además tener en cuenta el valor de medida de corriente de batería y/o la medida de temperatura de batería.

En un aspecto más, la presente invención proporciona el uso de un dispositivo de acuerdo con las realizaciones del segundo aspecto de la presente invención, para monitorear la carga almacenada en una batería.

En las realizaciones particulares, la presente invención proporciona el uso de un dispositivo de acuerdo con las realizaciones del segundo aspecto de la presente invención para monitorear la carga almacenada en una batería para alimentar un vehículo eléctrico o híbrido. En las realizaciones particulares, el uso puede ser para monitorear la carga almacenada en una batería para alimentar una unidad de apoyo de energía.

Es una ventaja de las realizaciones de la presente invención que el monitoreo del estado de carga y el estado de salud, por ejemplo la evolución de la capacidad total, de una batería se proporcione de una manera sencilla y eficiente.

Es una ventaja de las realizaciones de la presente invención que el monitoreo de los parámetros de batería se proporcione que tal forma que sea robusto a las medidas eléctricas de ruido.

Aspectos particulares y preferidos de la invención se exponen en las reivindicaciones independientes y dependientes adjuntas.

Estos y otros aspectos de la invención se harán evidentes y se aclararán con referencia a la(s) realización(es) descritas a continuación.

**Breve descripción de los dibujos**

La Fig. 1 ilustra esquemáticamente un método de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

La Fig. 2 muestra un modelo de batería a modo de ejemplo para utilizar en las realizaciones de acuerdo con la presente invención.

- 5 la Fig. 3 muestra una disposición de retroalimentación proporcional a modo de ejemplo para corregir un error de corriente sistemático de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

la Fig. 4 muestra un dispositivo de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

Los dibujos son sólo esquemáticos y no limitativos. En los dibujos, el tamaño de algunos de los elementos puede estar exagerado y no dibujado a escala para fines ilustrativos.

- 10 Cualesquiera signos de referencia en las reivindicaciones no deben ser interpretados como limitantes del alcance.

En los diferentes dibujos, los mismos signos de referencia se refieren a los mismos elementos o a elementos análogos.

**Descripción Detallada de las realizaciones ilustrativas**

- 15 La presente invención será descrita con respecto a las realizaciones particulares y con referencia a ciertos dibujos pero la invención no está limitada a las mismas, sino solo limitada por las reivindicaciones. Los dibujos descritos son solo esquemáticos y no limitativos. En los dibujos, el tamaño de los elementos puede estar exagerado y no dibujado a escala para fines ilustrativos. Las dimensiones y las dimensiones relativas no corresponden con las reducciones reales para la práctica de la invención.

- 20 Los términos primero, segundo y similares en la descripción y en las reivindicaciones, son utilizados para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir una secuencia, ni temporalmente, ni espacialmente, ni acorde con una clasificación, ni de ninguna otra manera. Se ha de entender que los términos así utilizados son intercambiables bajo las circunstancias apropiadas y que las realizaciones de la invención descritas aquí son capaces de funcionar en otras secuencias distintas a las descritas o ilustradas aquí.

- 25 Además, los términos superior, inferior y similares en la descripción y las reivindicaciones son utilizados para fines descriptivos y no necesariamente para describir las posiciones relativas. Se ha de entender que los términos así utilizados son intercambiables bajo las circunstancias apropiadas y que las reivindicaciones de la invención descritas aquí son capaces de funcionar en otras orientaciones distintas de las descritas e ilustradas aquí.

- 30 Se ha de observar que la expresión "que comprende" utilizada en las reivindicaciones no debería ser interpretada como restrictiva a los medios enumerados más adelante; no excluye otros elementos ni etapas. De este modo, se interpreta como específico la presencia de las características establecidas, números enteros, etapas o componentes como referidos a, pero no excluyen la presencia o adición de una o más de otras características, números enteros, etapas o componentes o grupos de los mismos. De este modo, el campo de la expresión "un dispositivo que comprende medios A y B" no se debería limitar a dispositivos formados solo por los componentes A y B. Significa que con respecto a la presente invención, sólo los compontes relevantes del dispositivo son A y B.

- 35 La referencia en esta memoria a "una realización" significa que una cualidad, estructura o característica particular descrita en combinación con la realización se incluye en al menos una realización de la presente invención. De este modo, las apariciones de la frases "en una realización" en diversos lugares de la memoria no todas hacen necesariamente referencia a la misma realización, pero puede que sí. Además, las cualidades, estructuras o características particulares se pueden combinar de cualquier manera adecuada, como resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta revelación, en una o más realizaciones.

- 40 De manera similar se ha de apreciar que en la descripción de las realizaciones a modo de ejemplo de la invención, diversas características de la invención están a veces agrupadas juntas en una única realización, figura o descripción de la misma con la finalidad de racionalizar la descripción y añadir en la comprensión de uno o más de los diversos aspectos de la invención. Este método de la revelación, sin embargo, se interpreta como que refleja la intención de que la invención requiere más características que las expresamente enumeradas en cada reivindicación. En su lugar, como reflejan las reivindicaciones adjuntas, los aspectos de la invención radican en menos que todas las características de una única realización descrita anterior. De este modo, las reivindicaciones adjuntas a la descripción detallada están en la presente expresamente incorporadas en esta descripción detallada, siendo cada reivindicación por sí misma una realización separada de esta invención.

- 45 50 Además, aunque algunas realizaciones descritas aquí incluyen algunas pero no otras características incluidas en otras realizaciones, las combinaciones de características de diferentes realizaciones significan que están dentro del campo de la invención, y forman diferentes realizaciones, como entenderán los expertos en la técnica. Por ejemplo, en las siguientes realizaciones, cualquiera de las reivindicaciones reivindicadas se puede utilizar en cualquier combinación.

En la descripción proporcionada aquí, se exponen numerosos detalles específicos. Sin embargo, se entiende que las realizaciones de la invención se pueden llevar a la práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, los métodos, estructuras y técnicas bien conocidos no han sido mostrados con detalle con el fin de no oscurecer el entendimiento de la descripción.

- 5 Cuando en las realizaciones de la presente invención se hace referencia a "estado de carga" o "SOC" se hace referencia a una medida de la carga eléctrica remanente, o la energía restante, almacenada en la batería, por ejemplo, un nivel de potencia remanente estimado con relación a la máxima capacidad de almacenamiento de energía de la batería.

- 10 Cuando en las realizaciones de la presente invención se hace referencia a un "filtro Kalman", se hace referencia a un método de estimación lineal para actualizar recursivamente una cantidad estimada que refleja el estado del sistema subyacente, teniendo en cuenta una secuencia de datos de entrada de ruido. Un filtro Kalman puede también estar referido como un "filtro Kalman-Bucy" o un "filtro Stratonovich-Kalman-Bucy". Los filtros Kalman se describen en el libro "Fundamentals of Kalman Filtering", Paul Zarchen y Howard Musoff, AIAA, 2000, ISBN 1-56347-455-7. Como se establece en este libro, los filtros alternativos y/o equivalentes se pueden construir alterando la forma en que la ganancia es calculada. Por ejemplo, el libro establece que un filtro de mínimos cuadrados recursivo de primer orden puede ser equivalente a un filtro Kalman - estando la diferencia solo en las ganancias. Las realizaciones de la presente invención también permiten que la ganancia sea constante.

- El libro "Optimal state estimation" de Dan Simon, John Wiley e Hijo, 2006, proporciona filtros alternativos al filtro Kalman descrito, por ejemplo cualquiera de: un filtro Kalman Secuencial, un filtro de Información, un algoritmo de raíz cuadrada de matriz de Cholesky, un algoritmo de actualización de medida de raíz cuadrada de Potter, el algoritmo de Household, el algoritmo de Gram-Schmidt, la actualización de medida U-D, la actualización de tiempo U-D, o el filtro de partículas. En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un método para monitorear un estado de una batería, por ejemplo monitorear el estado de carga de una batería, o para monitorear el estado de carga y capacidad de almacenamiento de energía total de una batería. Haciendo referencia a la Fig. 1, tal método 10 de acuerdo con las realizaciones de la presente invención se ilustra de forma esquemática. La batería monitoreada puede, por ejemplo, ser una batería en un vehículo motorizado, por ejemplo una batería para alimentar un vehículo eléctrico o un vehículo híbrido.

- El método 10 comprende una etapa de obtención 12 un valor de medida de corriente de batería y un valor de medida de corriente de voltaje. Por ejemplo, una corriente de batería  $I_L$  que entra o sale de la batería puede ser registrada por un amperímetro y grabada a intervalos de tiempo regulares. Además, un voltaje de batería  $V_L$  sobre los polos de batería puede ser, de manera similar, registrado por un voltímetro y grabado a intervalos de tiempo regulares. Por ejemplo, la corriente  $I_L$  y el voltaje  $V_L$  pueden ser muestreados a una frecuencia predeterminada mediante un convertidor de analógico a digital y proporcionadas a una unidad de procesamiento. La corriente de batería  $I_L$  y el voltaje de batería  $V_L$  también pueden ser referidos como una corriente de carga y un voltaje de carga. 35 Además, para obtener 12 un valor de medida de corriente de batería y un valor de medida de voltaje de batería, otras características operacionales de la batería pueden ser obtenidas por ejemplo midiendo, por ejemplo el valor de medida de temperatura de batería también puede ser obtenido.

- El método comprende además aplicar 14 un método de integración de corriente para actualizar un valor estimado de carga primario representativo de la carga almacenada en la batería, por ejemplo, un valor estimado de carga destinado a ser proporcional a la carga eléctrica actualmente almacenada en la batería, teniendo en cuenta el valor de medida de corriente de batería. Por ejemplo, en un caso de tiempo  $k$   $t_k = t_{k-1} + \Delta t$ , el valor estimado de carga primario  $Q_{k-1}$  determinado en el caso de tiempo anterior  $t_{k-1}$  puede ser ajustado para producir un nuevo valor estimado de carga primario  $Q_k$ , por ejemplo, de acuerdo con  $Q_k = Q_{k-1} + I_L \Delta t$ . Esta integración de corriente se puede implementar, de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, como una etapa de predicción de un método de estimación cuadrático lineal unidimensional, para actualizar recursivamente una cantidad estimada que refleja un estado de sistema subyacente, teniendo en cuenta una secuencia de datos de entrada de ruido, en donde el valor estimado de carga puede ser considerado como una estimación de estado a priori de una variable de estado oculta escalar, por ejemplo que representa la carga eléctrica cierta, no conocida, basada en una estimación de estado a posteriori del caso de tiempo anterior, por ejemplo, el valor estimado de carga primario determinado anteriormente. Así, por ejemplo, esta integración de corriente se puede implementar, de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, como una etapa de predicción  $\tilde{x}_k = F_k \hat{x}_{k-1} + B_{k-1} u_{k-1}$  de un filtro Kalman unidimensional, en donde el valor estimado de carga primario  $Q_n$  puede ser considerado como una estimación de estado a priori  $\tilde{x}_k$  de una variable de estado oculta escalar  $X_k$ , por ejemplo, que representa la carga eléctrica verdadera, todavía no conocida, almacenada en la batería, en donde  $\hat{x}_{k-1}$  representa una estimación de estado a posteriori del ejemplo de tiempo anterior, por ejemplo el valor estimado de carga primario determinado previamente. En tal filtro de Kalman, el modelo de transición de estado  $F_k$  y el modelo de entrada de control  $B_k$  pueden ambos estar establecidos como un valor escalar constante de uno, de este modo por ejemplo  $F_k = B_k = 1$ , mientras que el producto de corriente-tiempo  $I_L \Delta t$  puede ser considerado como la variable de control  $u_{k-1}$ . Sin embargo, resultará evidente para un experto en la técnica que tales variables y parámetros pueden ser rescalados, por ejemplo, el modelo de control-entrada puede ser establecido al incremento de tiempo  $\Delta t$  y la corriente de carga  $I_L$  puede ser

considerada como variable de control. Filtros alternativos que podrían ser utilizados son por ejemplo cualquiera de: filtro Kalman Secuencial, un filtro de Información, un algoritmo de raíz cuadrada de matriz de Cholesky, un algoritmo de actualización de medida de raíz cuadrada de Potter, el algoritmo de Household, el algoritmo de Gram-Schmidt, la actualización de medida U-D, la actualización de tiempo U-D, o el filtro de partículas.

- 5 Además, el método de acuerdo con las realizaciones de la presente invención comprende también determinar 16 un valor estimado de carga auxiliar  $z_k$  representativo de la carga almacenada en la batería, por ejemplo un estado de carga relativo de la batería, tal como un valor de estado de carga (SOC) expresado como fracción de la capacidad de carga total de la batería. La determinación 16 del valor estimado de carga auxiliar  $z_k$  puede ser realizado utilizando un modelo de batería que tenga en cuenta el valor de medida de voltaje de batería  $V_L$ . Tal modelo de  
10 batería puede además tener en cuenta el valor de medida de corriente de batería  $I_L$  y/o una temperatura de batería. Esta determinación 16 del valor estimado de carga auxiliar puede comprender determinar 17 una fuerza electromotriz (EMF) de la batería.

- Por ejemplo, el modelo de batería puede ser un modelo eléctrico, por ejemplo un modelo de circuito eléctrico equivalente, como se muestra en la Fig. 2, con una resistencia en serie  $R_0$  y una red paralela de RC  $R_p/C$ , desde la cual el voltaje de circuito abierto puede ser derivado teniendo en cuenta el valor de medida de voltaje de batería  $V_L$  y el valor de medida de corriente  $I_L$ , por ejemplo  $EMF = V_L - R_0 \cdot I_L - I_p \cdot R_p$ . Además, un modelo predeterminado, por ejemplo una curva de calibración predeterminada, se puede utilizar para determinar el estado de carga relativo de la batería, que puede ser un estado de carga (SOC) expresado como carga estimada dividida por la capacidad de carga total, teniendo en cuenta la fuerza electromotriz (EMF). Una curva de EMF en función de SOC puede de este  
15 modo ser proporcionada a partir de los resultados de ensayo o una hoja de datos estándar que suministre información acerca de la batería o el tipo de batería.

- Para el modelo a modo de ejemplo mostrado en la Fig. 2, para la estimación de las resistencias en serie  $R_0$ , se puede almacenar un número de voltajes y corrientes de batería previamente obtenidos, por ejemplo, pueden ser almacenados los anteriores 10 valores obtenidos para el voltaje de batería  $V_L$  y la corriente de batería  $I_L$ . La mínima y la máxima corriente a partir de estos valores almacenados pueden ser determinadas. Los voltajes correspondientes pueden ser convertidos a SOC como es, por ejemplo, los valores de voltaje de batería  $V_L$  pueden ser utilizados directamente como valores de EMF para estimar SOC.  
25

- Por ejemplo, la ley de Ohm puede ser aplicada para estimar  $R_0$  bajo condiciones de funcionamiento normales de la batería, por ejemplo, bajo niveles de voltaje normales y para un cambio de corriente suficiente. Por lo tanto, se puede requerir que  $V_L$  esté en el rango de la EMF correspondiente a un 10% del SOC y la EMF correspondientes a un 90% de SOC, en combinación con la etapa de corriente de al menos 1C, con el fin de determinar  $R_0$ . Por ejemplo, para una batería de 10Ah, se puede determinar una secuencia de, por ejemplo, diez muestras de corriente y voltaje. Si la diferencia entre la corriente máxima y mínima en las series excede 10 A, que corresponde a 1C, y el voltaje mínimo y máximo están ambos entre 2,7 y 3,8 V,  $R_0$  puede ser calculada como la diferente entre el voltaje máximo y mínimo, es decir 0,08 V, dividido por la diferencia entre la corriente máxima y mínima, es decir 20A, por ejemplo  $R_0 = 0,08 \text{ V} / 20 \text{ A} = 4 \text{ m}\Omega$ .  
35

- La estimación de la EMF a partir de la medida de voltaje de batería, para el modelo  $EMF = V_L - R_0 \cdot I_L - I_p \cdot R_p$ , se puede obtener a partir de una relación lineal  $y = ax + b$ , en donde  $x = I_p$ ,  $b = EMF$ ,  $a = R_p$  e  $y = V_L - R_0 I_L = OCV$ . Dado que el voltaje de circuito abierto OCV se conoce a partir de los valores y medidas de corriente  $V_L$  e  $I_L$ , y la  $R_0$  estimada, se puede utilizar un encaje lineal para encontrar la menor estimación de encaje, por ejemplo una estimación de errores mínimos cuadrados, para  $a$  y  $b$  dado una pluralidad de valores para  $I_p$ . Los valores para  $I_p$   
40

pueden ser derivados de  $I_L$  por  $\frac{dI_p}{dt} = \frac{I_L(t) - I_p}{\tau}$ , o, después de la discretización,  $\frac{I_{P,k} - I_{P,k-1}}{\Delta t} = \frac{I_{L,k-1} - I_{P,k-1}}{\tau}$  en donde  $\tau$  puede ser seleccionado para permitir la respuesta aceptable del modelo a los efectos de relajación, por ejemplo 50s.

- 45 El método 10, como se ilustra esquemáticamente en la Fig. 1, comprende además la etapa de determinar 18 un valor de error para el valor estimado de carga auxiliar, en el que este valor de error expresa la fiabilidad del modelo de batería teniendo en cuenta el valor de medida de voltaje de batería  $V_L$ . En las realizaciones de la presente invención, este valor de error se puede expresar como error estimado del valor estimado de carga auxiliar  $z_k$  de la batería, por ejemplo el SOC, hecho para un valor dado para EMF que es derivado del voltaje de célula medido. De este modo, el valor de error se puede determinar como una función de un error estimado correspondiente a la etapa de determinar 16 el valor estimado de carga auxiliar  $z_k$  utilizando un modelo de batería que tiene en cuenta el valor de medida de voltaje de batería  $V_L$  y la medida de corriente de batería  $I_L$ . A este valor de error se le puede, por ejemplo, asignar un valor elevado cuando la curva de EMF en función de SOC es plana, por ejemplo cuando SOC puede variar en un amplio rango para solo pequeñas variaciones en EMF, por ejemplo, se le puede asignar un valor del 20%, y se le puede asignar un valor bajo próximo a la batería llena y/o próximo a la batería vacía, por ejemplo un valor del 1%. Además, en los casos en los que la relajación de batería sea difícil de modelizar, el valor de error se puede determinar como una función del valor de medida de corriente de batería  $I_L$ .  
55

El método 10 comprende también la etapa de aplicar 20 una corrección al valor estimado de carga primario como

una función del valor estimado de carga auxiliar y el valor de error. La aplicación 20 de la corrección puede comprender aplicar 21 una etapa de actualización del método de estimación cuadrática lineal, tal como el Filtro de Kalman descrito anteriormente, por ejemplo, aplicar 20 la corrección puede comprender una actualización del método de estimación cuadrática tal como una actualización Kalman correspondiente a la etapa de predicción del método de estimación cuadrática lineal tal como la etapa de predicción Kalman 15, por ejemplo, para actualizar el valor estimado de carga primario  $Q_k$ . El método de estimación cuadrática lineal, tal como el Filtro Kalman, puede comprender de este modo una variable de observación acorde con el valor estimado de carga auxiliar  $Z_k$ , que tiene una varianza asociada  $R$  acorde con dicho valor de error.

Esta corrección del método de estimación cuadrática lineal tal como la corrección de Kalman puede ser determinada mediante la aplicación del valor estimado de carga auxiliar  $z_k$  de la batería como una variable de observación, tal como una variable de observación Kalman. Por ejemplo, después de la notación introducida anteriormente en la etapa de predicción 15, por ejemplo, la etapa de predicción de Kalman 15, esta aplicación 21 de una corrección tal como una corrección Kalman puede ser formulada como  $\hat{x}_k = \tilde{x}_k + K_k(z_k - H_k\tilde{x}_k)$ , en el que la matriz de observación  $H_k$  expresa la relación entre el valor estimado de carga auxiliar  $z_k$  de la batería, por ejemplo un SOC, y el valor estimado de carga primario  $Q_k$ , y  $K_k$  expresa una ganancia tal como la ganancia Kalman. Particularmente, dado que  $x_k$  y  $z_k$  han sido reducidos a escalares,  $H_k$  puede ser un valor de escalado escalar que tenga en cuenta la capacidad total de la batería, por ejemplo, la capacidad de carga de la batería cuando esté totalmente cargada.  $H_k$  está designado como la función de transferencia desde la carga  $[C]$  a SOC  $[\%]$ .

La etapa de aplicar 21 la actualización del método de estimación cuadrática lineal como la actualización Kalman puede comprender calcular una ganancia, tal que la ganancia Kalman  $K_k$  tenga en cuenta el valor de error, determinado 18 para el valor estimado de carga auxiliar  $z_k$ , por ejemplo, este valor de error determina una varianza  $R$  tal como la varianza de Kalman  $R$  para la variable observada  $z_k$ . En las realizaciones de la presente invención, la ganancia puede ser calculada de manera diferente incluso cuando la ganancia puede ser constante.

En las realizaciones de la presente invención, la varianza de variable observable  $R$  tal como la varianza de variable observada de Kalman  $R$  puede estar expresada como el error estimado con relación al valor de estado de carga de la batería (SOC) hecho para un valor dado para EMF que es derivado del voltaje de célula medido utilizando las expresiones anteriores. De este modo, la varianza  $R$  puede ser determinada como una función del valor estimado de carga auxiliar  $z_k$  de la batería utilizando un modelo de batería que tiene en cuenta el valor de medida de voltaje de batería  $V_L$  y el valor de medida de corriente de batería  $I_L$ . A esta varianza  $R$  puede, por ejemplo, se le puede asignar un valor elevado cuando la curva de EMF en función de SOC sea plana, por ejemplo, un valor del 20%, y se le puede asignar un valor bajo próximo a la batería llena y/o vacía, por ejemplo un valor de 1%. Además, en los casos en los que la relajación de la batería sea difícil de modelizar, la varianza  $R$  puede ser determinada como una función de la medida de corriente de batería  $I_L$ .

El método de estimación cuadrática lineal descrito anteriormente, tal como el filtro Kalman descrito anteriormente, puede ser considerado como un filtro de primer orden en el valor estimado de carga  $Q$ , con una constante de tiempo de  $1/(K_k.H_k)$ .  $K_k$  expresa una función de transferencia desde el valor estimado de carga, por ejemplo, medido en Coulomb, hasta el estado de carga relativo, por ejemplo SOC expresado como porcentaje, de manera que puede ser considerado circunstancialmente constante, por ejemplo, puede preferiblemente cambiar solo significativamente sobre muchos ciclos de carga-descarga de la batería. Esta constante de tiempo del método de estimación cuadrática lineal tal como el filtro Kalman puede además depender de la varianza  $S$  de error del sensor de corriente utilizado. Esta varianza  $S$  del error medido puede por ejemplo ser derivado de la hoja de datos del sensor de corriente multiplicando el error relativo del sensor por la escala total del sensor y por el intervalo de muestreo, por ejemplo  $0,5\% \times 100A \times 0,5 \text{ seg}$ .

La precisión de estimación más elevada es preferiblemente conseguida cuando la batería está o bien casi llena o bien casi vacía. Para ilustrar el rendimiento de un método de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, se ha de observar que estas áreas operacionales pueden implicar un valor bajo para la varianza  $R$ . Por ejemplo, asumiendo un valor medio para el estado de carga relativo (SOC) del 97%, una batería de 12 Ah,  $S = 0,25 \text{ As}$ ,  $R = 3\%$ ,  $H = 0,0022$ , entonces  $1/KH$  converge a 1560 ciclos, o 780 s para un régimen de muestra de 2 Hz.

Para un estado cargado casi lleno, la varianza sería típicamente pequeña, dado que el voltaje de batería elevado medido se puede estimar para implicar un error de estimación pequeño del estado de carga relativo. Sin embargo, una constante de tiempo intermedia puede ser deseable para permitir la compensación para incertidumbres inducidas por la relajación. Haciendo de nuevo referencia a la Fig. 2, un circuito  $C_p-R_p$  puede estar incluido en el modelo de batería con una constante de tiempo adecuada para proporcionar tal constante de tiempo intermedia inferior. La constante de tiempo para esta parte del circuito se puede elegir de tal manera que complementa las correcciones del método de estimación cuadrática lineal, tal como las correcciones Kalman, por ejemplo en el rango de 10% a 30% de la constante de tiempo tal como la constante de tiempo Kalman descrita anteriormente, por ejemplo la constante de tiempo de 150 segundos para el ejemplo dado anteriormente,

Además, el método 10 puede comprender la etapa de determinar 22 un error sistemático de la medida de corriente de batería, por ejemplo la compensación de medida de corriente de batería, que puede corresponder a un error de compensación del amperímetro o sensor de corriente utilizado para medir la corriente de batería  $I_L$ . Por ejemplo, el



término corrección, tal como el término corrección de Kalman  $K_k(z_k - H_k \hat{x}_k)$  puede formar una entrada para la retroalimentación de número entero proporcional (PI) a un valor de compensación de corriente, por ejemplo como se muestra en la Fig. 3. En este ejemplo, el término corrección tal como corrección de Kalman es introducido en un filtro de PI, lo que da lugar a un valor corrector, que se puede aplicar, por ejemplo se puede añadir a una lectura de sensor de corriente para corregir la compensación del valor de medida de sensor de corriente  $I_L$ . El factor de proporcionalidad P puede ser elegido para corresponderse con un marco de tiempo de varias horas, por ejemplo  $1/10000$  ciclos =  $1/5000$  s para una velocidad de muestreo de 2 Hz.

Además, el método 10 como se ilustra en forma de diafragma en la Fig. 1, puede comprender la etapa de determinar una capacidad de carga total de la batería teniendo en cuenta la corrección del valor estimado de carga primario. Por ejemplo, si la capacidad de carga total supuesta de la batería no es correcta, por ejemplo, si es mayor o menor que la capacidad real, cada vez que la batería se llena o se vacía, la corrección del valor estimado de carga primario será en una dirección que indica o bien una sobre-estimación y bien una infra-estimación de la capacidad real. Por lo tanto, una retroalimentación proporcional a un número entero (PI) se puede utilizar para actualizar la estimación de capacidad total tomando la corrección, por ejemplo el término de corrección Kalman, como dato de entrada.

Por ejemplo, la corrección, por ejemplo el término de corrección de Kalman puede ser introducido en una entrada de PI, mientras que la salida de PI se adapta a una estimación de capacidad total, por ejemplo, para obtener una estimación de capacidad total actualizada. Esta corrección puede ser solo relevante cuando la batería esté totalmente llena o casi vacía, por ejemplo, la corrección solo se puede realizar cuando el SOC estimado sea, por ejemplo, mayor que el 97% o, por ejemplo, menor que el 5%. Si la estimación de capacidad es correcta, los valores de término de corrección tales como los valores de términos de corrección Kalman estarán distribuidos normalmente alrededor de cero, de manera que la salida del PI sea cero. Alternativamente, la salida del PI puede ser añadida solo una vez por ciclo de batería a la estimación de capacidad total, por ejemplo, cuando el SOC cae por debajo del 97%.

En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un dispositivo para monitorear la carga de una batería. Haciendo referencia a la Fig. 4, se muestra un dispositivo de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

El dispositivo 30 monitorea la carga de una batería 31, por ejemplo, una batería conectada a una carga 35, por ejemplo una carga 35 que comprende un sistema de bus de potencia para alimentar un vehículo eléctrico o híbrido. El dispositivo 30 comprende un sensor de corriente, por ejemplo un amperímetro 32, para proporcionar una medida de corriente de batería, por ejemplo, para medir la corriente que llega desde o que va a la batería; un sensor de voltaje, por ejemplo, un voltímetro 33, para proporcionar una medida de voltaje de batería, por ejemplo para medir el potencial eléctrico sobre los polos de la batería; y una unidad de procesamiento 34. Además, el dispositivo también puede comprender al menos otro tipo de sensor, tal como un sensor de temperatura.

La unidad de procesamiento 34 está adaptada para aplicar un método de integración de corriente para actualizar un valor estimado de carga primario representativo de la carga almacenada en la batería teniendo en cuenta el valor de medida de corriente de batería y para determinar un valor estimado de carga auxiliar representativo de la carga almacenada en la batería utilizando un modelo de batería que tiene en cuenta el valor de medida de voltaje de batería. La unidad de procesamiento 34 está además adaptada para determinar un valor de error para el valor estimado de carga auxiliar, en el que el valor de error expresa la fiabilidad, por ejemplo, la precisión, del modelo de batería teniendo en cuenta el valor de medida de voltaje de batería. La unidad de procesamiento 34 está también adaptada para aplicar una corrección al valor estimado de carga primario como una función del valor estimado de carga auxiliar y el valor de error.

Particularmente, la unidad de procesamiento 34 puede estar adaptada para realizar las etapas de un método de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, por ejemplo, las etapas de aplicar una integración de corriente, determinar una estimación de carga auxiliar, determinar un valor de error y/o aplicar una corrección al valor estimado de carga primario, como se ha descrito anteriormente.

Los aspectos de la presente invención también se refieren al uso de un dispositivo de acuerdo con las realizaciones del segundo aspecto de la presente invención para monitorear la carga almacenada en una batería para la alimentación de un vehículo eléctrico o híbrido, o para almacenar energía para unidades de respaldo de energía eléctrica.

## REIVINDICACIONES

1. Un método (10) para monitorear una carga de batería, comprendiendo el método:
  - obtener (12) un valor de medida de corriente de batería ( $I_L$ ) y un valor de medida de voltaje de batería ( $V_L$ ),
  - aplicar (14) un método de integración de corriente para actualizar un valor estimado de carga primario representativo de la carga almacenada en la batería teniendo en cuenta el valor de medida de corriente de batería ( $I_L$ ),
  - determinar (16) un valor estimado de carga auxiliar representativo de la carga almacenada en la batería utilizando un modelo de batería que tiene en cuenta la medida de voltaje de batería ( $V_L$ ),
  - determinar (18) un valor de error para dicho valor estimado de carga auxiliar, expresando dicho error la fiabilidad de dicho modelo de batería que tiene en cuenta el valor de medida de voltaje ( $V_L$ ),
  - aplicar (20) una corrección al valor estimado de carga primario como una función del valor estimado de carga auxiliar y el valor de error, ycaracterizado por
  - determinar (22) un error sistemático del valor de medida de corriente de batería ( $I_L$ ) tendiendo en cuenta dicha corrección del valor estimado de carga primario.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende la etapa de determinar (24) una capacidad de carga total de la batería teniendo en cuenta dicha corrección del valor estando de carga primario.
3. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que aplicar (14) el método de integración de corriente comprende realizar (15) una etapa de predicción de un método de estimación cuadrática lineal para actualizar recursivamente dicho valor estimado de carga primario que refleja un estado de sistema subyacente que corresponde a la carga almacenada en la batería, teniendo en cuenta una secuencia de datos de entrada de ruido mediante la cual el filtro puede incluir una variable de control acorde con dicho valor de medida de corriente de batería.
4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que aplicar (20) la corrección comprende aplicar (21) una etapa de actualización de dicho método de estimación cuadrática lineal que comprende además una variable de observación acorde con el valor estimado de carga auxiliar que tiene una varianza asociada con dicho valor de error.
5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4, en el que dicho método de estimación cuadrática lineal es un método de estimación cuadrática lineal unidimensional.
6. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que aplicar (14) el método de integración de corriente comprende realizar (15) una etapa de predicción de un filtro Kalman para actualizar dicho valor estimado de carga primario, en donde dicho valor estimado de carga primario es un valor de predicción Kalman de una variable de estado oculta que corresponde a la carga almacenada en la batería, y dicho filtro Kalman comprende además una variable de control acorde con dicho valor de medida de corriente de batería ( $I_L$ ).
7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que aplicar (20) la corrección comprende aplicar (21) una etapa de actualización de dicho filtro Kalman, en donde dicho filtro Kalman comprende además una variable de observación acorde con el valor estimado de carga auxiliar que tiene una varianza asociada acorde con dicho valor de error.
8. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, en el que dicho filtro Kalman es un filtro Kalman unidimensional.
9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho valor estimado de carga auxiliar comprende un valor de estado de carga expresado como una fracción de una capacidad de carga total de la batería.
10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha determinación (16) del valor estimado de carga auxiliar comprende determinar (17) una fuerza electromotriz (EMF) de la batería.
11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha determinación (16) del valor estimado de carga auxiliar tiene en cuenta además el valor de medida de corriente de batería ( $I_L$ ) y/o una medida de temperatura de batería.
12. Un dispositivo (30) para monitorear la carga de una batería (31) que comprende un sensor de corriente (32) para proporcionar un valor de medida de corriente de batería ( $I_L$ ), un sensor de voltaje (33) para proporcionar un valor de medida de voltaje de batería ( $V_L$ ), y una unidad de procesamiento (34) adaptada para:

- aplicar un método de integración de corriente para actualizar un valor estimado de carga primario representativo de la carga almacenada en la batería, teniendo en cuenta el valor de medida de corriente de batería ( $I_L$ ),

- determinar un valor estimado de carga auxiliar representativo de la carga almacenada en la batería utilizando un modelo de batería que tiene en cuenta el valor de medida de voltaje de batería ( $V_L$ ),

5 - determinar un valor de error para dicho valor estimado de carga auxiliar, expresando dicho valor de error la fiabilidad de dicho modelo de batería que tiene en cuenta el valor de medida de voltaje ( $V_L$ ),

- aplicar (20) una corrección al valor estimado de carga primario como una función del valor estimado de carga auxiliar y el valor de error, y

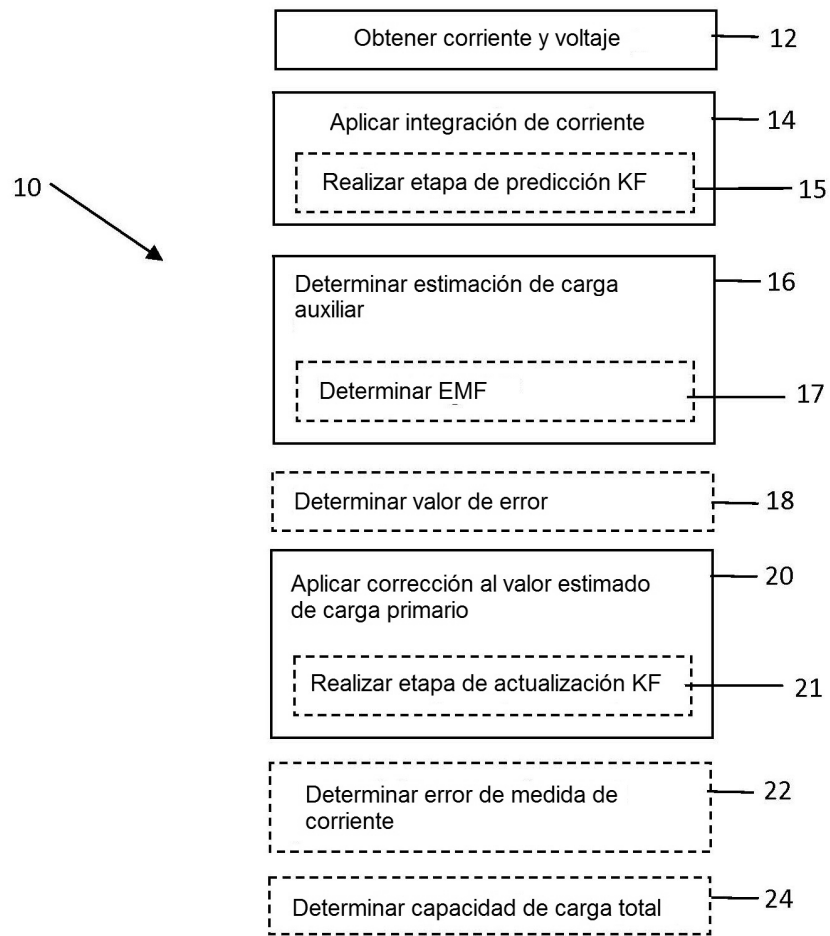
caracterizado porque dicha unidad de procesamiento está además adaptada para:

10 - determinar (22) un error sistemático del valor de medida de corriente de batería ( $I_L$ ) teniendo en cuenta dicha corrección del valor estimado de carga primario.

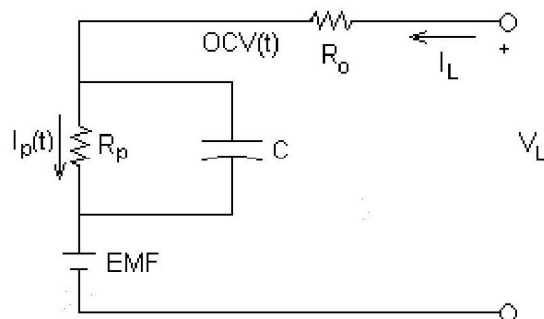
13. Utilizar un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12 para monitorear la carga almacenada en una batería.

14. Utilizar de acuerdo con la reivindicación 13 para monitorear la carga almacenada en una batería para alimentar un vehículo eléctrico o híbrido.

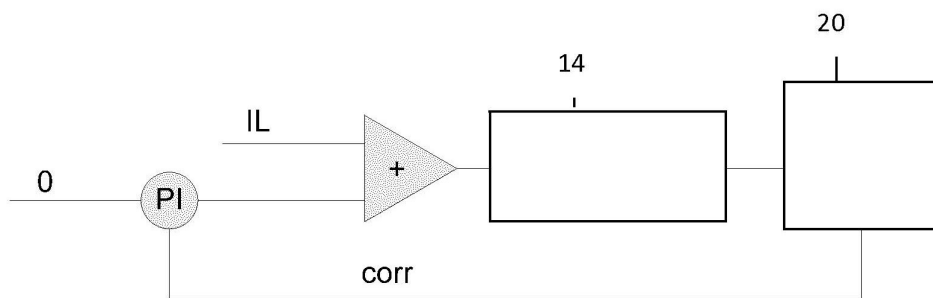
15 15. Utilizar de acuerdo con la reivindicación 13 para monitorear la carga almacenada en una batería para alimentar una unidad de respaldo de energía eléctrica.



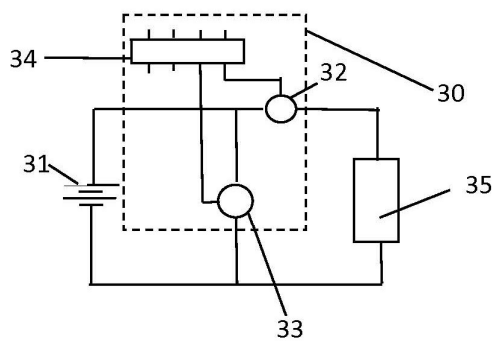
**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**