



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 290 068**

51 Int. Cl.:
G01R 31/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Número de solicitud europea: **01100540 .2**
86 Fecha de presentación : **10.01.2001**
87 Número de publicación de la solicitud: **1128187**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **29.08.2001**

54 Título: **Procedimiento para la determinación del estado de carga de acumuladores de plomo.**

30 Prioridad: **23.02.2000 DE 100 08 354**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.02.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.02.2008

73 Titular/es: **VB Autobatterie GmbH & Co. KGaA**
Am Leineufer 51
30419 Hannover, DE

72 Inventor/es: **Laig-Hörstebroek, Helmut;**
Meissner, Eberhard;
Brunn, Detlef;
Leiblein, Karl-Heinz y
Übermeier, Dieter

74 Agente: **Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 290 068 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

Procedimiento para la determinación del estado de carga de acumuladores de plomo.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación del estado de carga de acumuladores de plomo mediante la estimación de su tensión de reposo durante el funcionamiento activo en el vehículo.

10 Para numerosas aplicaciones es necesario determinar el estado actual de carga de un acumulador. Cuando se conoce el estado actual de carga en un determinado instante de tiempo, se puede realizar la variación del estado de carga mediante la medición continua de la corriente fluyente y su integración. Sin embargo, la precisión de medida asociada a este procedimiento empeora continuamente la veracidad del valor actual de medida, de tal forma que es necesario volver a determinar cada cierto tiempo el estado de carga mediante otro nuevo procedimiento.

15 En el caso de un acumulador de plomo resulta muy adecuada la valoración de la tensión en reposo actual del acumulador debido a su relación directa con el estado de carga (con la descarga progresiva se consume ácido sulfúrico de los electrolitos, y la corriente en reposo del acumulador de plomo depende directamente de la densidad del ácido). Sin embargo, para ello es necesario interrumpir el funcionamiento del acumulador durante un tiempo determinado, durante el cual debe permanecer la corriente fluyente por debajo de un nivel umbral muy bajo. Puesto que sólo en el estado (casi) descargado el acumulador de plomo muestra su tensión en reposo, mientras que las corrientes de carga o descarga que fluyen incluyen una parte de esta tensión en ocasiones muy variable.

20 También en el estado sin carga tarda a menudo mucho, según los antecedentes, hasta que el estado interno del acumulador ha alcanzado su valor de equilibrio y la tensión su valor en reposo. Precisamente en los acumuladores modernos, el tiempo necesario de fases sin sollicitación por corriente es muy prolongado, a veces de muchas horas o incluso de algunos días, después de fases anteriores de carga y a bajas temperaturas. Por ello, en los modos de funcionamiento sin este tipo de fases prolongadas sin corriente, el procedimiento de las mediciones de la tensión en reposo para la determinación del estado de carga es en general sólo condicionalmente adecuado. Un ejemplo para ello es el acumulador del motor de arranque en el vehículo de motor, donde a menudo sólo se producen tiempos de reposo de algunas horas o - por ejemplo en el servicio del taxi - apenas ningún instante de reposo. A temperatura ambiente y por encima de ella, la tensión actual en reposo que se obtuvo al desconectar brevemente la corriente, es una buena medida de la tensión en reposo real del acumulador.

25 En el documento DE19643012A1 se indica un procedimiento en el que se aprovechan los valores de tensión en vacío V_0 de los pasos por cero de la corriente que fluye por el acumulador para controlar la regulación de tensión del generador. Este procedimiento establece importantes requerimientos a la electrónica de medida; el a menudo muy rápido paso por el punto cero de la corriente fluyente hace necesaria una interpolación, que sólo se puede realizar de forma dificultosa debido a la no linealidad de la curva de corriente/tensión para corrientes pequeñas.

30 El objetivo de la invención es ofrecer un procedimiento que permita deducir la tensión en reposo actual del acumulador incluso sin la interrupción artificial del funcionamiento, así como una estimación de la tensión en reposo durante la carga del acumulador. Debido a la correlación directa entre la tensión en reposo y el estado de carga se puede determinar a partir de ello el estado actual de carga.

35 Este objetivo se alcanza según la invención mediante el procedimiento indicado en la reivindicación 1. En las reivindicaciones subordinadas se recogen variantes ventajosas del procedimiento. El procedimiento según la invención se compone básicamente de dos etapas, como son en primer lugar una determinación de la tensión V_0 , que tendría la batería en caso de una breve desconexión de la carga, y a continuación un cálculo del estado de carga a partir de la tensión en reposo así obtenida.

40 En el procedimiento según la invención se evalúan un gran número de puntos de medida, lo que permite amortiguar mejor las dispersiones y aumentar notablemente la precisión.

45 La tensión instantánea sin carga se obtiene mediante la medición periódica y al mismo tiempo de parejas de valores de medida (V_i , I_i) de la tensión y de la corriente instantáneas, y mediante un ecuación de compensación a una referencia de resistencia con varios parámetros libres. Uno de los parámetros es una aproximación a la tensión actual sin carga de la batería V_0 .

50 A continuación se emplea la norma habitual de signos para las corrientes de baterías. Las corrientes de carga se indican para el acumulador siempre como corrientes positivas, mientras que las corrientes de descarga se indican siempre como corrientes negativas.

55 En el procedimiento según la invención se realiza una elección entre las parejas de valores de medida (V_i , I_i) a utilizar para el procedimiento. El objetivo de ello de garantizar que se hayan eliminado estados de desequilibrio de los electrodos resultantes particularmente de fases de carga anteriores, puesto que el uso de parejas de valores de medida (V_i , I_i) correspondiente a este tipo de estados podría dar lugar a resultados erróneos.

60 Particularmente sólo se emplean parejas de valores de medida (V_i , I_i) que se encuentren en una fase de descarga, es decir, en los que la corriente instantánea y la corriente de la medición anterior sean menores que cero. Además se

ES 2 290 068 T3

tiene en cuenta que una fase de carga eventualmente anterior (con valores de corriente mayores que cero) se encuentre suficientemente alejada en el tiempo.

5 Para la determinación según la invención de la tensión instantánea para corriente cero a partir de un número de parejas de valores de medida (V_i , I_i), se ha probado una proporción de resistencia en la forma de:

$$V_i V_o + R \cdot I_i + [a \cdot I_o \operatorname{arcsenh}(I_i I_o) - a \cdot I_i] + 1/C \int I_i dt \quad (1)$$

10 V_o , R , a , I_o y C son los parámetros que se han de modificar.

R y a tienen la dimensión de resistencia, I_o tiene la dimensión de fuerza de corriente, C tiene la dimensión de una capacidad, y V_o representa la tensión en reposo obtenida mediante este algoritmo.

15 El término con los parámetros a e I_o contempla no linealidades y es particularmente necesario para fuertes variaciones de corriente. En el resto de los casos se pueden eliminar para simplificar. La última parte de la ecuación tiene en cuenta los efectos capacitivos en la batería mediante la integración de la corriente fluida. De este modo se obtiene una ecuación simplificada:

20
$$V_i = V_o + R \cdot I_i + 1/C \int I_i dt \quad (2)$$

En caso de dispersión de los valores de medida o de superposición de ruido, las señales del sistema deben de ser naturalmente correspondientemente grandes para obtener una precisión suficiente. Una determinación del coeficiente de correlación entre la corriente y la tensión puede dar información al respecto.

Por lo tanto, en el procedimiento según la invención para la estimación de la tensión actual en reposo de un acumulador de plomo:

30 - se toman al mismo tiempo parejas de valores de medida (V_i , I_i) de tensión del acumulador y corriente fluyente en el instante t_i con una separación en el tiempo dt , en el que sólo se tienen en cuenta parejas de valores en las que en el último intervalo de medida haya fluido exclusivamente una corriente de descarga,

35 - a continuación se varían los parámetros V_o , R y O para un grupo de parejas de valores de medida (V_i , I_i) así seleccionados de tal forma que se minimice la suma de los cuadrados de desviación de error entre los valores V_i dados por la fórmula

$$V_i = V_o + R \cdot I_i + 1/C \int I_i dt \quad (2)$$

40 y los valores $V(t_i)$,

45 - finalmente se determina el estado de carga del acumulador a partir de la tensión así obtenida. (En la que R es un factor con dimensión de resistencia, C tiene la dimensión de una capacidad y V_o representa la tensión en reposo determinada mediante este algoritmo).

Y para trabajar con mayor precisión se emplea la fórmula

50
$$V_i V_o + R \cdot I_i + [a \cdot I_o \operatorname{arcsenh}(I_i I_o) - a \cdot I_i] + 1/C \int I_i dt \quad (1)$$

En la que R y a son factores con dimensión de resistencia, I_o es un factor con la dimensión de fuerza de corriente, C tiene la dimensión de una capacidad y V_o representa la tensión en reposo determinada mediante este algoritmo).

55 En otra conformación del procedimiento se comparan los valores V_o obtenidos con la ecuación (1) ó (2) con los valores anteriores en el tiempo y sólo se toman en consideración aquellas parejas de valores (V_i , I_i) para los cuales se cumple la siguiente relación:

60
$$dV_o/dq = (V_o(t_n) - V_o(t_{n-1})) / (q(t_n) - q(t_{n-1})) < D_{gr} \quad (3)$$

El valor umbral D_{gr} por elemento se elige del intervalo comprendido entre $6V/Q_o$ y $-6V/Q_o$, preferentemente con la condición $\operatorname{Abs}(D_{gr}) \leq 1V/Q_o$, donde Q_o es la capacidad de la batería.

65 Se ha acreditado el promediar de nuevo los valores V_o calculados con uno o dos valores vecinos, y sólo emplear a continuación el criterio de la ecuación (3) para decidir si estos valores V_o son adecuados como punto de partida para una determinación de la tensión en reposo.

ES 2 290 068 T3

En sustitución de ello debería anteceder una fase de descarga suficientemente prolongada (con una corriente menor que cero) antes de tomar los valores de medida, y concretamente de tal forma que la cantidad de carga Q^- descargada durante este intervalo de tiempo sea al menos igual que la cantidad de carga Q^+ cargada durante la fase de carga anterior (con una corriente mayor que cero).

En su caso también se puede realizar una descarga dirigida de una cantidad de carga Q para alcanzar este objetivo.

Según la experiencia, la cantidad de carga Q^- necesaria para ello no es mayor que aproximadamente 2-3% de la capacidad de la batería. Por lo tanto es suficiente una cantidad de descarga correspondiente de $Q^- < 2-3\%$ la capacidad de la batería, para alcanzar la región de descarga pura.

Una estimación para la cantidad de descarga Q^- máxima necesaria para ello en un acumulador de un motor de arranque con una tensión nominal de 12 V y una capacidad de batería Q_0 es:

$$Q^- = Q_0 * (V - 12V) / 60V_i \quad (4)$$

donde V representa la tensión de batería medida durante una breve interrupción de corriente.

Un caso especial particularmente adecuado según la invención se produce cuando la sobretensión (negativa) que se produce durante la descarga de la cantidad de carga Q^- es en su promedio mayor que la sobretensión (positiva) que se produce durante la carga anterior.

El intervalo de tiempo en el cual se toman las parejas de valores de medida (V_i , I_i) se elige por ejemplo de tal forma que el estado de carga se reduce durante este periodo en menos de un 5%, preferentemente en menos de un 2% de la capacidad de la batería.

Los parámetros obtenidos en la realización de la ecuación de compensación (incluida la tensión en reposo instantánea) pueden depender en general del estado de carga y de la temperatura de la batería. Por ello, estas magnitudes deberían de variar lo menos posible durante la fase de la que se eligen las parejas de valores de medida (V_i , I_i). En su caso se debe limitar la duración de la fase correspondientemente. La estimación de la duración se orienta, por ejemplo, por la variación del estado de carga que se ha producido detectada mediante la integración de la corriente fluida.

Asimismo, para la precisión del procedimiento se debe de perseguir que la corriente de descarga no sea constante en las parejas de valores de medida (V_i , I_i) elegidas, sino que varíe lo más posible. También en este caso se puede realizar una selección correspondiente de las parejas de valores de medida (V_i , I_i) empleadas o realizar alternatively una solicitud dirigida con cargas de corriente variables. También se puede realizar según la invención una sincronización de la adquisición de los datos de medida con una conexión y desconexión de consumidores eléctricos, particularmente también de consumidores accionados mediante impulsos, para lograr el efecto deseado. Naturalmente, el procedimiento según la invención es también particularmente válido para el proceso de arranque alimentado mediante una batería.

De este modo, la elección de las parejas de valores de medida (V_i , I_i) empleados para la adaptación a la función (1) ó (2) se realiza de tal forma que las corrientes (de descarga) I_i que fluyen no sean constantes, sino que presenten variaciones de una magnitud mínima de, por ejemplo, 0,01 A por Ah de la capacidad de la batería.

Una sincronización de la adquisición de los datos de medida y de la conexión y desconexión de cargas, particularmente con cargas controladas por impulsos se realiza haciendo que las parejas de valores de medida (V_i , I_i) se obtengan con diferentes fuerzas de corriente I_i . También se puede provocar la conexión y desconexión de cargas, y concretamente de tal forma que las parejas de valores de medida (V_i , I_i) se obtengan con diferentes fuerzas de corriente I_i .

El procedimiento se puede completar con la evaluación del comportamiento de la tensión después de la carga anterior, al observar la variación en el tiempo y emplear, en caso de que se quede por debajo de un valor umbral inferior, el valor de medida actual de tensión como valor aproximado para la tensión en reposo. Si esta condición aún no se cumple, se realiza la descarga dosificada dirigida anteriormente mencionada.

La corriente fluyente media durante la fase de descarga no debería ser demasiado elevada, para no provocar nuevas faltas de homogeneidad en los electrodos y en el electrolito.

Otro procedimiento muy ventajoso para la práctica consiste en hacer valer en primer lugar sólo la limitación de una corriente negativa (es decir, de descarga) para la preselección de los puntos de medida, realizar a continuación la adaptación a los parámetros, y sólo entonces seleccionar un criterio para los valores a emplear a partir del valor V_0 así obtenido. Es decir, la selección de aquellos puntos de medición que se emplearán finalmente para la determinación del estado de carga se realiza después de la comprobación de su idoneidad.

Resulta ventajoso proceder de tal forma que la tensión V_0 sin carga calculada según la fórmula (2) se compare en el instante de tiempo t_n con la obtenida para un instante de tiempo t_{n-1} anterior. Para ello sólo se emplean aquellos

ES 2 290 068 T3

valores V_o para el cálculo del estado de carga para los cuales se determina sólo una leve dependencia de la tensión V_o con respecto a la cantidad de carga fluida durante los instantes t_n y t_{n-1} . Estos son valores para los que se cumple que:

$$dV_o/dq = (V_o(t_n) - V_o(t_{n-1})) / (q(t_n) - q(t_{n-1})) < D_{gr} \quad (3)$$

El valor umbral D_{gr} se elige del intervalo comprendido entre $6V/Q_o$ y $-6V/Q_o$ por elemento conectado en serie del acumulador, preferentemente con la condición $Abs(D_{gr}) \leq 1V/Q_o$. Donde Q_o es la capacidad de la batería.

También es posible seleccionar sólo aquellos valores entre los valores V_o determinados según la invención, para los que la regresión lineal a los valores V_o contra la carga invertida presente una tendencia menor que D_{gr} , donde D_{gr} se elige del intervalo comprendido entre $6V/Q_o$ y $-6V/Q_o$ por elemento de la batería, preferentemente con la condición $Abs(D_{gr}) < 1V/Q_o$.

Otra mejora adicional en la precisión de la predicción se obtiene haciendo que el valor del estado de carga $SOC(t_o)$ obtenido en un determinado instante de tiempo t_o para la determinación del estado de carga en un instante genérico t se relacione con otros procedimientos para la determinación del estado de carga o con procedimientos para la determinación de la variación del estado de carga $\Delta SOC(t_o, t)$ en el intervalo de tiempo comprendido entre t_o y t , donde $\Delta SOC(t_o, t)$ se calcula ventajosamente a partir de la cantidad de carga convertida calculada mediante la integración de la corriente que fluye a través del acumulador.

En otra conformación del procedimiento, los valores de estado de carga $SOC(t_i)$ obtenidos (con errores) en los diferentes instantes de tiempo t_i se relacionan con otros procedimientos para la determinación (con errores) de valores de estado de carga o con procedimientos para la determinación (con errores) de la variación del estado de carga $\Delta SOC(t_i, t_{i+1})$ en el intervalo de tiempo comprendido entre t_i y t_{i+1} , y se determina de este modo un valor actual de estado de carga SOC , donde dicho valor se obtiene mediante la aplicación de un procedimiento de minimización, preferentemente el método de los menores cuadrados de error.

Los valores de tensión V_o obtenidos también se pueden comparar con un valor umbral V_{o-min} , y se indica el paso por el nivel inferior y/o se toma una medida. El valor umbral V_{o-min} se elige de tal forma que éste se corresponda aproximadamente con la tensión de equilibrio del acumulador después de extraer su capacidad nominal.

Resumiendo, según la invención, se obtiene el siguiente procedimiento:

1. Medición de la tensión $V(t)$ y de la corriente $I(t)$

2. Si $I(t) > 0$, se desecha la medición, volver a 1.; en caso contrario

3. Si las mediciones anteriores $I(t-1)$, $I(t-2)$, ... > 0 , volver a 1.; en caso contrario

4. Aplicar la ecuación (1) ó (2) para una cantidad de parejas de valores V , I , y obtener de este modo el valor V_o

5. (OPCIONAL: promediar algunos de los valores V_o así obtenidos, siempre y cuando no haya existido ningún valor con $I > 0$ entre ellos)

6. Aplicar la ecuación (3) y determinar si la descarga se encuentra en el intervalo con baja dependencia entre la tensión y la cantidad de carga tomada; en caso negativo, se deshecha, volver a 1.; en caso contrario

7. Calcular el estado de carga a partir de V_o mediante la relación entre la tensión, la concentración de electrolito y el estado de carga.

A continuación se describe más detalladamente el procedimiento en base a los ejemplos 1 a 5 y a las figuras 1 a 4.

Ejemplo 1

La figura 1 muestra el desarrollo típico de corriente y tensión en una batería de un vehículo en recorrido urbano. Se trata de una batería de plomo de seis elementos con 48 Ah de capacidad. La batería se encuentra aún en un estado de carga de aprox. un 70%.

Para este ciclo de conducción se aplicó el algoritmo descrito, es decir, adaptación de los parámetros en la ecuación (1) con la simplificación mencionada de $a=0$ e $i_o=0$. Los valores obtenidos para todos V_o se muestran en la figura 1 mediante círculos.

En la figura 2 se puede observar la selección de los puntos V_o probablemente idóneos para la determinación del estado de carga. Los valores aprovechables se encuentran allá donde la curva discurre de forma plana. Es recomendable realizar un promediado de los valores y aplicar a continuación el criterio de la ecuación (3). En la figura 3 se muestran los valores V_o que quedan después de la aplicación del criterio de la ecuación (3) con $D_{gr}=0,1$.

ES 2 290 068 T3

El resultado muestra, que la determinación de la tensión en reposo V_0 en este ejemplo es posible después de la descarga de aprox. 1 Ah. Se obtiene un valor de tensión en reposo de aprox. 12,4 V. De ello se deduce, para la batería concreta y a través de la relación entre la tensión en reposo y el estado de carga, un estado de carga de aprox. 67%, bastante coincidente con el valor de partida de aprox. 70% menos los aprox. 1,5 Ah descargados durante este intervalo de tiempo.

Ejemplo 2

En fases de funcionamiento con baja dinámica de corriente se pueden provocar estados con fuerza de corriente variable, para poder aplicar el procedimiento según la invención.

Como carga variable para una batería de, por ejemplo, 80 Ah de capacidad nominal, se conecta y desconecta, por ejemplo, cada 3 s una corriente de 20 A de amplitud durante un intervalo de tiempo de, por ejemplo, 30 s de duración y se registra la tensión y las corrientes con una cadencia de medición de, por ejemplo, 0,5 s. Después de este periodo se puede realizar un nuevo paso de corriente (por ejemplo, una corriente constante de, por ejemplo, 5 A, originada conforme al funcionamiento previsto), hasta que se ha descargado una cantidad de carga de aprox. 0,25 Ah.

A continuación se realiza una repetición de la carga variable anterior durante otros 30 s.

Después de la valoración de las parejas de tensión/corriente para cada carga variable quedan un total de 6 parámetros de adaptación (las 5 magnitudes V_0 , R, a, I_0 , C de la ecuación (1), así como q), que se deben de almacenar a largo plazo.

Resulta ventajosa una mayor repetición de este procedimiento.

A partir de dos fases de este tipo con carga variable se determina en primer lugar si los puntos de medida fueron útiles, y en caso afirmativo, se estima la tensión en reposo a partir de ellos.

En caso de que existan unas porciones de alta frecuencia superpuestas a las señales, no es suficiente una cadencia de medición de 0,5 s; en este caso resulta ventajoso registrar con, por ejemplo, una cadencia de medición de 0,1 s y promediar, por ejemplo, a 1 s ("filtro paso bajo").

Ejemplo 3

El procedimiento según la invención es adecuado, bajo determinadas condiciones de funcionamiento, para determinar la tensión actual en reposo $V_0(t_0)$ del acumulador en el instante t_0 y a partir de ella su estado de carga SOC (t_0), incluso cuando el acumulador es solicitado con corriente. Sin embargo, en otras condiciones de funcionamiento probablemente no sea posible debido a que no se cumplen los requisitos previos.

Para hacer posible una afirmación acerca del estado actual de carga en el instante t también en estos casos generales, se encuentra incluido dentro del ámbito de la invención, establecer una relación con otros procedimientos para la determinación del estado de carga.

Para ello se trata ventajosamente, por ejemplo, de procedimientos para la determinación de la variación del estado de carga ΔSOC , mediante, por ejemplo, una integración de la corriente I fluida durante el tiempo transcurrido entre t_0 y t .

En este caso, aplica por ejemplo, lo siguiente:

$$SOC(t) = SOC(t_0) + \Delta SOC(t_0, t)$$

$$\text{con } \Delta SOC(t_0, t) = 1/Q_0 \int I dt$$

Ejemplo 4

El procedimiento según la invención es adecuado, bajo determinadas condiciones de funcionamiento, para determinar la tensión actual en reposo $V_0(t_0)$ del acumulador en el instante t_0 y a partir de ello su estado de carga SOC (t_0), incluso cuando el acumulador es solicitado con corriente.

Además, de acuerdo con el ejemplo 3, es posible establecer una relación con procedimientos para la determinación de la variación del estado de carga ΔSOC .

Sin embargo, tanto la determinación del estado de carga SOC (t_0) como la determinación de la variación del estado de carga ΔSOC está asociada a un error de medida, que se compone de la imprecisión de las mediciones de tensión y tiempo y de otras fuentes de error arbitrarias.

ES 2 290 068 T3

Si se determina de forma repetida, por ejemplo, n veces, el estado actual de carga SOC (t_i) en diferentes instantes de tiempo t_i ($i = 1, 2, \dots, n$) así como la variación del estado de carga $\Delta\text{SOC}(t_i, t_{i+1})$ entre estos instantes de tiempo durante el funcionamiento continuo, se obtiene un problema redundante.

- 5 Se encuentra dentro del ámbito de la invención, mediante el uso de un procedimiento de minimización, el calcular un estado de carga a partir de ello y reducir de este modo los errores anteriormente mencionados. De este modo, la fuerza del procedimiento aumenta tanto más cuantas más determinaciones independientes del estado de carga sean posibles.
- 10 También se encuentra dentro del ámbito de la invención el establecer una relación con otros procedimientos para la determinación del estado de carga, para de este modo aumentar el número de determinaciones independientes del estado de carga.

Ejemplo 5

- 15 A temperaturas más bajas ($<0^\circ\text{C}$) existe una desviación notable entre el V_o calculado y la tensión en reposo del acumulador que se establecería después de un tiempo de espera prolongado. Pero también en estos casos es V_o una valiosa magnitud. Se observó que V_o se puede emplear como aviso previo inminente de una decaída completa de la tensión de la batería para una carga media constante. La figura 4 muestra un ejemplo representativo: en ella se representa la respuesta de tensión V de una batería con respecto a la corriente I aplicada. Este perfil contiene variaciones lentas de corriente y otras que se corresponden con una frecuencia de aproximadamente entre 1 y 0,3 Hz. I_∞ identifica un ejemplo de ello. Para la valoración se emplean las variaciones rápidas de corriente. En la figura 4 se representan los valores V_o determinados mediante el procedimiento según la invención mediante círculos grandes. Cuando V_o queda por debajo de aproximadamente el valor de $V_{o-\text{min}} = 11,5 \text{ V}/6$ elementos, se va a producir muy pronto la decaída completa de tensión. Se ha demostrado que en este caso se encuentra aún disponible, en general, aprox. entre 10% y
- 20
- 25 20% de la capacidad de la batería.

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación del estado de carga de acumuladores de plomo mediante la estimación de la tensión en reposo actual, **caracterizado** porque se toman al mismo tiempo parejas de valores de medida (V_i , I_i) de tensión de acumulador y corriente fluyente en el instante t_i con una separación en el tiempo dt , en el que sólo se toman en consideración aquellas parejas de valores para las que en el último intervalo de tiempo sólo ha fluido una corriente de descarga, porque con un grupo de parejas de valores de medida (V_i , I_i) así seleccionadas se modifican los parámetros V_o , R y C de tal forma que se minimiza la suma de los cuadrados de desviación de error entre los valores V_i dados por la fórmula

$$V_i = V_o + R \cdot I_i + 1/C \int I_i dt$$

y los valores medidos ($V(t_i)$), y porque el estado de carga del acumulador se deduce a partir de la tensión en reposo V_o así obtenida, en la que R es un factor con dimensión de resistencia, C tiene la dimensión de una capacidad y V_o representa la tensión en reposo calculada mediante este algoritmo.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque con un grupo de parejas de valores de medida (V_i , I_i) así seleccionados se varían los parámetros V_o , r , a , i_o y C de tal forma que se minimiza la suma de los cuadrados de desviación de error entre los valores V_i dados por la fórmula

$$V_i = V_o + R \cdot I_i + [a \cdot I_o \operatorname{arcsenh}(I_i I_o) - a \cdot I_i] + 1/C \int I_i dt$$

y los valores medidos ($V(t_i)$), y porque el estado de carga del acumulador se deduce a partir de la tensión en reposo V_o así obtenida, en la que R y a son unos factores con dimensión de resistencia, i_o es un factor con dimensión de fuerza de corriente, C tiene la dimensión de una capacidad y V_o representa la tensión en reposo calculada mediante este algoritmo.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque determinados V_o se comparan con valores anteriores en el tiempo y porque sólo se consideran aquellos valores V_o para los que se cumple la relación:

$$dV_o/dq = (V_o(t_n) - V_o(t_{n-1})) / (q(t_n) - q(t_{n-1})) < D_{gr}$$

en la que el valor umbral D_{gr} por elemento se elige del intervalo comprendido entre $6V/Q_o$ y $-6V/Q_o$, preferentemente con la condición $\operatorname{Abs}(D_{gr}) \leq 1V/Q_o$, y donde Q_o es la capacidad de la batería.

4. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque tan sólo se emplean aquellas parejas de valores de medida (V_i , I_i) para las que $I_i < 0$ y desde el último valor de medida con una corriente positiva y un intervalo de tiempo dt con contribución positivo Q^+ con respecto al estado de carga se cumple la siguiente condición:

el valor absoluto de Q^- es o bien mayor que el valor absoluto de Q^+ , o bien el valor absoluto de Q^- es mayor que el 2% de la capacidad de la batería,

donde Q^- representa la cantidad de carga (descargada) que se extrajo desde el último punto de medida con corriente positiva de batería durante una fase ininterrumpida de descarga, y Q^+ representa la cantidad de carga (cargada), que se cargó en la última fase ininterrumpida (de carga) con corriente positiva de batería.

5. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque se realiza una sincronización entre la adquisición de datos de medida y la conexión y desconexión de cargas, particularmente con cargas controladas mediante impulsos, de tal forma que se obtienen parejas de valores de medida (V_i , I_i) para diferentes fuerzas de corriente I_i .

6. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque se provoca una conexión y desconexión de cargas y concretamente de tal forma que se obtiene parejas de valores de medida (V_i , I_i) para diferentes fuerzas de corriente I_i .

7. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque el valor de estado de carga SOC (t_o) así obtenido en un instante determinado de tiempo t_o se relaciona para la determinación del estado de carga en un instante general de tiempo t con otros procedimientos para la determinación del estado de carga o bien con procedimientos para la determinación de la variación del estado de carga $\Delta SOC(t_o, t)$ en el tiempo transcurrido entre t_o y t , en la que $\Delta SOC(t_o, t)$ se calcula preferentemente a partir de la cantidad de carga convertida determinada mediante la integración de la corriente que fluye a través del acumulador.

ES 2 290 068 T3

8. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque los valores de estado de carga SOC (t_i) obtenidos para diferentes instantes de tiempo t_i se relacionan con otros procedimientos para la determinación de valores de estado de carga o con procedimientos para la determinación de la variación del estado de carga $\Delta SOC(t_i, t_{i+1})$ en el intervalo de tiempo transcurrido entre t_i y t_{i+1} , y se determina un valor actual de estado de carga SOC mediante el uso de un procedimiento de minimización.

9. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque los valores de tensión V_o obtenidos se comparan con un valor umbral V_{o-min} , y se indica el paso por debajo y/o se adopta una medida.

10. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque el valor umbral V_{o-min} se elige de tal forma que se corresponde aproximadamente con la tensión de equilibrio del acumulador después de extraer su capacidad nominal.

Fig.1

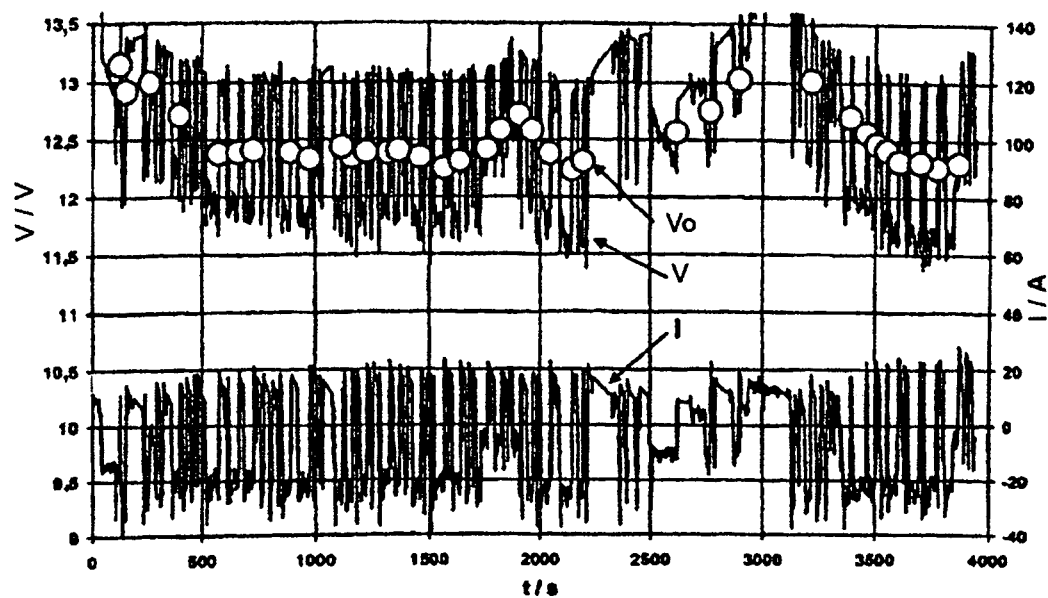


Fig.2

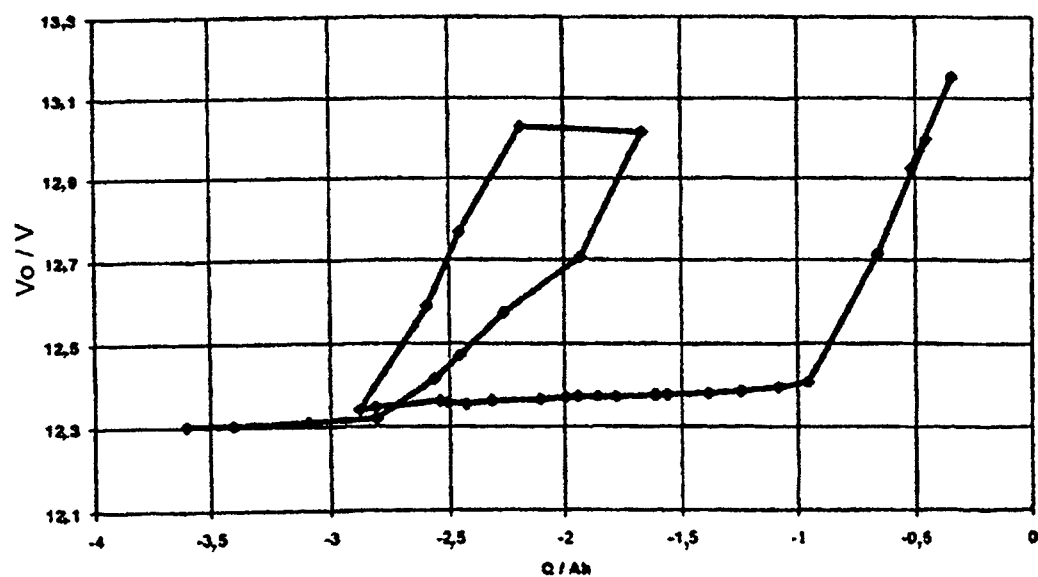


Fig.3

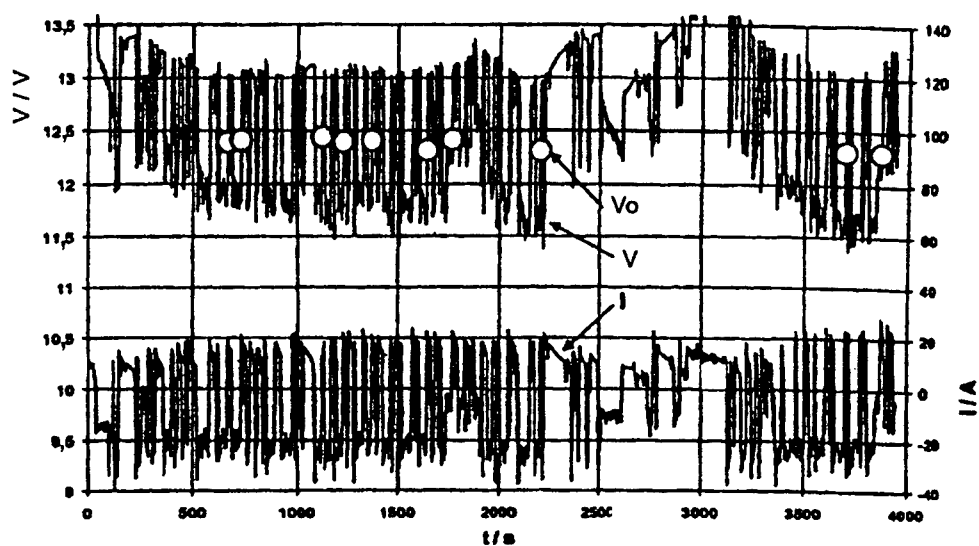


Fig.4

