

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 555**

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

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05742687 .6**
96 Fecha de presentación: **15.04.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1743184**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.01.2007**

54 Título: **MÉTODO Y SISTEMA PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UNA BATERÍA ELECTROQUÍMICA DE ACUMULACIÓN.**

30 Prioridad:
23.04.2004 DE 102004020412
06.04.2005 DE 102005015729

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.03.2012

73 Titular/es:
ROBERT BOSCH GMBH
POSTFACH 30 02 20
70442 STUTTGART, DE

72 Inventor/es:
EHRET, Christine;
HEINZE, Daniel;
JOSSEN, Andreas y
SPAETH, Volker

74 Agente/Representante:
Carvajal y Urquijo, Isabel

ES 2 376 555 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

Método y sistema para la determinación de parámetros de funcionamiento de una batería electroquímica de acumulación

5 La presente invención hace referencia a un método para la determinación de una capacidad ácida como parámetro de funcionamiento de una batería electroquímica de acumulación, conformada por una batería de plomo-ácido, considerando una estratificación del electrolito.

10 Un ejemplo que simplifica la comprensión de la presente invención, consiste en un sistema para la determinación de parámetros de funcionamiento de una batería electroquímica de acumulación, mediante medios para determinar la tensión de la batería y la corriente de la batería, con un acumulador para el almacenamiento de la capacidad nominal de la batería de acumulación, y con medios de ordenador.

En las baterías de acumulación, particularmente en las baterías de plomo-ácido, que en el funcionamiento se someten a los ciclos explicados, se genera una estratificación del electrolito. Dicha estratificación se produce de manera intensificada particularmente cuando las baterías de acumulación se descargan casi totalmente.

15 La estratificación del electrolito provoca que en el caso de una batería electroquímica de acumulación con estratificación, no se pueda disponer de la capacidad completa que ofrece una batería de acumulación sin estratificación (sin estratificación del electrolito).

20 Las baterías modernas de vehículos a motor funcionan muy frecuentemente también en estados de carga reducida, por lo que se genera la estratificación del electrolito. En el caso de los vehículos a motor con un confort elevado, los consumidores de energía se encuentran activados en el caso del vehículo detenido (corriente en reposo del vehículo a motor) o bien, son activados por el conductor (calefacción auxiliar, ajuste del asiento, televisor, etc.). La estratificación del electrolito en los vehículos a motor con un confort elevado, repercute considerablemente en la disponibilidad de dichos consumidores en relación con el confort. Dichos consumidores se deben desconectar previamente, para poder garantizar las funciones preferidas, como por ejemplo, el arranque del vehículo a motor.

25 La estratificación del electrolito no se puede eliminar completamente. Sin embargo, se evita considerablemente la estratificación mediante una carga muy elevada, por ejemplo, de 16 V en una batería de 12 V, durante un periodo de tiempo muy prolongado. Durante el funcionamiento del vehículo a motor, la batería se carga en general ante una tensión reducida (14,7 V como máximo), en el caso de los vehículos a motor de alta gama se descargan completamente. El aumento de la tensión de carga a 16 V o bien, una optimización del método de carga para la reducción de la estratificación del electrolito que se genera, generalmente sólo se relaciona con una intervención no deseada en el control de la energía del vehículo a motor. En el caso de esta clase de vehículos a motor, la batería nunca se carga completamente de manera que no se puede producir una estratificación.

30

35 De la patente DE 101 06 508 A1 se conoce un método para la evaluación de la capacidad de rendimiento de una batería de acumulación, considerando la estratificación del electrolito a partir de la tensión del borne de la batería, de la corriente de la batería y de la temperatura de la batería. De esta manera, se evalúa una caída de tensión interior generada por la diferencia de densidad en el ácido de la batería, una tensión en reposo y una resistencia interior, y se determina la capacidad de potencia con un modelo que describe la batería.

40 El objeto de la presente invención consiste en crear un método perfeccionado para la determinación de los parámetros de funcionamiento de una batería electroquímica de acumulación, considerando una estratificación del electrolito, particularmente para determinar de una manera más simple y fiable la capacidad ácida y, de esta manera, la capacidad efectiva de la batería de acumulación que se encuentra a disposición aún ante la presencia de una estratificación.

Conforme a la presente invención, el objeto se resuelve con el método conforme a la clase, mediante las etapas que se definen en la reivindicación 1.

45 El método se basa en el conocimiento de que las curvas características de carga y de descarga de la tensión en reposo U_0 aplicada durante el estado de carga SOC, en el caso de una estratificación del electrolito, influyen en relación con las curvas características correspondientes de la batería de acumulación sin estratificación del electrolito. Además, se ha demostrado que las curvas características de carga y de descarga se comportan de diferentes maneras. Mientras que en la carga de la batería de acumulación resulta una línea recta como curva característica, la curva característica de descarga se compone de dos secciones lineales con diferentes pendientes.

50 La línea recta de pendiente pronunciada en la gama de valores superior del estado de carga SOC se indica como la primera relación funcional, y una línea recta que presenta una pendiente reducida en la gama de valores inferior del estado de carga SOC se indica como la segunda relación funcional. El incremento de las rectas y del punto de

intersección entre dichas relaciones funcionales se modifica durante el desarrollo del proceso de estratificación del electrolito.

5 El desplazamiento de la segunda curva característica hacia abajo genera una modificación de la compensación de la primera curva característica, y el desplazamiento de la primera curva característica hacia la izquierda genera una modificación de la compensación de la segunda curva característica. La curva característica sin estratificación se utiliza para determinar dicha compensación entre las respectivas curvas características y la curva característica sin estratificación.

10 En el método conforme a la presente invención, se recomienda evaluar la modificación del punto de intersección de la línea recta de pendiente reducida de la curva característica de descarga, en la gama de valores inferior del estado de carga (segunda relación funcional), con la línea recta que presenta una pendiente pronunciada en la gama de valores superior del estado de carga SOC (primera relación funcional), con el fin de deducir los parámetros de funcionamiento. Además, se recomienda utilizar las pendientes de las rectas como parámetros para la determinación de los parámetros de funcionamiento.

15 Como parámetro de funcionamiento se puede determinar, por ejemplo, un valor corregido del estado de carga SOC, un valor corregido de tensión en reposo U_0 y/o la capacidad ácida de la batería de almacenamiento y/o la carga que se puede tomar ante una condición teórica con el método conforme a la presente invención. Además, por ejemplo, en la instalación de una nueva batería en un vehículo a motor, de acuerdo con la capacidad ácida calculada se puede determinar si se ha empleado un tamaño de batería completamente incorrecto.

20 Además, resulta ventajoso determinar una tercera relación funcional entre la tensión en reposo U_0 y el estado de carga SOC como valor para la carga que se puede tomar en relación con la capacidad nominal de la batería de acumulación en el estado sin estratificación del electrolito. Por lo tanto, se puede evaluar la curva característica de descarga descrita mediante la primera y la segunda relación funcional, en relación con la curva característica de una batería sin estratificación, es decir, que se evalúa la tercera relación funcional.

25 Preferentemente, un valor corregido del estado de carga y/o el valor corregido de la tensión en reposo de la batería de acumulación, se determina en relación con la compensación de tensión y la pendiente de las rectas, para la descripción de la primera y de la segunda relación funcional.

30 La capacidad ácida de la batería de acumulación se determina preferentemente como un parámetro de funcionamiento a partir de la pendiente de una recta, para la descripción de la primera o de la segunda relación funcional, particularmente a partir de la respectiva relación funcional activa. Además, la capacidad ácida se puede calcular de dos maneras diferentes, ya sea a partir de los parámetros determinados, pendiente y compensación de tensión, o a partir de dos valores de tensión en reposo medidos o bien, determinados.

35 En ambas formas de ejecución, la capacidad ácida se puede determinar a partir de la pendiente de las rectas para la descripción de la primera relación funcional, cuando la tensión en reposo es mayor o igual a la tensión en reposo en el punto de intersección de ambas secciones lineales de la curva característica recta expresadas mediante la primera y la segunda relación funcional. De lo contrario, cuando la tensión en reposo es menor que la tensión en reposo en el punto de intersección de ambas secciones lineales de la curva característica de descarga, se determina la capacidad ácida a partir de la pendiente de las rectas para la descripción de la segunda relación funcional.

La capacidad ácida se puede determinar de la segunda manera a partir de los valores medidos o determinados de la tensión en reposo, por ejemplo, de acuerdo con la relación:

40
$$C_{0,x} = (U_{0,1x} - U_{0,2x}) / \text{Coeficiente de carga}$$

con $U_{0,1x}$ y $U_{0,2x}$ como valores de tensión en reposo U_0 en la curva característica, ya sea de la primera ($x=1$) o de la segunda ($x=2$) relación funcional, y el coeficiente de carga entre la determinación de ambos valores de tensión en reposo $U_{0,1x}$ y $U_{0,2x}$.

45 Además, resulta ventajoso cuando los parámetros de funcionamiento se determinan en relación con la temperatura, es decir, la temperatura de la batería o una magnitud de temperatura correspondiente a la temperatura de la batería.

50 Un ejemplo que simplifica la comprensión de la presente invención, consiste en un sistema para la determinación de los parámetros de funcionamiento de una batería electroquímica de acumulación, mediante medios para determinar la tensión de la batería y la corriente de la batería, y con un acumulador para el almacenamiento de la capacidad nominal de la batería de acumulación, y con medios de ordenador para la ejecución del método descrito anteriormente. Los medios de ordenador se pueden conformar, por ejemplo, como microcontroladores programados de un vehículo a motor.

A continuación, la presente invención se explica en detalle a modo de ejemplo mediante los dibujos incluidos. Muestran:

5 Figura 1 - diagrama en bloques de un sistema para la determinación de la tensión en reposo corregida, la capacidad ácida y la carga que se puede tomar de una batería electroquímica de acumulación, con el método conforme a la presente invención;

Figura 2 - diagramas de las curvas características de las tensiones en reposo aplicadas durante el estado de carga de una batería sin estratificación, de una batería con estratificación durante la carga, y una batería con estratificación durante la descarga;

10 Figura 3 - diagramas de las curvas características de las tensiones en reposo aplicadas durante el estado de carga de una batería sin estratificación y de una batería con estratificación durante la descarga, en la gama de valores superior del estado de carga como la primera relación funcional, así como con un desplazamiento de la curva característica con una estratificación del electrolito en aumento;

15 Figura 4 - diagrama de las curvas características como una tensión en reposo aplicada durante el estado de carga de una batería sin estratificación y de una batería con estratificación durante la descarga, en la gama de valores inferior del estado de carga como la segunda relación funcional, así como con un desplazamiento > de la curva característica con una estratificación del electrolito en aumento;

Figura 5 - diagrama de las curvas características de una batería sin estratificación y de una batería con estratificación durante la descarga, como una tensión en reposo aplicada durante el estado de carga, y de la compensación de tensión para la primera relación funcional;

20 Figura 6 - diagrama de la compensación de la tensión en reposo corregida de la primera relación funcional, aplicada a lo largo del coeficiente de carga desde la última carga completa o desde la fase en reposo prolongada;

Figura 7 - diagrama de curvas características de una batería con estratificación y una batería sin estratificación durante la descarga, como una tensión en reposo aplicada durante el estado de carga, y de la compensación para la segunda relación funcional;

25 Figura 8 - diagrama de la compensación de la tensión en reposo de la segunda relación funcional, aplicada a lo largo del coeficiente de carga completo.

30 En la figura 1 se observa un diagrama en bloques de un sistema 1 para la determinación de una tensión en reposo corregida U_0 , la capacidad ácida C_0 de una batería de acumulación como parámetro de funcionamiento, y la carga que se puede tomar Q , considerando una estratificación del electrolito a partir de las variables de medición que consisten en la tensión de la batería U_{bat} , la corriente de la batería I_{bat} y la capacidad nominal Q_N . Además, el sistema presenta, de una manera conocida, elementos de medición para la corriente de la batería I_{bat} y la tensión de la batería U_{bat} , así como el acumulador para el almacenamiento del valor de la capacidad nominal Q_N de la batería de acumulación. El propio sistema se puede realizar, por ejemplo, como un microcontrolador programado.

35 La tensión en reposo U_0 o bien, el estado de carga SOC, se determina mediante el sistema con la ayuda de una compensación de la tensión U_{comp} y la pendiente a de la curva característica, para la descripción de una primera y de una segunda relación funcional entre la tensión en reposo U_0 y el estado de carga SOC. El estado de carga SOC es el valor correspondiente a la capacidad nominal Q_N para la carga Q que aún se puede tomar de la batería de acumulación. La capacidad ácida C_0 se puede determinar mediante dos métodos diferentes, como se explica en detalle a continuación. Por una parte, la capacidad ácida C_0 se puede determinar a partir de la pendiente de la respectiva curva característica de descarga activa de la batería de acumulación con estratificación del electrolito, con la primera o la segunda relación funcional activa, es decir, de acuerdo con la ecuación:

$$C_{0,x} = (S_U - U_0, X_{corr}) / (S_{SOC} - SOC X_{corr})$$

45 Por otra parte, la capacidad ácida C_0 se puede determinar mediante la determinación de dos fases en reposo respectivamente en una fracción de la curva característica de descarga, es decir, ya sea con la primera o con la segunda relación funcional, de acuerdo con la ecuación:

$$C_{0,x} = (U_{0,1x} - U_{0,2x}) / \text{Coeficiente de carga}$$

Además, con $x=1$ se selecciona la primera relación funcional cuando la tensión en reposo U_0 es mayor o igual a la tensión en reposo S_U en el punto de intersección de ambas curvas características de la primera y de la segunda relación funcional.

5 En cambio, con $x=2$ se selecciona la segunda relación funcional cuando la tensión en reposo U_0 es menor que la tensión en reposo S_U en el punto de intersección.

10 En la figura 2 se observa un diagrama con curvas características de la tensión en reposo durante el estado de carga SOC para la curva característica de carga de una batería de acumulación con estratificación (curva característica a)), una batería de acumulación sin estratificación (curva característica b)), y la curva característica de descarga de una batería de acumulación con estratificación (curva característica c)). La curva característica de descarga c) se compone de una primera sección lineal con una pendiente pronunciada, en la gama de valores superior del estado de carga SOC (primera relación funcional o bien, recta c1) y una sección lineal de pendiente reducida en la gama de valores inferior del estado de carga SOC (segunda relación funcional o bien, recta c2).

15 Por consiguiente, el método conforme a la presente invención se caracteriza porque considerando el modelo, así como en las mediciones, la curva característica de descarga c) se divide en dos fracciones de la recta con diferentes pendientes c1, c2. Esto se puede fundamentar mediante principios físicos como se indica a continuación.

20 El electrolito de una batería de acumulación se puede dividir aproximadamente en tres zonas. La primera zona está compuesta por los electrolitos sobre las placas, que no participa en la reacción. La segunda zona se encuentra determinada por una zona media de electrolito, cuyo electrolito modifica dos rectas en la gama de valores inferior del estado de carga SOC. La tercera zona se encuentra determinada por una zona inferior del electrolito, que modifica la recta superior con la pendiente más pronunciada c1 de la curva característica de descarga. Además, la zona inferior del electrolito es menor que la zona central del electrolito. La transición de la menor cantidad a la mayor cantidad de electrolitos no se supone fluida como en la realidad, sino que se produce en un momento determinado. Considerando el modelo, esto se representa mediante el punto de intersección de ambas secciones lineales de la curva característica de descarga. En una batería de acumulación con estratificación, la parte inferior de la placa con un ácido más concentrado, se descarga con mayor intensidad y se carga con una intensidad menor. Dicha parte se designa para la tensión en reposo U_0 .

30 Con el método conforme a la presente invención se determinan los parámetros de funcionamiento de la batería electroquímica de acumulación, a partir del punto de intersección de ambas secciones lineales de la curva característica de descarga, el cual se modifica con una estratificación del electrolito en aumento, y a partir de las pendientes de las secciones lineales en relación con el coeficiente de carga completo (recta c2) y el coeficiente de carga desde la última fase en reposo o la carga completa (recta c1).

35 Mediante la pendiente que se modifica en relación con la capacidad ácida, y el desplazamiento del punto de intersección de la curva característica de descarga, ante un grado de estratificación variable, se puede realizar una corrección del valor del estado de carga SOC o bien, de la tensión en reposo U_0 en las fases en reposo, así como una determinación de la capacidad ácida. Para considerar la estratificación del electrolito, de acuerdo al modelo, la batería de acumulación con estratificación se divide en tres capas con diferentes densidades de ácido y diferentes cantidades de electrolito:

- a) una capa superior cuyo electrolito no participa en las reacciones;
- 40 b) una capa central cuya cantidad de electrolitos y la densidad del ácido influye en la recta de pendiente menos pronunciada c2) en la gama de valores inferior del estado de carga SOC de la curva característica de descarga;
- c) una capa inferior cuya cantidad de electrolitos y la densidad del ácido influye en la recta más pronunciada c1) en la gama de valores superior del estado de carga SOC de la curva característica de descarga.

45 Además, se diferencia entre el coeficiente de carga completo y el coeficiente de carga desde la última fase en reposo más prolongada o la carga completa, dado que se modifica respectivamente otra sección lineal de la curva característica de descarga. El coeficiente de carga completo modifica de manera determinante la recta c2), es decir, la segunda relación funcional. Mediante el rendimiento de carga desde la última carga completa o de la fase en reposo más prolongada, se modifica la recta c1) de la curva característica de descarga, es decir, la primera relación funcional.

50 Mediante una carga completa se modifican ambas secciones lineales c1) y c2) de la curva característica de descarga. Se realiza una compensación de la densidad del ácido debido a un gaseo. De esta manera, se reduce la densidad del ácido en la parte inferior de la batería de acumulación, y la cantidad de ácido. La tensión en reposo disminuye. La primera relación funcional (sección lineal c1) de la curva característica de descarga c) se modifica mediante una reducción de la concentración de ácido y del volumen de electrolito en la parte inferior de la batería de

acumulación, y de esta manera también la sección lineal c2) (segunda relación funcional), dado que en la zona central del electrolito se produce una carga considerable.

5 En los procesos de recarga que se producen en las fases en reposo se genera una compensación en la concentración del ácido. Esto significa que se modifican tanto la sección lineal c1) así como la sección lineal c2) de la curva característica de descarga c). Por consiguiente, la parte inferior de la placa se continúa descargando. Esto puede conducir a que la parte inferior de la placa ya no pueda participar en la reacción. Por otra parte, esto significa que se reduce la cantidad de electrolitos en la parte central de las placas.

10 En la figura 3 se observa un diagrama de la sección lineal c1) de la curva característica de descarga c), así como la curva característica a) de una batería de acumulación sin estratificación como una tensión en reposo U_0 aplicada durante el estado de carga SOC. La sección lineal c1) que describe la primera relación funcional entre la tensión en reposo U_0 y el estado de carga SOC de la batería de acumulación con estratificación, se determina mediante la densidad y la cantidad de la zona inferior de electrolitos. La densidad y cantidad de la zona inferior de electrolitos se incrementan ante una estratificación del electrolito en aumento, es decir, con el coeficiente de carga desde la última carga completa o la fase en reposo más prolongada. Con la densidad del ácido en aumento, la curva característica c) se desplaza hacia la izquierda y, de esta manera, el punto de intersección con la recta c2) que describe la segunda relación funcional. Con la cantidad de electrolitos en aumento, se reduce la pendiente de las secciones lineales c1) y c2), y el punto de intersección se continúa desplazando hacia la izquierda.

20 Un incremento con una pendiente pronunciada de la recta 1 que describe la primera relación funcional, permite deducir un grado de estratificación reducido, que se espera después de un coeficiente de carga reducido, de una carga completa o de una fase en reposo más prolongada.

Por el contrario, un incremento con una inclinación reducida permite deducir estratificaciones elevadas.

En la figura 4 se observa la curva característica a) de una batería de acumulación sin estratificación, así como la sección lineal c2) que describe la segunda relación funcional entre la tensión en reposo U_0 y el estado de carga SOC de la batería de acumulación con estratificación, como una curva característica de descarga.

25 La modificación de la sección lineal c2) se determina mediante la pérdida de electrolito utilizable que se genera durante el estado de carga reducido SOC en la zona inferior de la placa. Una cantidad reducida de electrolito genera una curva característica de la sección lineal c2) con una pendiente pronunciada. La densidad ácida reducida resultante en la capa, genera un desplazamiento hacia abajo de la sección lineal c2). También el electrolito no utilizable sobre las placas, que debido a su densidad reducida ya no resulta utilizable, reduce la cantidad de electrolitos utilizable en la zona de la sección lineal c2). Después de un periodo de tiempo reducido de funcionamiento, dicha zona de electrolito resulta constante, hecho que conduce a un leve incremento de la pendiente al comienzo del tiempo de funcionamiento. Mediante el leve incremento de la concentración del electrolito utilizable, se incrementa un poco la tensión en reposo U_0 en la zona superior de carga SOC.

35 La cantidad de electrolitos utilizable y la concentración de electrolito, se puede incrementar nuevamente mediante la carga completa y las fases en reposo más prolongadas con una carga a continuación. Aproximadamente, un incremento con una pendiente reducida de la sección lineal c2) representa el aumento del incremento al comienzo del periodo de tiempo de funcionamiento, y un incremento con una pendiente pronunciada representa una pérdida de electrolito adicional a lo largo de la zona inferior de descarga de la placa.

40 En la figura 5 se observa la curva característica a) de una batería de acumulación sin estratificación y la curva característica de descarga c) respectivamente como relaciones funcionales entre la tensión en reposo U_0 y el estado de carga SOC.

45 Resulta evidente que un desplazamiento hacia abajo de la sección lineal c2) debido a una reducción de la cantidad de electrolitos y a la reducción de la concentración de electrolitos, provoca el desplazamiento de la compensación de tensión en reposo $U_{0, comp}$ de la sección superior de la recta c1). Dicha compensación de tensión en reposo $U_{0, comp}$ se corrige en tanto que la sección lineal c1) se normaliza mediante la curva característica de una batería de acumulación sin estratificación. Por lo tanto, se determina la diferencia entre el punto de intersección de la sección lineal c1) y de la sección lineal c2) de la curva característica de descarga en relación con la curva característica de la batería de acumulación sin estratificación.

50 Las curvas características para la determinación de la compensación a_{21} , a_{22} de la segunda relación funcional o bien, a_1 de la primera relación funcional, como se muestran en las figuras 6 y 8, se conforman de la siguiente manera:

1.) Determinación de un valor mínimo de compensación P_{10} , P_{21} y de un valor máximo de compensación P_{11} , P_{22} . El valor mínimo de compensación es la compensación en la que la curva característica se puede desplazar

retrocediendo como máximo mediante la carga completa y la fase en reposo. El valor máximo de compensación es la compensación en la que la curva característica se puede desplazar al máximo mediante una estratificación.

5 2.) Determinación de los valores de compensación P12₂, P13₂ ó P19₂, P20₂, como se representa en las figuras 5 y 7, las curvas características se normalizan mediante la curva característica sin estratificación. Por lo tanto, se adiciona para la compensación la diferencia entre el punto de intersección de la primera y de la segunda curva característica y la curva característica sin estratificación.

3.) A partir de la representación de acuerdo con las figuras 6 y 8, se deduce la respectiva pendiente P12₁, P13₁ ó P19₁, P20₁.

10 La primera relación funcional consiste en la relación entre la compensación corregida y el rendimiento de carga desde la última carga completa o la fase en reposo más prolongada. Para la segunda relación funcional se aplica la compensación corregida sobre el rendimiento de carga completo.

Por lo tanto, para la curva característica de descarga completa resulta válido:

Sección lineal c1): $U_0 = a_1 - b_1 * SOC$

Sección lineal c2): $U_0 = a_2 + b_2 * SOC$

15 Con la tensión en reposo medida U₀, el valor del estado de carga SOC, la compensación [mV] a₁ y a₂, y la pendiente [mV/%] b₁ y b₂, la sección lineal c1) representa además la primera relación funcional, y la sección lineal c2) representa la segunda relación funcional.

El punto de intersección de ambas secciones lineales c1) y c2) se calcula de la siguiente manera:

$$S_{SOC} = (a_1 - a_2) / (b_1 - b_2)$$

$$S_U = a_1 + b_1 * (a_2 - a_1) / (b_1 - b_2),$$

20 en donde S_{soc} es el valor del estado de carga SOC en el punto de intersección de la primera y de la segunda sección lineal c1), c2), y S_U es el valor de la tensión en reposo U₀ en el punto de intersección de la primera y la segunda sección lineal c1), c2).

En la determinación de los parámetros de funcionamiento se considera la primera y la segunda relación funcional de acuerdo con la tensión en reposo U₀.

25 Cuando la tensión en reposo U₀ es mayor o igual al valor de la tensión en reposo S_U en el punto de intersección, se utiliza la primera relación funcional.

Quando la tensión en reposo U₀ es menor que la tensión en reposo S_U en el punto de intersección de la primera y de la segunda sección lineal, se utiliza la segunda relación funcional.

30 Por consiguiente, se realiza una corrección en el transcurso a lo largo de los coeficientes de carga que se calculan continuamente.

La sección lineal c1) se puede describir mediante los siguientes parámetros:

Primera relación funcional:

$$U_0 = a_1 + b_1 * SOC$$

con

35 b₁=constante (se toma sólo una pendiente, sin embargo, b₁ puede ser variable también para consideraciones más complejas).

a₁=P13₁*P₁+P13₂ (dentro del margen de la compensación mínima P₁₀ y la compensación máxima P₁₁)

P13₁: Pendiente ([V])

P13₂: Compensación ([V])

P₂: Coeficiente de carga desde la última carga completa o la fase en reposo más prolongada dentro del margen [0, P_{1Máx}]

5 P₁₀: Compensación mínima U_{0,comp-mín}

P₁₁: Compensación máxima U_{0,comp-máx}

La sección lineal c2) que describe la segunda relación funcional, se puede establecer mediante los siguientes parámetros:

Segunda relación funcional:

10
$$U_0 = a_2 + b_2 * SOC.$$

o bien

$$U_0 = a_{21} + b_{21} * SOC$$

con

15 b₂₁ y b₂₂=constante (se toma sólo una pendiente constante, sin embargo, el factor también puede ser variable para las relaciones más complejas)

$$a_{21} = P19_1 * P_2 + P19_2$$

(dentro del margen entre la compensación mínima y la máxima [P₂₁, P₂₂])

$$a_{22} = P20_1 * P_2 + P20_2$$

(dentro del margen entre la compensación mínima y la máxima [P₂₁, P₂₂])

20 P19₁: Pendiente/incremento 1 ([V])

P19₂: Compensación/incremento 1 ([V])

P20₁: Pendiente/incremento 2 ([V])

P20₂: Compensación/incremento 2 ([V])

P₂: Rendimiento de carga completo [0, P_{2Max}]

25 P₂₁: Compensación mínima de tensión en reposo U_{0,comp-mín}

P₂₂: Compensación máxima de tensión en reposo U_{0,comp-máx}

Por consiguiente, la relación completa entre la tensión en reposo U₀ y el estado de carga SOC, se describe mediante dos rectas:

Curva característica 1: $U_0 = a_1 + b_1 * SOC$

30 Curva característica 2: $U_0 = -a_2 + b_2 * SOC.$

La conmutación entre las curvas características se realiza en el punto de intersección de las curvas características:

$$S_{SOC}=(a_2-a_1)/(b_1-b_2),$$

$$S_U=(a_1+b_1)*(a_2-a_1)/(b_1-b_2).$$

Por lo tanto, para la conmutación se admiten las siguientes condiciones:

$$U_0 \geq S_U \rightarrow \text{Utilizar curva característica 1}$$

$$U_0 \leq S_U \rightarrow \text{Utilizar curva característica 2}$$

A partir de ello se puede determinar la capacidad ácida mediante:

5

$$C_{0,1} = \frac{S_U - U_{0,1}}{S_{SOC} - SOC_{med,1}} \rightarrow \text{Curva característica 1}$$

$$C_{0,2} = \frac{S_U - U_{0,2}}{S_{SOC} - SOC_{med,2}} \rightarrow \text{Curva característica 2}$$

con

S_U : Valor de la tensión del punto de intersección

10 $U_{0,1}$: Tensión en reposo corregida en la curva característica 1

S_{SOC} : Valor del estado de carga SOC del punto de intersección S

$SOC_{med,1}$: Valor del estado de carga SOC determinado en la curva característica 1.

15 En tanto que se conocen dos puntos de tensión en reposo y $U_{0,1x}$, $U_{0,2x}$ y el coeficiente de carga entre las fases en reposo en la sección lineal c1), es decir, en la primera relación funcional, se pueden determinar la capacidad ácida actual $C_{0,x}$ de la batería de acumulación y, a partir de ello, la capacidad efectiva de la batería de acumulación, de acuerdo con la relación:

$$C_{0,1} = \frac{U_{0,12} - U_{0,22}}{\text{Coeficiente de carga}} \rightarrow \text{Curva característica 2}$$

$$C_{0,1} = \frac{U_{0,11} - U_{0,21}}{\text{Coeficiente de carga}} \rightarrow \text{Curva característica 1}$$

20

REIVINDICACIONES

1. Método para la determinación de una capacidad ácida como parámetro de funcionamiento de una batería electroquímica de acumulación, conformada por una batería de plomo-ácido considerando una estratificación del electrolito, **caracterizado por**
- 5 a) la determinación de una primera relación funcional en forma de una primera sección lineal de una curva característica de descarga entre la tensión en reposo U_0 y el estado de carga SOC como valor para la carga que se puede tomar, en relación con la capacidad nominal Q_N de la batería de acumulación que se obtiene durante el estado con una estratificación del electrolito en una fase de descarga con el coeficiente de carga desde una fase en reposo previa o una carga completa;
- 10 b) la determinación de una segunda relación funcional en forma de una segunda sección lineal de una curva característica de descarga entre la tensión en reposo U_0 y el estado de carga SOC como valor para la carga que se puede tomar, en relación con la capacidad nominal Q_N de la batería de acumulación que se obtiene en el estado con una estratificación del electrolito en una fase de descarga con un coeficiente de carga total;
- 15 c) la determinación de la capacidad ácida a partir del punto de intersección de la primera y de la segunda relación funcional y de la pendiente de las rectas para la descripción de la primera o de la segunda relación funcional.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por** la determinación de una tercera relación funcional en forma de una recta entre la tensión en reposo U_0 y el estado de carga SOC como valor para la carga que se puede tomar, en relación con la capacidad nominal Q_N de la batería de acumulación en el estado sin estratificación del electrolito.
- 20 3. Método de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por** la determinación de la tensión de compensación a y de la pendiente b para la primera y la segunda relación funcional, en donde la tensión de compensación a es la diferencia de tensión entre el punto de intersección de la primera y la segunda relación funcional, y la tercera relación funcional en el estado sin estratificación del electrolito.

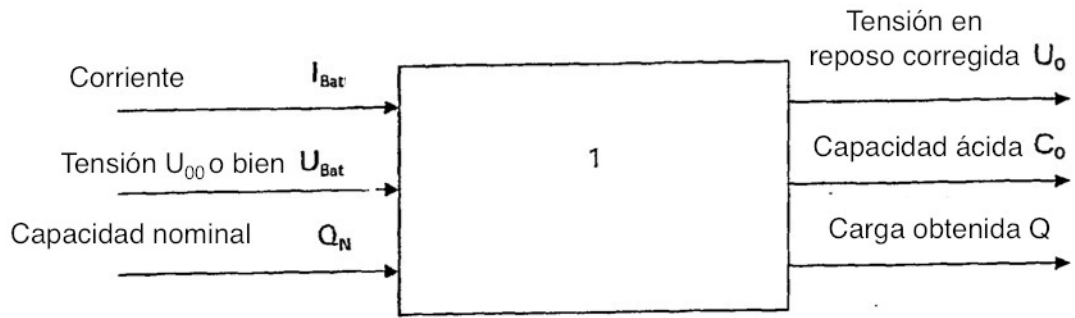


Fig. 1

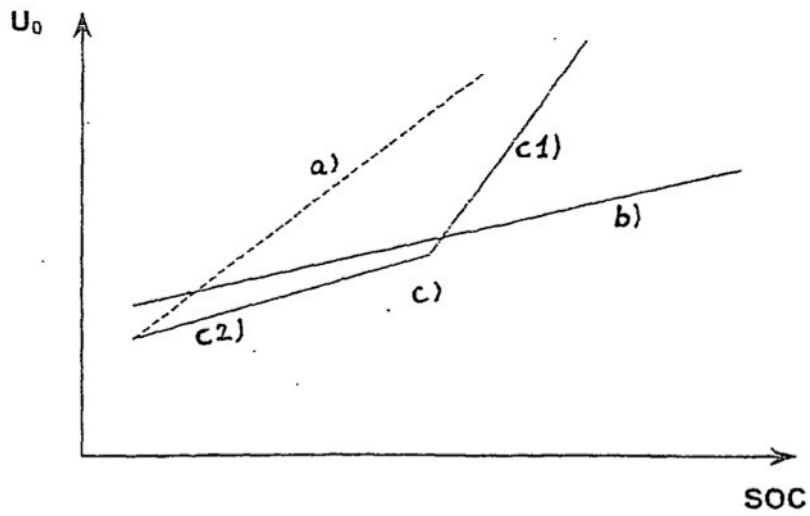
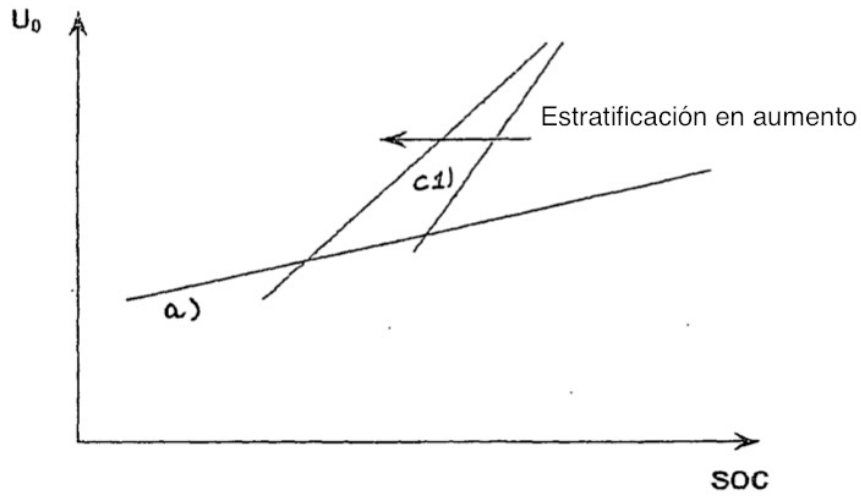
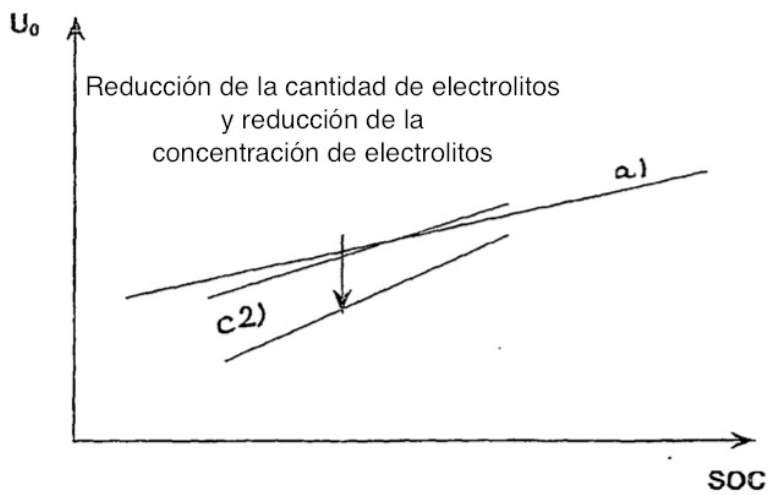


Fig. 2



=> Primera relación funcional

Fig. 3



=> Segunda relación funcional

Fig. 4

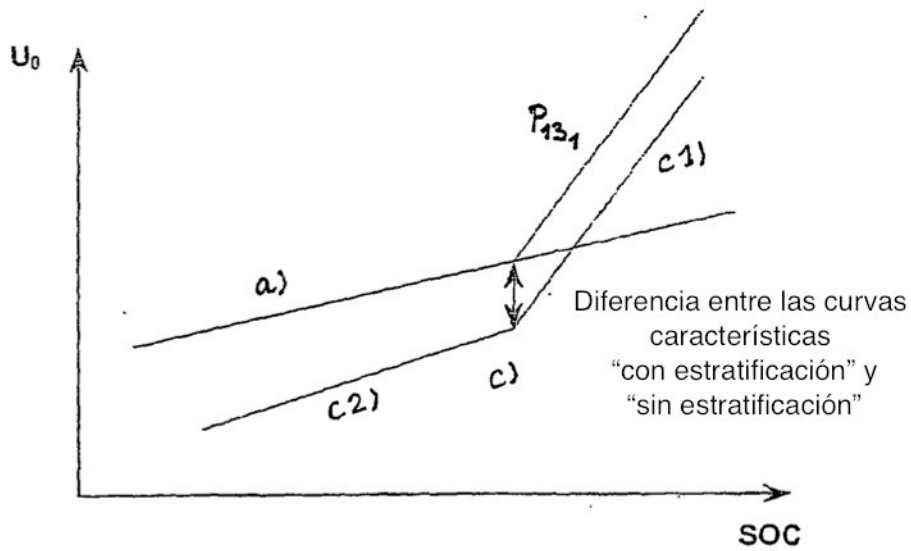
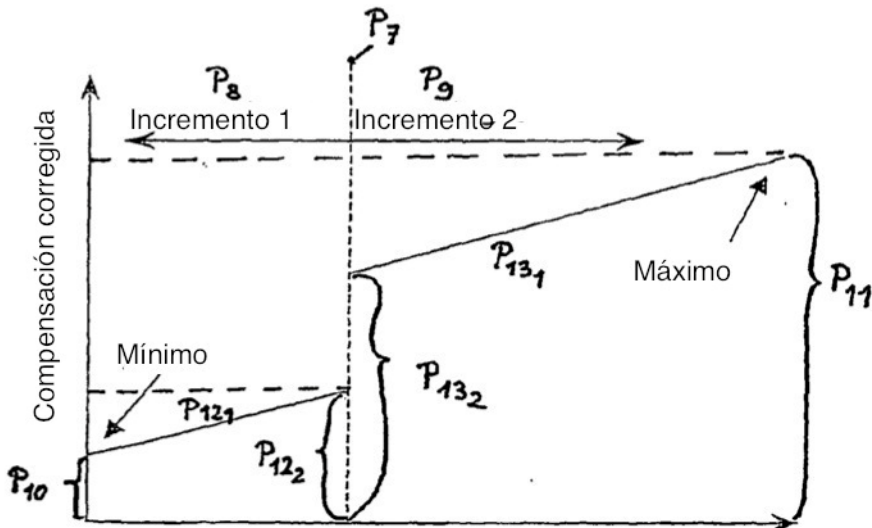


Fig. 5



Coefficiente de carga desde la última carga completa o la pausa más prolongada

Evaluación
Curva característica 1
Estratificación reducida

Evaluación
Curva característica 2
Estratificación elevada

$$\Rightarrow a_1 = P_{131} * P_2 + P_{132}$$

Fig. 6

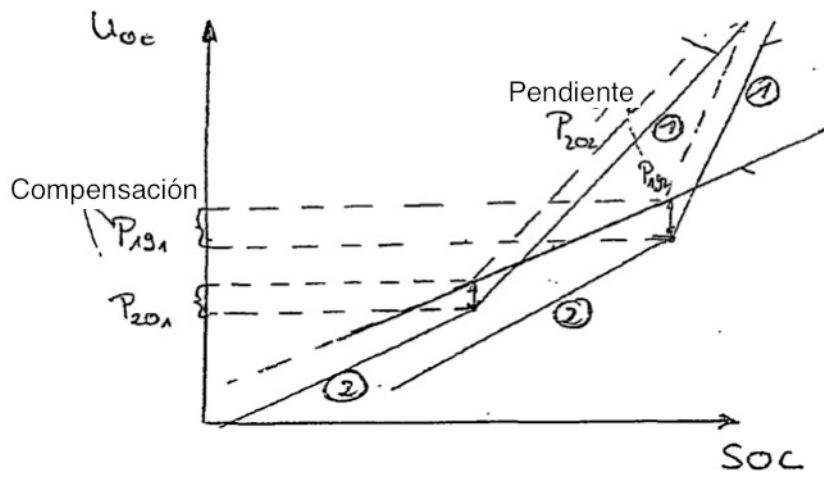
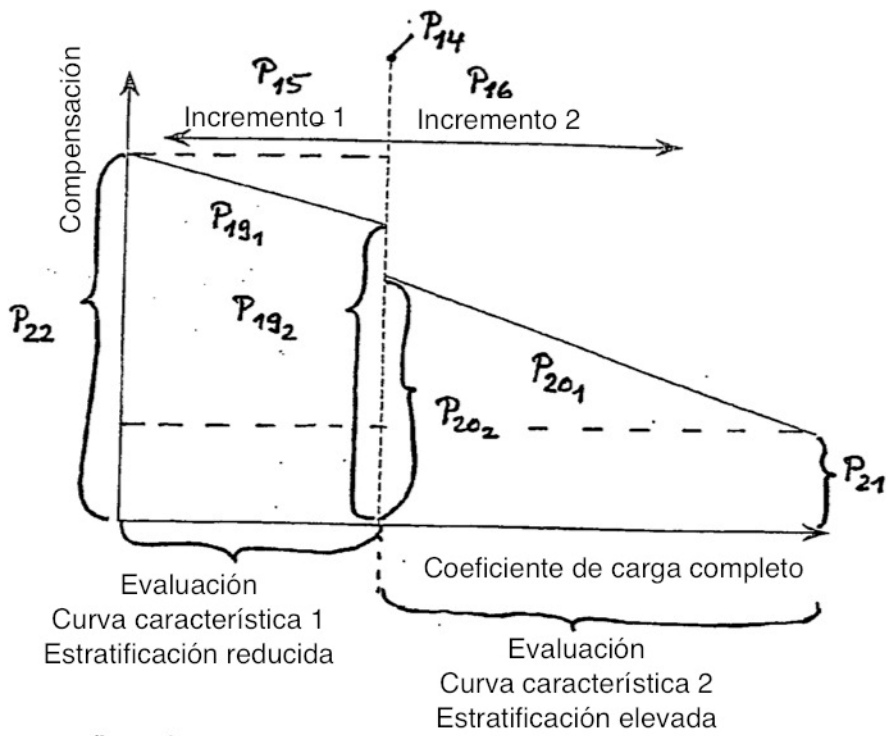


Fig. 7



$$\Rightarrow a_{21} = P_{19_1} * P_1 + P_{19_2}$$

$$\Rightarrow a_{22} = P_{20_1} * P_1 + P_{20_2}$$

Fig. 8