(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 793 507**

(51) Int. CI.:

H01M 10/44 (2006.01)
H01M 10/30 (2006.01)
H01M 10/34 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2010 E 18158229 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3349295**

(54) Título: **Procedimiento de determinación de un criterio de fin de carga de una batería a base de níquel**

(30) Prioridad:

29.09.2009 FR 0904661

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.11.2020

(73) Titular/es:

COMMISSARIAT À L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES (50.0%)
Bâtiment "Le Ponant D", 25, rue Leblanc
75015 Paris, FR y
BHG (50.0%)

(72) Inventor/es:

BRUN-BUISSON, DAVID;
LABRUNIE, ANTOINE y
PERICHON, PIERRE

(74) Agente/Representante:

POLO FLORES, Carlos

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 de determinación de un criterio de fin de carga de una batería a base de níquel

Campo de la técnica de la invención

La invención se refiere a un procedimiento de carga de una batería electroquímica a base de níquel, de capacidad nominal predeterminada, que incluye al menos una medida de la tensión de la batería y una medida de la temperatura representativa de la batería, siendo dicha batería recargada por una fuente de energía intermitente y de corriente variable.

Estado de la técnica

Estos últimos años, las nuevas tecnologías han permitido desarrollar el uso de aparatos electrónicos nómadas como los ordenadores portátiles, la telefonía móvil o los sistemas autónomos. Estas tecnologías han hecho necesaria la mejora de los sistemas de almacenamiento de energía para obtener una densidad de almacenamiento energético satisfactorio de aparatos cada vez más consumidores de energía. En la actualidad, un sistema de almacenamiento usado normalmente es la batería electroquímica a base de níquel. La tecnología de batería de níquel permite almacenar una cantidad de energía óptima ya que su energía de volumen, del orden de 350 Wh/dm^3, es una de las más elevadas conocida en la actualidad.

Los fabricantes de baterías de níquel recomiendan una carga de corriente constante, la capacidad máxima de las baterías se obtiene en general con una carga al 160% de la capacidad nominal. Una de las problemáticas es saber en qué momento interrumpir la carga, es decir, qué criterio cuantificable y mensurable usar para determinar el momento en que se alcanza la capacidad máxima.

El procedimiento más usado se denomina comúnmente procedimiento del delta V negativo. De hecho, durante una carga rápida de una batería NiCd, la tensión en los bornes de la batería alcanza un valor máximo Vmax cuando la carga alcanza un valor cercano del 100% al 120% de la capacidad nominal de la batería. A continuación, la tensión en los bornes de la batería vuelve a bajar y cuando la variación de esta tensión se convierte en superior a un cierto umbral, la batería se considera cargada.

Otro procedimiento, más bien asociado a las baterías de tipo NiMh, consiste en detectar la ausencia de variación de la tensión en los bornes de la batería. En la práctica, para este tipo de batería la variación del delta V es relativamente baja y difícil de detectar. Por tanto, se espera que después de la medida de un pico de tensión esta última se estabilice.

También es posible, en el caso de las baterías de NiMh, obtener una relación sobre la variación de la temperatura de la batería en función del tiempo. Cuando esta relación supera un cierto umbral la batería se considera cargada.

Todos estos procedimientos permiten asegurar una capacidad máxima de la batería realizando una sobrecarga de esta última. La sobrecarga está comprendida clásicamente entre el 20 y el 60% de la capacidad nominal, lo que corresponde a un excedente. La sobrecarga se impone por la aparición de fenómenos electroquímicos parásitos relacionados con la descomposición del agua que consume energía y que es preciso compensar para procurar a un usuario la mayor capacidad durante el uso de un aparato electrónico alimentado con corriente por dicha batería.

El documento EP1990890 describe un procedimiento de carga de una batería de un sistema autónomo. El procedimiento incluye la medida de una temperatura y permite el paso de un primer modo de carga a un segundo modo de carga cuando se alcanza un umbral de tensión. El fin de carga es realizado clásicamente por una elevación rápida de la temperatura de la batería.

El documento EP0980130 A1 describe un procedimiento de carga de una batería electroquímica a base de níquel.

Objeto de la invención

La invención tiene por objeto un procedimiento de determinación de un criterio de fin de carga de una batería electroquímica a base de níquel. Este procedimiento incluye:

- el establecimiento de una curva de rendimiento representativa del rendimiento de la carga en función de la capacidad cargada,
- la selección de un valor de capacidad máxima de carga correspondiente a una ruptura de pendiente de la curva

de rendimiento,
- el establecimiento de al menos una curva de tensión representativa de la tensión de la batería en función de la capacidad cargada para una temperatura dada representativa de la temperatura de la batería,
- la determinación a partir de la curva de tensión correspondiente, para cada temperatura, de un umbral de tensión representativo del criterio de fin de carga, correspondiente a dicho valor de capacidad máxima de carga.

Breve descripción de los dibujos

Otras ventajas y características se verán más claramente a partir de la descripción que se dará posteriormente de las realizaciones particulares de la invención proporcionadas a título de ejemplos no limitantes y representados en los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra un dispositivo que usa el procedimiento de carga según la invención.
La figura 2 es una curva representativa del número de accionamientos posibles en el tiempo de dos sistemas autónomos idénticos cuya batería se carga de manera diferente.
La figura 3 es un gráfico representativo de una ventana, función de la tensión y de la temperatura de la batería, en la que se permite la carga.
La figura 4 representa una curva del rendimiento global de la carga en función de la capacidad cargada.
La figura 5 es una curva en forma de histograma representativa del rendimiento de la carga en función de una pluralidad de intervalos de capacidad cargada en la batería.
La figura 6 ilustra para una pluralidad de temperaturas la evolución de la tensión en los bornes de la batería en función de la capacidad cargada.

Descripción de realizaciones preferentes

Una batería a base de níquel puede estar integrada en sistemas llamados autónomos. En un sistema autónomo ilustrado en la figura 1, la batería 1 está conectada con una fuente de energía 2 intermitente y de corriente variable que asegura la recarga de la batería. Esta fuente de energía usa en general energías renovables como energía solar, energía eólica, energía hidráulica o energía geotérmica. A modo de ejemplo, la batería 1 puede ser recargada por paneles solares, de manera que el paso de una sola nube puede disminuir la intensidad de la corriente de carga o interrumpir la carga de la batería si las condiciones de asoleamiento son demasiado desfavorables.

El hecho de no poder controlar la corriente de carga convierte en inutilizables los procedimientos de carga de baterías a base de níquel de la técnica anterior. De hecho, en este caso no es posible asegurar una carga rápida de corriente constante.

De manera general, es necesario suministrar el máximo de autonomía a un usuario, ya que las baterías actuales de níquel se sobrecargan para que su capacidad pueda corresponder al 100% de su capacidad nominal. No obstante, este camino a la autonomía no tiene en cuenta un criterio importante. Este criterio es el tiempo de vida de las baterías, es decir, su autonomía a largo plazo. De hecho, la sobrecarga de la batería 1 a base de níquel es necesaria para compensar las reacciones parásitas al final de carga de la batería con el fin de procurar la mejor autonomía posible a un usuario. A largo plazo, estas reacciones parásitas tienen consecuencias directas en la autonomía de la batería 1. Este fenómeno es visible en la figura 2, que ilustra el número de accionamientos posibles de un motor 3 conectado con la batería 1 en función de los años simulados a partir de dos sistemas autónomos similares cada uno de los cuales incluye un motor 3 y una batería 1. Un accionamiento en el presente ensayo corresponde a un tiempo dado de funcionamiento del motor a corriente constante. La batería 1 de un primer sistema siempre se recarga tomando como criterio de fin de carga un criterio representativo de una capacidad cargada del 160% de la capacidad nominal de la batería 1. La batería de un segundo sistema siempre se recarga tomando como criterio de fin de carga un criterio representativo de una capacidad cargada del 85% de la capacidad nominal de la batería 1. En la figura 2, los sistemas autónomos primero y segundo están asociados respectivamente con una curva diferente. La curva asociada a la capacidad cargada del 160% de la capacidad nominal de la batería corresponde de hecho a una sobrecarga como se establece en la técnica anterior. Las dos curvas extraídas de la figura 2 permiten observar una disminución menos importante de la autonomía de la batería en términos de número de accionamientos del motor para la curva asociada al criterio de fin de carga al 85% con respecto a la curva asociada al criterio de fin de carga del 160%. De hecho, al cabo de aproximadamente ocho años simulados, el sistema asociado a la curva de capacidad cargada del 85% presenta una mejor autonomía que el sistema sobrecargado.

Por capacidad cargada se entiende la cantidad de corriente almacenada en la batería durante la carga para obtener una capacidad en Ah de la batería durante la descarga. De manera general, la capacidad de la batería es inferior a la capacidad cargada. Es decir, para N Ah almacenados en la batería, esta última es capaz de restituir N-x Ah. Entonces

es posible establecer el rendimiento para una carga dada obteniendo la relación sobre la capacidad cargada en función de la capacidad recuperada durante la descarga. El rendimiento será diferente en función de la corriente usada para la carga y/o la descarga.

El procedimiento de carga según la invención consiste en cargar una batería electroquímica a base de níquel de capacidad nominal predeterminada según un criterio de fin de carga predefinido que permite limitar la capacidad cargada en la batería con el fin de trabajar en una ventana electroquímica en la que las reacciones parásitas no tienen lugar, o son insignificantes. El criterio de fin de carga puede corresponder a un umbral de tensión, preferentemente predeterminado por calibrado.

Así, el procedimiento de carga de una batería 1 electroquímica a base de níquel, de capacidad nominal predeterminada, y conectada, es decir, recargada por una fuente de energía 2 intermitente y a corriente variable, incluye al menos una medida de la tensión de la batería y una medida de la temperatura representativa de la batería 1. La carga de la batería se interrumpe cuando la tensión medida en los bornes de la batería alcanza un umbral de tensión, preferentemente predeterminado y que forma el criterio de fin de carga, función de la temperatura medida, y representativo de una capacidad cargada de la batería correspondiente a un rendimiento de la carga superior o igual al 90% del rendimiento máximo de esta carga. El rendimiento máximo depende del valor de corriente usado.

Este umbral de tensión cuyo rendimiento de carga es superior o igual al 90% puede corresponder a una capacidad cargada de la batería comprendida entre el 75 y el 85% de la capacidad nominal de la batería. Dicho criterio de fin de carga permite evitar la degradación de la batería evitando la carga por encima de este umbral. Así, por criterio de fin de carga se entiende un criterio asociado a la interrupción de la carga por encima del cual la carga de la batería no está permitida. Dicho de otro modo, en la medida en que la tensión de la batería se mantiene superior al criterio de fin de carga, se prohíbe su carga.

Además, con el fin de limitar las degradaciones de la batería, la carga solo puede permitirse en una gama de temperatura en la que el rendimiento durante la carga permanezca correcto. Dicho de otro modo, el procedimiento integra dos valores de control de temperatura Tmin y Tmax entre los cuales se permite la carga. De hecho, la temperatura influye en la cinética de las reacciones químicas, la movilidad de los portadores de carga y la importancia de las reacciones parásitas. A baja temperatura, la disminución de la movilidad de los portadores de carga provoca el aumento de la impedancia interna de la batería. Esta disminución de la movilidad de los portadores de carga limita así la corriente suministrada por la batería, y aumenta la tensión de carga a corriente constante, para producir directamente degradaciones internas. A alta temperatura se favorecen las reacciones parásitas degradantes lo que implica una disminución importante del rendimiento de carga y una aceleración de la autodescarga. Estas temperaturas pueden elegirse en función del intervalo de temperatura de funcionamiento recomendado por el fabricante.

El umbral de tensión puede ser constante en el interior de un intervalo de temperatura y distinto en diferentes intervalos de temperatura. En una variante que tiene en cuenta los dos valores de control de temperatura, el intervalo en el que se permite la carga se divide entonces en varios subintervalos, estando cada intervalo asociado a una tensión máxima de funcionamiento. Esto permite tener en cuenta el comportamiento de la batería en función de la temperatura. De hecho, cuanto más elevada es la temperatura más bajo es el umbral de tensión.

En la figura 3 se ilustra un ejemplo particular de gestión de la carga en función de la temperatura medida y de la tensión medida para una batería, compuesta por diez celdas de tipo NiMH de capacidad nominal 2,1 Ah y de tensión nominal 12 V. Los valores de control de temperatura Tmin y Tmax son respectivamente iguales a -10°C y 40°C. Un primer intervalo asociado a una tensión de 14,5 V se define entre -10°C y -5°C, un segundo intervalo asociado a una tensión de 14,2 V se define entre -5°C y 0°C, y un tercer intervalo asociado a una tensión de 14 V se define entre 0°C y 40°C.

Con el fin de definir esta ventana en la que se permite la carga, dicho de otro modo, el criterio de fin de carga, los umbrales de tensiones y su intervalo de temperatura asociado se han determinado durante una fase de calibrado de la batería. La fase de calibrado se realiza preferentemente en una batería de calibrado durante ciclos de carga y de descarga a corriente constante, ciclos en los que las características de la batería están controladas (detección de fin de carga, integración de la capacidad cargada, etc.).

La fase de calibrado incluye en primer lugar el establecimiento de una curva de rendimiento representativa del rendimiento de la carga en función de la capacidad cargada en la batería. Esta curva de rendimiento puede establecerse por una sucesión de ciclos de carga y de descarga en la batería de calibrado. La variación entre la capacidad cargada en la batería y la capacidad suministrada por la batería durante una fase de descarga consecutiva a la carga permite establecer este rendimiento. Dicha curva se ilustra en la figura 4. En función de las baterías, la lectura de esta curva permite destacar un punto de ruptura de pendiente a la altura del cual cae el rendimiento global.

Este punto de ruptura de pendiente puede ser una selección de un valor de capacidad máxima de carga, y puede corresponder por ejemplo a una caída en un factor de dos de la pendiente de la curva de rendimiento. En la figura 4, este punto se sitúa aproximadamente a 2 Ah de capacidad cargada. Según las características de los ciclos, el nivel máximo del rendimiento varía, pero el aspecto general de la curva se conserva.

Según un ejemplo particular, la curva de rendimiento corresponde a un histograma ilustrado en la figura 5 que representa el rendimiento por intervalos de capacidad cargada, este punto corresponde así a una capacidad máxima de carga asociada a una caída de rendimiento. El rendimiento para un intervalo se determina entonces mediante dos ciclos de carga, seguido cada uno de una fase de descarga, usando la fórmula siguiente:

$$R_{gamaX;Y} = \frac{C_{descarY} - C_{descarX}}{C_{carY} - C_{carX}} \times 100 \qquad \textbf{Ecuación (1)}$$

siendo $R_{gamaX;Y}$ el valor en porcentaje del rendimiento del intervalo considerado definido por los valores Y X alcanzados respectivamente durante un primer y un segundo ciclo de carga, siendo Y superior a X,
C_{carxX} la capacidad en Ah suministrada a la batería durante el primer ciclo de carga,
$C_{descarX}$ la capacidad de la batería en Ah recuperada durante una fase de descarga consecutiva al primer ciclo de carga,
C_{carY} la capacidad en Ah suministrada a la batería durante el segundo ciclo de carga,
$C_{descarY}$ la capacidad de la batería en Ah recuperada durante una fase de descarga consecutiva al segundo ciclo de carga.

Por ejemplo, se realizó un primer ciclo de carga en el curso del cual la capacidad en Ah suministrada a la batería era igual a 2,81 Ah y fue posible recuperar 2,14 Ah durante la descarga. A continuación, se realizó un segundo ciclo de carga en el curso del cual la capacidad en Ah suministrada a la batería era igual a 3,21 Ah y fue posible recuperar 2,15 Ah durante la descarga. La inyección de estos datos en la ecuación (1) permite obtener:

$$R_{gama2,8;3,2} = \frac{C_{descar3,2} - C_{descar2,8}}{C_{car3,2} - C_{car2,8}} \times 100 = \frac{2,15 - 2,14}{3,2 - 2,8} \times 100 = 2,5\%$$

Al ser este rendimiento del 2,5% muy bajo, corresponde al hecho de que la energía es consumida casi toda por las reacciones parásitas que degradan físicamente la batería.

La elección del punto de capacidad máxima de carga para permitir la mejor longevidad de la batería no es trivial. Conviene determinar este punto analizando el rendimiento de la carga en función de la capacidad cargada con respecto a la capacidad nominal de la batería. En la figura 5, este punto se determina preferentemente por el intervalo que precede a una caída drástica del rendimiento. En el ejemplo particular de la figura, se trata del último intervalo que tiene un rendimiento de carga superior al 90%. En este último intervalo, se tomará preferentemente el límite inferior que corresponde en el ejemplo de la figura 5 a 1,8 Ah. Este valor de 1,8 Ah corresponde a la curva del 85% de la capacidad cargada en la figura 2.

La figura 5 se obtuvo realizando al menos diez intervalos entre 0 y la capacidad nominal de la batería. Un mínimo de diez intervalos permite observar mejor el punto de capacidad máxima de carga para su selección.

El valor obtenido con la curva de la figura 5 es inferior al de la curva de la figura 4. Así, la autonomía será más baja con capacidad máxima cargada de 1,8 Ah que de 2 Ah, aunque aumentará el tiempo de vida.

Una vez elegido el valor de capacidad máxima cargada (1,8 Ah en el presente ejemplo), este valor puede validarse realizando un ensayo de longevidad como el ilustrado por la figura 2 con el valor de capacidad máxima de carga y un valor superior.

El procedimiento de determinación del criterio de fin de carga incluye a continuación el establecimiento de al menos una curva de tensión representativa de la tensión de la batería en función de la capacidad cargada para una temperatura dada representativa de la temperatura de la batería. La figura 6 ilustra ocho curvas, de manera que cada curva representa la evolución de la tensión en voltios en función de la capacidad cargada de la batería en Ah, y está asociada a una temperatura (-10°C, ambiente, +40°C y +60°C) y a una corriente de carga (C/10 y C/40). Para una temperatura dada se tiene así un par de curvas, realizándose la primera curva del par durante una carga de 10 horas

y la segunda curva del par durante una carga de 40 horas. Se observa así que la influencia de la corriente de carga es baja cuando esta es baja.

Además, en el ejemplo particular de la figura 6, la gama de temperatura se limita a entre -10°C y 40°C. De hecho, la pendiente de la curva asociada a la temperatura de 60°C es tan baja en las proximidades del valor de 1,8 Ah que no es posible determinar el fin de carga.

A continuación, para cada temperatura se determina un umbral de tensión correspondiente al valor máximo de carga. El umbral puede determinarse a partir de la curva de tensión correspondiente, y el umbral de tensión es entonces representativo del criterio de fin de carga. Estos umbrales permiten realizar a continuación un gráfico del tipo mostrado en la figura 3 para formar la ventana en la que se permite la carga. El umbral de tensión, función de la temperatura, determina el criterio de fin de carga. Los datos representativos de la figura 3 pueden registrarse en una tabla de correspondencia que incluye varios intervalos de temperaturas, asociado cada uno a un umbral de tensión diferente. Más en particular, la tabla puede incluir una pluralidad de objetos, incluyendo cada objeto dos entradas, siendo una primera entrada representativa del intervalo de temperatura y una segunda entrada representativa de la tensión asociada a dicho intervalo.

La temperatura representativa de la batería puede ser determinada mediante una sonda 4 (figura 1) colocada en proximidad de los bornes de esta última o en esta última.

A modo de ejemplo particular de realización, conectando una batería electroquímica a base de níquel a un cargador provisto de un administrador de la carga de la batería, el cargador puede recargar la batería usando un criterio de fin de carga dependiente de la tensión y de la temperatura de la batería. Así, durante una fase de carga, se ejecuta un bucle de medida de la temperatura y de la tensión en los bornes de la batería y, en función de estas medidas, el cargador decide si continuar o no cargando la batería.

El uso de dicho procedimiento de carga permitirá reducir los mantenimientos de los sistemas autónomos que llevan a sustituir regularmente las baterías.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de determinación de un criterio de fin de carga de una batería (1) electroquímica a base de níquel **caracterizado porque** incluye:

- el establecimiento de una curva de rendimiento representativa del rendimiento de la carga en función de la capacidad cargada en la batería (1),
- la selección de un valor de capacidad máxima de carga correspondiente a una ruptura de pendiente de la curva de rendimiento,
- el establecimiento de al menos una curva de tensión representativa de la tensión de la batería en función de la capacidad cargada para una temperatura dada representativa de la temperatura de la batería (1),
- la determinación a partir de la curva de tensión correspondiente, para cada temperatura, de un umbral de tensión representativo del criterio de fin de carga, correspondiente a dicho valor de capacidad máxima de carga.

2. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado porque** incluye la realización de una tabla de correspondencia que incluye varios intervalos de temperaturas asociado cada uno a un umbral de tensión diferente.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** siendo la curva de rendimiento un histograma representativo del rendimiento en función de los intervalos de capacidad cargada, el valor de capacidad máxima de carga está comprendido en el último intervalo que tiene un rendimiento de carga superior al 90%.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el valor de capacidad máxima cargada corresponde al límite inferior del último intervalo.

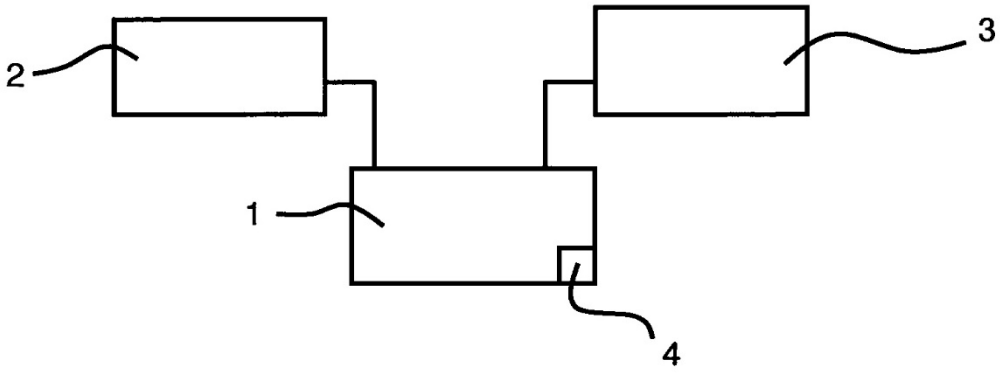

Figura 1

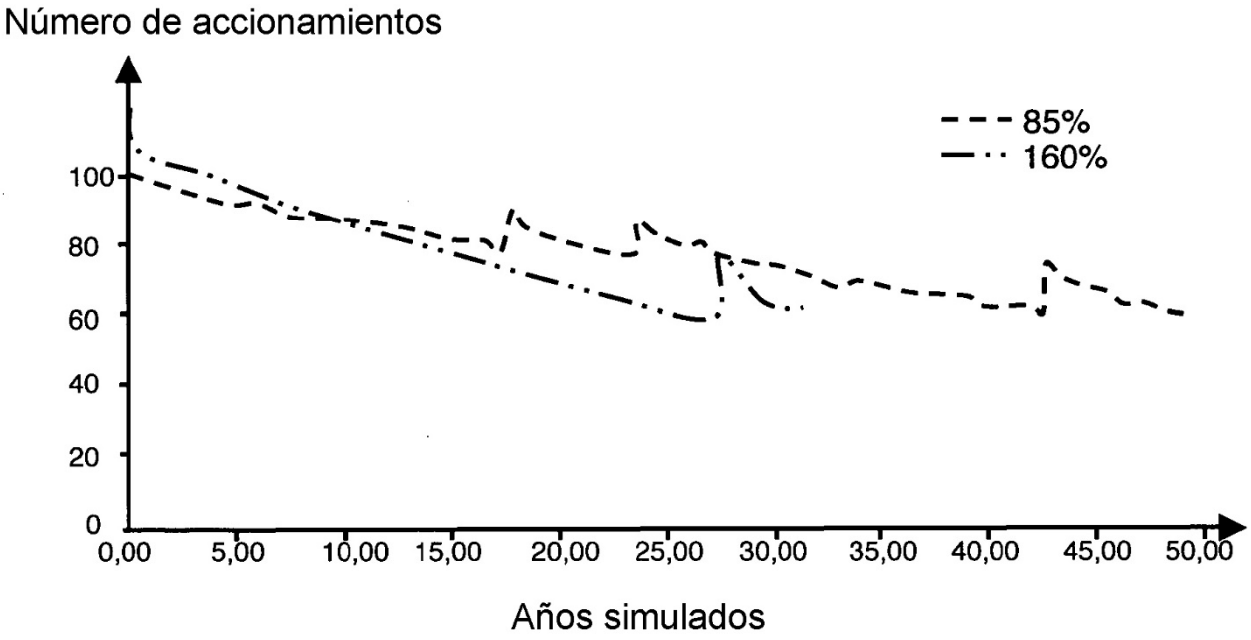

Figura 2

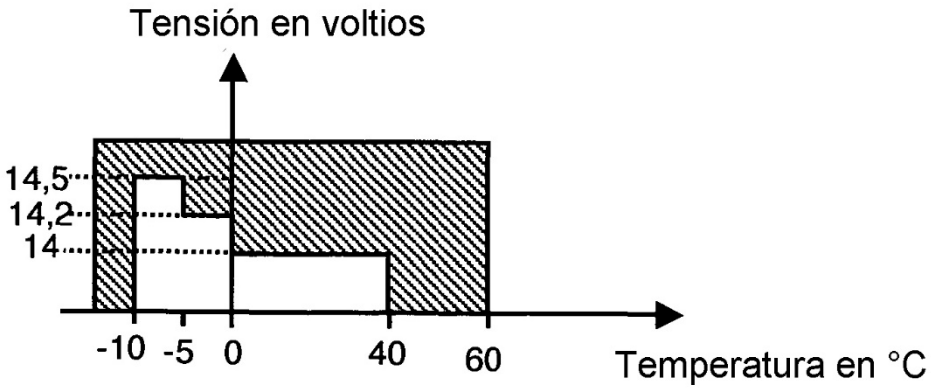

Figura 3

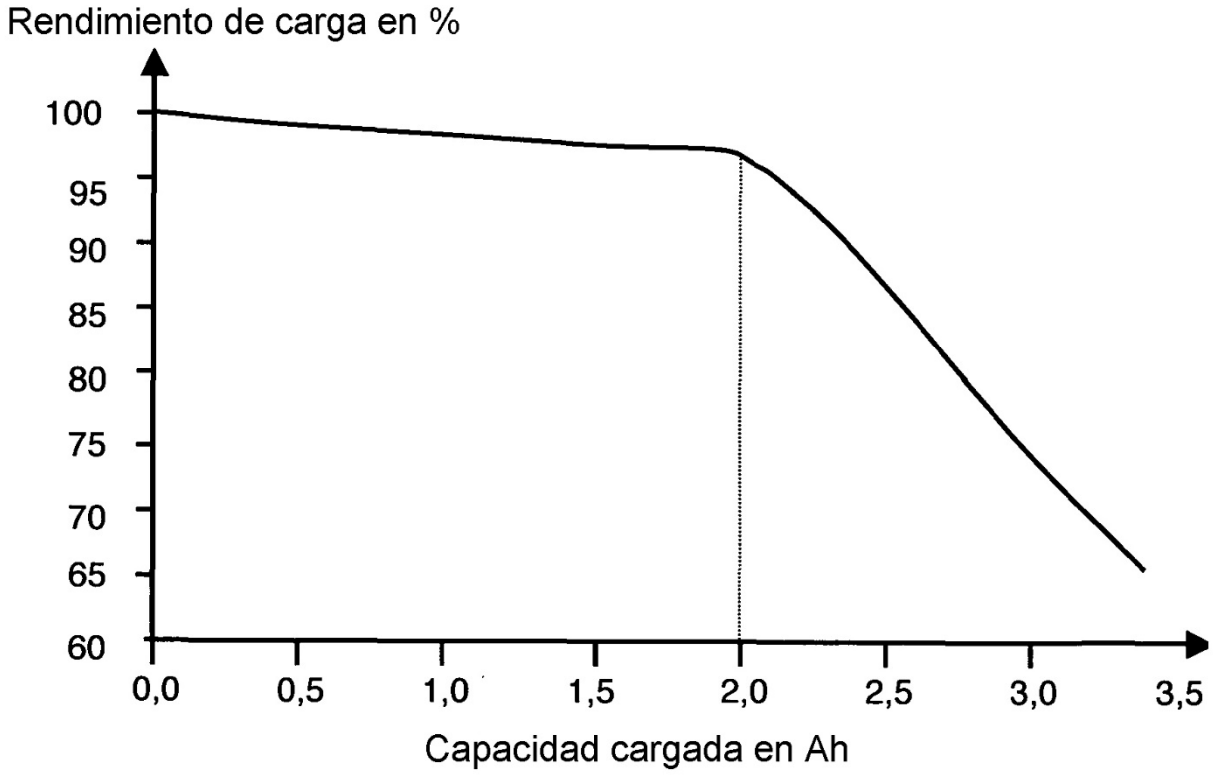

Figura 4

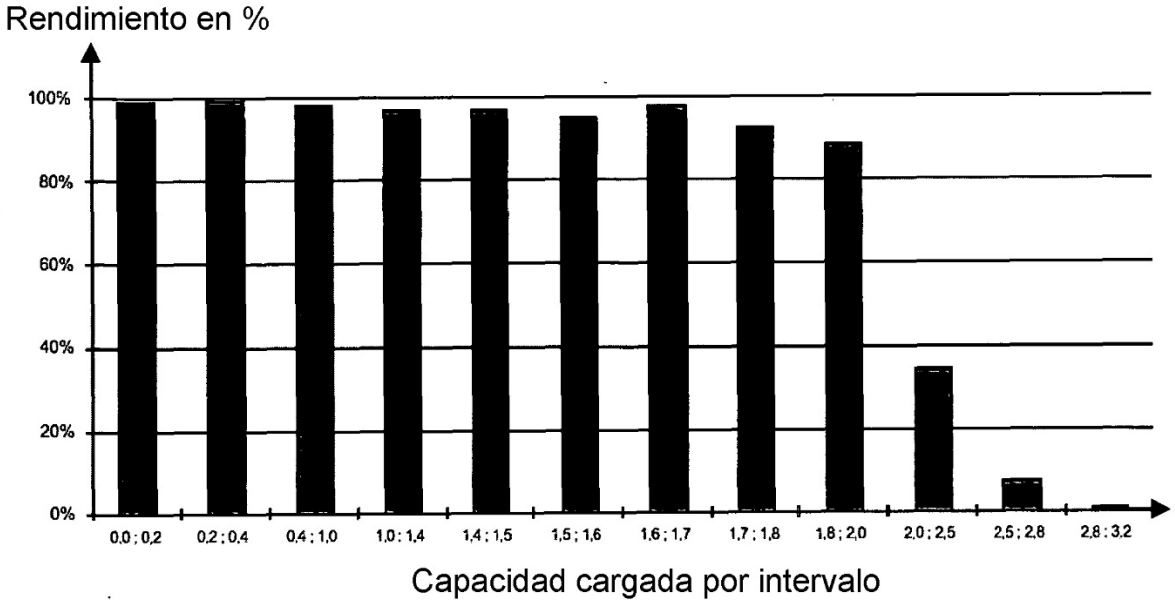

Figura 5

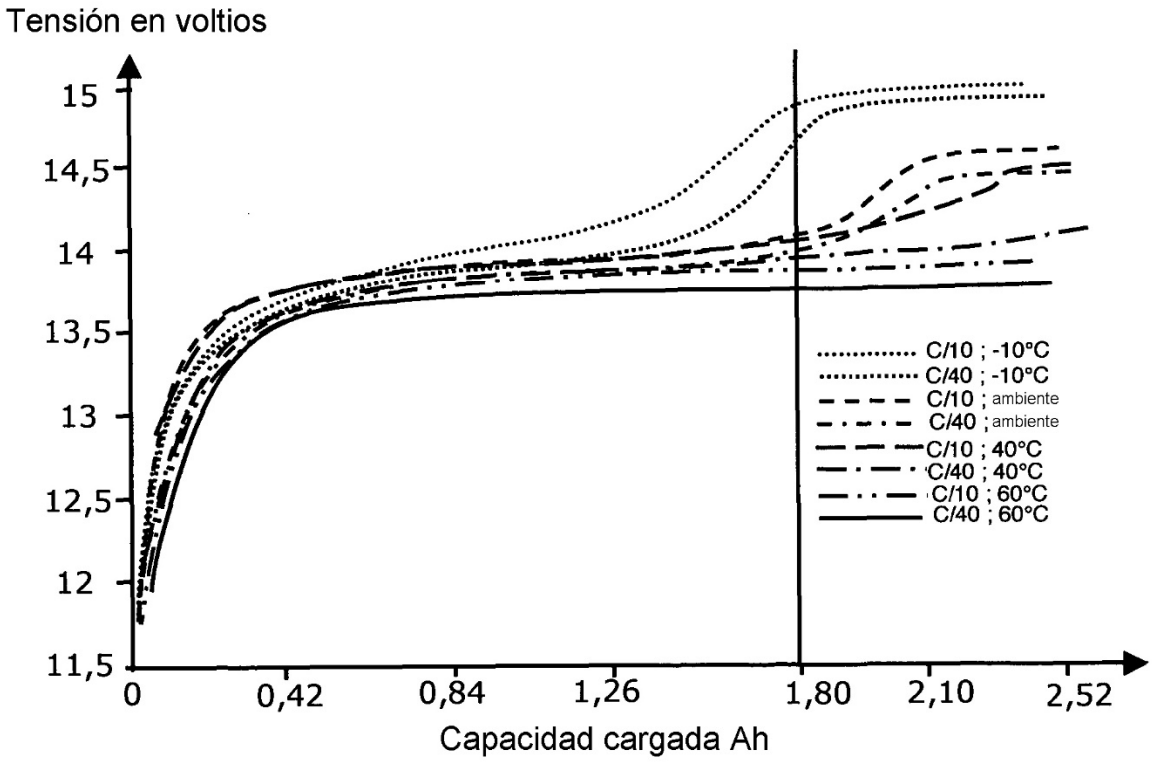

Figura 6