

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 495 716**

(21) Número de solicitud: 201330371

(51) Int. Cl.:

G01R 31/36 (2006.01)

H01M 10/48 (2006.01)

(12)

SOLICITUD DE PATENTE

A1

(22) Fecha de presentación:

14.03.2013

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

17.09.2014

(71) Solicitantes:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
(100.0%)**

**Jordi Girona, 31
08034 Barcelona ES**

(72) Inventor/es:

**CUADRAS TOMÀS, Àngel;
OVEJAS BENEDICTO, Victòria Júlia y
QUÍLEZ FIGUEROLA, Marcos**

(54) Título: **Método para determinar la degradación de sistemas con efecto Joule a partir del incremento de entropía**

(57) Resumen:

Método para determinar la degradación de sistemas con efecto Joule a partir del incremento de entropía. Se propone un método para determinar la degradación de sistemas afectados por efecto Joule (R_{DUT}) a partir de la evaluación de su entropía porque un sistema que disipa calor fruto de la circulación de corriente eléctrica experimenta una variación de entropía, susceptible de ser medida, y susceptible de ser un buen estimador del envejecimiento del sistema.

Se mide la tensión V_{DUT} que cae en el elemento resistivo R_{DUT} (ver Figura), la corriente que circula I_{DUT} y la temperatura que alcanza, se determina la potencia que disipa y la entropía que genera ΔS_{irr} . Se asocia la acumulación de entropía del elemento resistivo, modelizada como C_{irr} , al envejecimiento del sistema. Fijado un umbral límite, se determina el final de la vida útil. Con este método no es necesario conocer la historia del elemento estudiado. Para elementos resistivos de sistemas de almacenaje, el método tiene en cuenta la generación de entropía reversible S_{rev} .

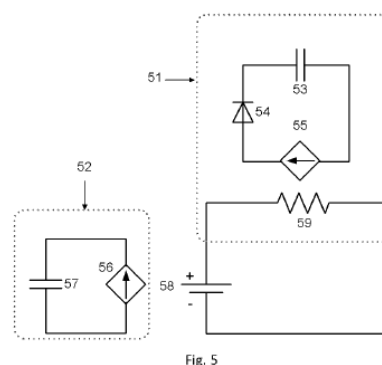


Fig. 5

DESCRIPCIÓN

Método para determinar la degradación de sistemas con efecto Joule a partir del incremento de entropía.

5 **Campo de la invención**

Sistemas conductores (resistencias, líneas eléctricas, dispositivos electrónicos)

Sistemas de almacenaje (baterías y supercondensadores).

Antecedentes de la invención

10 La degradación interna de los sistemas eléctricos incide directamente en su rendimiento y su vida útil. La cuantificación de esta degradación suele realizarse mediante el estudio de desviaciones estadísticas, o bien a partir de la desviación de las medidas de ciertos parámetros respecto de sus valores nominales. Desde el punto de vista estadístico, hay múltiples funciones que describen la fiabilidad y el desgaste de
15 elementos eléctricos y electrónicos [1]. Por ejemplo, la distribución estadística de Weibull describe correctamente la fiabilidad para sistemas electrónicos. Sin embargo, estos enfoques no están conectados directamente con una propiedad física del material, son meramente modelos de ajuste de tendencias [2] .

Desde el punto de vista de desviación de medidas, los parámetros que se miden
20 comúnmente en sistemas eléctricos son tensión, corriente, resistencia, conductividad y temperatura, pero excepto la resistencia en algunos casos, ninguno se asocia directamente a envejecimiento.

La entropía termodinámica es un parámetro escasamente monitorizado en sistemas eléctricos, aunque puede ser de interés debido a su relación con procesos irreversibles y por tanto, degradación y envejecimiento. Cabe destacar que el término entropía se
25 utiliza en otros campos, donde su caracterización y medida sí es habitual. En este documento el término entropía se referirá únicamente al campo termodinámico, tanto macro como microscópico.

La entropía es un parámetro físico que describe la irreversibilidad de procesos desde
30 un punto de vista macroscópico y el desorden desde un punto de vista microscópico. Es un parámetro bien conocido, caracterizado y estudiado. La termodinámica, y en particular la termodinámica de procesos irreversibles, podría ofrecer una visión física

de la fiabilidad y la degradación pero son pocos los trabajos realizados para conectar ingeniería eléctrica y termodinámica [3][4].

Aún así, no se conocen equipos portátiles que midan directamente variaciones de entropía de sistemas. Porcellato [5] propone un método para determinar la potencia que se disipa en una batería basado en la diferencia entre la tensión de circuito abierto y la tensión de carga, y lo usa para determinar el estado de carga a partir de datos pregrabados. El balance térmico de conservación de calor, con los efectos térmicos para evaluar la vida de la batería se han tenido en cuenta [6]. Finalmente, la generación de entropía se considera en computación adiabática [7], donde la disipación de calor se mantiene en un mínimo, pero no se considera como un parámetro de caracterización del sistema.

La entropía de una resistencia se ha estudiado en profundidad [8] . De hecho, la generación de entropía en un cable cuando fluye corriente eléctrica es un problema clásico bien estudiado en termodinámica [9], pero su aplicación a la electrónica y electricidad no se ha generalizado.

Otros elementos cuya degradación interesa estudiar son las baterías recargables, puesto que su capacidad disminuye con el envejecimiento y ciclado (ciclos de recarga). En estos elementos se produce una reacción química reversible, en la cual aparece una contribución de entropía reversible que representa la absorción de calor o emisión de calor de la reacción [9]. Este término (ΔS_{rev}) se define como:

$$\Delta S_{rev} = F \frac{\partial V_{oc}}{\partial T} \quad (1)$$

Donde V_{oc} es la tensión en circuito abierto y F la constante de Faraday. Esta entropía sí ha sido utilizada para caracterizar el estado de salud (SoH) y el estado de carga (SoC) [10, 11] de baterías. Para baterías de litio, donde la reacción tiene lugar en fase sólida, también engloba efectos de entropía configuracional, relacionada con cambios de fase y orden [11]. Tsuruta [12] también ha usado la ecuación (1) para estudiar la degradación de la batería, limitando pues el estudio a la entropía reversible.

Recientemente la medida de entropía se ha utilizado también en estudios de ruptura mecánica, y se ha utilizado para proponer un umbral límite de ruptura. En este caso la generación de calor se debe a la tensión mecánica [13].

5 Base termodinámica del método propuesto

La entropía es una función termodinámica de estado, intrínseca y extensa, que describe procesos irreversibles. Por lo tanto, la medición de su comportamiento en los sistemas eléctricos puede ayudar a entender su desgaste. Se desarrolla la base teórica para sistemas resistivos y baterías.

10 El cambio de entropía, ΔS , se define como

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} \quad (2)$$

Donde Q es el calor transferido y T la temperatura del proceso [14]. En la práctica, sólo es posible medir variaciones de entropía entre los estados inicial y final. El trabajo inyectado en el elemento resistivo es

$$E = \int P dt = \int I \cdot V dt \quad (3)$$

que disipa por efecto Joule. P es la potencia disipada en el dispositivo debido a efecto Joule suponiendo alimentación DC, pero fácilmente extensible a alimentación AC. El calor generado Q_p se puede dividir en dos componentes, uno de transferencia al entorno Q_{env} y otro que afecta a la misma estructura física W_{dev} , pudiéndose escribir:

$$E = Q_p = W_{dev} + Q_{env} \quad (4)$$

25

Así, la entropía que se genera en el dispositivo parcialmente se acumula en sí mismo (ΔS_{dev} siempre una función monótona creciente) y parcialmente se transfiere al entorno, ΔS_{env} [2]. La entropía de intercambio con el entorno ΔS_{env} se define como

$$\Delta S_{env} = \int \frac{\delta Q_{env}}{T} \quad (5)$$

30

y la entropía generada dentro del sistema, (ΔS_{dev}), es

$$\Delta S_{dev} = \int \frac{dW_{dev}}{T} \quad (6)$$

- 5 Este término ΔS_{dev} refleja el proceso irreversible que sufre la resistencia, por lo que su seguimiento es conveniente para prever la degradación de la misma.

Finalmente,

$$\Delta S = \Delta S_{dev} + \Delta S_{env}$$

10 (7)

Si se supone que el sistema es adiabático el término de intercambio ΔS_{env} es cero y el aumento de entropía se debe únicamente a ΔS_{dev} . Ahora, utilizando (7) y la relación de trabajo (E) y la potencia (P) a través del tiempo como $P = dE/dt$, podemos escribir la

- 15 entropía ΔS para circuitos resistivos como[15]:

$$\Delta S = \int S_{rate} dt = \int \frac{P}{T} dt \quad (8)$$

Donde T es la temperatura instantánea [14] y S_{rate} es la ratio de generación de entropía

20

$$S_{rate} = \frac{dS}{dt} \quad (9)$$

que es un parámetro útil para un sistema cerrado en el que la temperatura no es constante.

- 25 Para el caso de baterías, los efectos térmicos también han sido ampliamente estudiados [16, 17]. En este caso, a la energía total suministrada (4) se le debe añadir el término relativo a la entropía reversible derivado de (1)

$$E_{BAT} = W_{stored} + Q_P + Q_S \quad (10)$$

30

donde la energía suministrada a la batería durante la carga o la descarga es E_{BAT} , la almacenada es W_{stored} y Q_p y Q_s serán los términos térmicos [16]. Expresado en términos de potencia dQ_p / dt representa el calor disipado por el efecto Joule (es el mismo término descrito para el caso de la resistencia) debido a la diferencia de tensión entre la tensión en circuito abierto (V_{power}) y la tensión de la batería (V_{out}). Puede ser escrito como el cuadrado de la corriente multiplicado por la resistencia interna (R_η):

$$\frac{dQ_p}{dt} = (V_{power} - V_{out}) \cdot I = I^2 \cdot R_\eta \quad (11)$$

donde, I es la corriente que fluye a través de la batería. Q_p es definida positiva durante la carga y la descarga. dQ_s/dt , también llamado calor reversible, se deriva de (1) y puede ser positivo o negativo

$$\frac{dQ_s}{dt} = -T_{cell} \cdot \Delta S \cdot \frac{I}{Z} = -T_{cell} \cdot \frac{dV_{power}}{dT} \cdot I \quad (12)$$

Finalmente, para una batería, el intercambio de calor con el entorno dQ_{env}/dt se aproxima por un problema de primer orden [16]:

$$\frac{dQ_{env}}{dt} = A \cdot h \cdot (T_{cell} - T_{room}) \quad (13)$$

Donde, A es el área de la superficie de la batería, h es el coeficiente de transferencia de calor de la batería y T_{room} es la temperatura ambiente. En el caso particular de proceso adiabático o proceso isotérmico, (es decir $T_{cell} = T_{room}$) este término puede despreciarse.

Base eléctrica del método de medida

Un sistema eléctrico por el que circula una corriente disipa una potencia eléctrica que produce un calentamiento del mismo, lo que se conoce por efecto Joule. Este calor disipado produce un aumento de la temperatura del elemento y comúnmente, del entorno. De acuerdo con el apartado anterior, un sistema que disipe calor fruto de la circulación de corriente eléctrica experimentará una variación de entropía, susceptible

de ser medida, y susceptible de ser un buen estimador del envejecimiento del mismo sistema.

Lista de referencias citadas en la invención.

- 5 [1] E.A. Elsayed, Reliability Engineering, Wiley, 2006, .
- [2] C. Basaran, M. Lin and H. Ye, "A thermodynamic model for electrical current induced damage," Int.J.Solids Structures, vol. 40, pp. 7315-7327, 2003.
- [3] Charles W. Lewis and John J. Bohrer, "Physics of Resistor Failure," in Physics of Failure in Electronics, 1962. First Annual Symposium on the, pp. 11-19, 1962.
- 10 [4] E. Miranda, D. Jimenez and J. Suñe, "Progressive breakdown dynamics and entropy production in ultrathin SiO₂ gate oxides," Appl.Phys.Lett., vol. 98, pp. 253504, 2011.
- [5] D. Porcellato and C. Maugy, "Electric battery's e.g. nickel metal hydride battery, dissipated power estimation device for e.g. electric/hybrid motor vehicle, has module to calculate power from difference between thermoneutral voltage and voltage at
- 15 battery terminals." FR2877731-A1 12 May 2006 G01R-031/36 200636 Pages: 25.
- [6] Y. OSAWA, "Electric vehicle transit range calculation method - involves computing battery temperature repeatedly from computed calorific value of battery and predetermined specific heat of battery until terminal voltage of battery exceeds predetermined value." JP10108301-A 24 Apr 1998 B60L-003/00 199827 Pages: 5.
- 20 [7] A.A. Feinberg and A. Widom, "On thermodynamic reliability engineering," Reliability, IEEE Transactions On, vol. 49, pp. 136-146, 2000.
- [8] E. Sanchez-Sinencio and A.G. Andreou Eds., Low-Voltage/Low Power Integrated Circuits and Systems, USA: 1998, pp. 562.
- [9] M.W. Zemansky and R.H. Dittman, Heat and Thermodynamics, USA: McGraw-Hill,
- 25 1990, .
- [10] Y. Reynier, J. Graetz, T. Swan-Wood, P. Rez, R. Yazami and B. Fultz, "Entropy of li intercalation in Li_xCoO₂," Physical Review B, vol. 70, pp. 174304, NOV. 2004.
- [11] R. Yazami, J. McMenamin and Y. Reynier, "A Battery State of Health Assessment System," US Patent, vol. WO/2010/105,062, 16.09.2010. 2010.
- 30 [12] S. Tsuruta and K. Yanagida, "Secondary battery i.e. lithium ion secondary battery, evaluating method, for mobile information equipment, involves evaluating secondary

battery based on entropy variation and chemical diffusion coefficient." March 31, 2011. 2011.

[13] M. Naderi and M.M. Khonsari, "Thermodynamic analysis of fatigue failure in a composite laminate," *Mech.Mater.*, vol. 46, pp. 113-122, 3. 2012.

5 [14] A. Bejan, *Advanced Engineering Thermodynamics*, New Jersey, USA: Wiley, 2006, .

[15] K. Onda, H. Kameyama, T. Hanamoto and K. Ito, "Experimental study on heat generation behavior of small lithium-ion secondary batteries," *Journal of the Electrochemical Society*, vol. 150, pp. A285-A291, Mar. 2003.

10 [16] K. Onda, M. Nakayama, K. Fukuda, K. Wakahara and T. Araki, "Cell impedance measurement by Laplace transformation of charge or discharge current-voltage," *J.Electrochem.Soc.*, vol. 153, pp. A1012-A1018, 2006.

[17] V. Viswanathan, "Effect of entropy change of lithium intercalation in cathodes and anodes on Li-ion battery thermal management," *J.Power Sources*, vol. 195, pp. 3720-3729, 2010.

15 [18] R. Haase, *Thermodynamics of Irreversible Processes*, New York: Dover Publications Inc., 1990, .

[19] B. Fultz, Y. Reynier, J. Graetz, T. Swan-Wood, P. Rez and R. Yazami, "Origin of the entropy of intercalation of Li into Li_xCoO_2 ," *Advanced Materials for Energy Conversion II*, pp. 311-316, 2004.

20

Descripción de la invención

La invención propone un método para determinar la degradación o envejecimiento de elementos en los cuales se produce efecto Joule. La conversión de energía eléctrica en calor produce un aumento de entropía del sistema, incremento que se puede medir.

25 El método para medir el envejecimiento consiste en:

1) Para cada instante de tiempo (t), medir la tensión (V) que cae en el elemento, la corriente que circula por el elemento (I), y la temperatura del elemento (T).

2) A partir de los valores medidos, determinar la variación de entropía de acuerdo con las expresiones (5-6) y (8) para resistencias y (11-13) para baterías.

30 3) La variación de entropía irreversible del sistema es una función creciente monótona. Cuando la variación de entropía supere un umbral prefijado, se habrá agotado la vida útil del elemento.

Exposición detallada del método aplicado a dos casos: a) el caso de la resistencia y b) el caso de la batería.

5

El método de medida se ha evaluado en dos aplicaciones, resistencias electrónicas de carbono y baterías recargables de litio. En ambos casos se verifica que el método funciona. Se detalla la implementación del método para ambos casos y los resultados obtenidos.

10 **a) Medida de degradación en resistencias**

A una resistencia (R_{DUT} 15) de carbón de $10\ \Omega$ y $0,25\ W$ se conecta a una fuente de tensión 11 a través de un divisor de tensión (resistencia 14 junto con resistencia 15). Se mide la tensión que cae en 15 y se obtiene la corriente a partir de la caída de tensión 12 en 14 y su valor conocido y fijo de acuerdo con el esquema de la Fig. 1. Se mide la

15 temperatura con un termistor 16 (conectado a una resistencia 13 que forma un divisor de tensión con 16) y se guardan los datos mediante un sistema de adquisición 18. A partir de estas medidas, tensión 12 y temperatura 17, se estima la potencia que disipa en forma de calor, por efecto Joule. Junto con la variación de temperatura y a partir de estos datos se calcula la entropía de acuerdo con la ecuación (8). La resistencia 15 se

20 ha colocado en un medio aislante térmico para fijar condiciones de trabajo adiabáticas. En el caso de medidas adiabáticas, todo el calor inyectado revierte en entropía. En caso que de que haya intercambio de calor con el exterior del sistema estudiado, se debe descontar la entropía transferida al entorno, de acuerdo con la ecuación (5).

Estas medidas se pueden implementar fácilmente en sistemas autónomos de bajo

25 consumo con un microcontrolador que gestione el procesado de datos. En particular, se ha ensayado con una plataforma de estas características, pero es extrapolable a cualquier sistema de adquisición, de acuerdo con las capacidades del sistema donde se incorpore la monitorización de entropía.

Se inyectan corrientes continuas y corrientes pulsadas. En todos los casos se observa

30 un crecimiento monótono de la entropía.

La Fig. 2 ilustra un modelo termoelectrico 25 de la resistencia 21. Cuando circula una corriente por 21 se produce disipación por efecto Joule, que lleva asociado un

incremento de entropía irreversible modelizado con una fuente de corriente de entropía 22. La irreversibilidad se modeliza con un diodo 23. Esta entropía es acumulativa, lo que se representa con un elemento de almacenaje 24 (C_{irr})

Las medidas obtenidas en resistencias (Fig. 3 y Fig. 4) confirman la validez del método.

- 5 En ellas se observa un aumento de la tasa de generación de entropía 32 (representado como S_{rate} (mWK^{-1})) en función del tiempo 31 representado en horas.

b) Medida de degradación de baterías

- En este caso, la evaluación del método se ha llevado a cabo con una batería Varta
10 Microbattery LIP 533048AJ, que es del tipo $LiCoO_2$ y dispone de un termistor interno. Se han usado dos celdas equivalentes, una nueva y una ciclada ya hasta que la capacidad ha alcanzado el 80 % de su capacidad original, umbral de aceptación de vida útil para muchas aplicaciones.

- El primer paso es determinar la potencia disipada en la batería. Por ello se ha
15 determinado la tensión en circuito abierto, sin carga alguna y para diferentes estados de carga de la batería; la tensión de la celda durante el proceso de carga y descarga, y la corriente de carga o descarga de la batería. Durante la carga y la descarga se ha monitorizado la temperatura con el termistor interno.

- A partir de las ecuaciones (8, 11-13), se determina la potencia disipada, la generación
20 de entropía reversible e irreversible y la variación de entropía de la batería. Se ha asumido que la generación de entropía se lleva a cabo a nivel local (aproximación continua), en un proceso cuasiestático [18] y puesto que existen pequeñas variaciones de temperatura, la entropía total se obtiene integrando la potencia disipada por el volumen de la batería.

- Así, la variación de entropía no es sólo debida a la entropía reversible descrita en (12)
25 como generalmente se describe [10, 19], sino que también tiene una componente irreversible. Este aumento de entropía se relaciona con la degradación o envejecimiento de la batería y se debe a la disipación térmica durante los procesos de carga y descarga. Es evidente que la reacción de carga de la batería tiene una
30 componente irreversible, que es el motivo de su vida útil limitada.

La Fig. 5 ilustra un modelo eléctrico equivalente capaz de describir la generación y acumulación de entropía, tanto reversible 52 como irreversible 51, de acuerdo con el

método propuesto. La generación está representada por dos generadores de entropía: uno reversible 56 (ΔS_{rev}) asociado a la fuente de tensión 58 y el otro irreversible 55 (ΔS_{irr}) debido a efectos disipativos asociados a la resistencia disipativa 59. Esta entropía se almacena en dos unidades de almacenamiento de entropía: C_{rev} almacena la entropía reversible 57 y C_{irr} almacena la entropía irreversible 53. Mientras que la irreversibilidad es acumulativa, la entropía reversible se anula para un proceso completo de carga y descarga. El diodo 54 representa la dirección del flujo de entropía, y por tanto, la irreversibilidad. En conclusión, la entropía almacenada en C_{irr} se convierte así en un estimador del SoH de la batería. Esto concuerda con el hecho que la entropía S es una función de estado, y por tanto, su valor es independiente de cómo se cargan o descargan las baterías.

La Fig. 6 ilustra los resultados obtenidos con el método propuesto de entropía reversible e irreversible. Durante la carga, la entropía reversible 62 (ΔS_{rev} expresada en JK^{-1}) varía significativamente con el SoC 61, tal como se señala en [10, 19]. Se observan diferencias entre la entropía para la batería nueva, irreversible 63, reversible 64 y para la entropía para la batería ciclada, irreversible 65 y reversible 66.

El método permite observar que también es dependiente del SoH. Durante la descarga, la entropía reversible es casi idéntica en magnitud a la de carga, (tal como se desprende de la definición de proceso reversible Fig. 7). Por contra, el SoH muestra una mayor influencia sobre la entropía irreversible durante la descarga que durante la carga.

De acuerdo con el modelo de la Fig. 5, ΔS_{rev} se almacena en C_{rev} , disminuyendo durante la carga y se compensa durante la descarga. Por el contrario, ΔS_{irr} se almacena en C_{irr} y aumenta tanto durante la carga como durante la descarga. Como consecuencia, la batería envejece.

La Fig. 7 se representa la variación de entropía 62 (ΔS_{total} expresada en JK^{-1}) y se compara la entropía total para la batería nueva 68 con la entropía total de la batería ciclada 67. Se observa el hecho que no hay dependencia con el SoH para el proceso de descarga, pero sí para el SoC.

La variación de entropía en C_{irr} para la batería nueva y la batería ciclada hasta el 80% de su capacidad original es de $1,79 \text{ JK}^{-1}$ y $2,50 \text{ JK}^{-1}$ respectivamente. El método permite detectar un envejecimiento de la batería.

- 5 Dado que en ciertas aplicaciones (como por ejemplo, el vehículo eléctrico) se considera que un envejecimiento del 80 % ya no permite usar la batería, este método permite establecer $2,50 \text{ JK}^{-1}$ como la entropía límite que lleva a esta batería a una capacidad que corresponde a un 80% de su capacidad original.

Breve descripción de los dibujos

- 10 Figura 1 – Esquema eléctrico del montaje experimental.
 Figura 2 – Modelo equivalente de generación irreversible de una resistencia.
 Figura 3 – Evolución de entropía en función del tiempo para señales pulsadas de 0,6 W, 300 s de inyección y 150 de reposo. Hasta las 20 horas, se observa un incremento suave mientras que a partir de las 20 h la degradación aumenta significativamente.
- 15 Figura 4 – Variación de entropía para el caso de inyección continua de 2 W. Se observa un aumento gradual y constante en el tiempo.
 Figura 5 – Modelo generalizado de degradación de sistemas por efecto Joule para sistemas sin generación entropía reversible (resistencias) y para sistemas con generación de entropía reversible (baterías).
- 20 Figura 6 – Comparación entre la entropía reversible S_{rev} e irreversible S_{irr} durante la carga (izquierda) y alta (derecha) para una batería nueva y una ciclada al 80 %.
 Figura 7 – Comparación de la entropía total para una batería nueva y una batería ciclada al 80 % durante un ciclo de carga y descarga.

REIVINDICACIONES

1- Método de medida del envejecimiento de sistemas en los que se produce efecto Joule que comprende

- 5 1.1) Medir la potencia absorbida por el sistema y la temperatura del sistema.
- 1.2) Determinar la tasa de generación de entropía S_{rate} a partir de la ecuación

$$S_{\text{rate}} = \frac{P}{T}$$

Donde P es la potencia absorbida, T la temperatura a la que se mide y S_{rate} la generación de entropía que se produce en el sistema.

- 1.3) Determinar la generación de entropía S del sistema a partir de la ecuación

$$\Delta S = \int S_{\text{rate}} dt = \int \frac{P}{T} dt$$

- 10 Donde P es la potencia absorbida, T la temperatura a la que se mide y S_{rate} la generación de entropía que se produce en el sistema.

- 2 – Método de medida del envejecimiento de sistemas, según reivindicación 1, caracterizado porque se fija un umbral de variación de la tasa de generación de entropía (S_{rate}) para el sistema estudiado que permite decidir si la medida obtenida de acuerdo con el método descrito en 1, supera este umbral y en consecuencia se considera que el sistema ha llegado al umbral de su vida útil.

- 3 – Método de medida del envejecimiento de sistemas, según reivindicación 1, caracterizado porque se fija un umbral de variación de la generación de entropía (ΔS_{rate}) para el sistema estudiado que permite decidir si la medida obtenida de acuerdo con el método descrito en 1, supera este umbral y en consecuencia se considera que el sistema ha llegado al umbral de su vida útil.

4 – Método de medida del envejecimiento de baterías, según reivindicaciones 1, 2 y 3 por la que se determina la entropía de la batería como parámetro característico de su envejecimiento según la ecuación

$$\Delta S = \int S_{\text{rate}} dt = \int \frac{P}{T} dt$$

- 25 donde P es la potencia absorbida, que en condiciones adiabáticas o isotérmicas se puede aproximar por

$$P = (V_{\text{power}} - V_{\text{out}}) \cdot I$$

donde V_{power} es la tensión de la batería en circuito abierto, V_{out} la tensión de la batería en carga e I la corriente de carga o descarga de la batería.

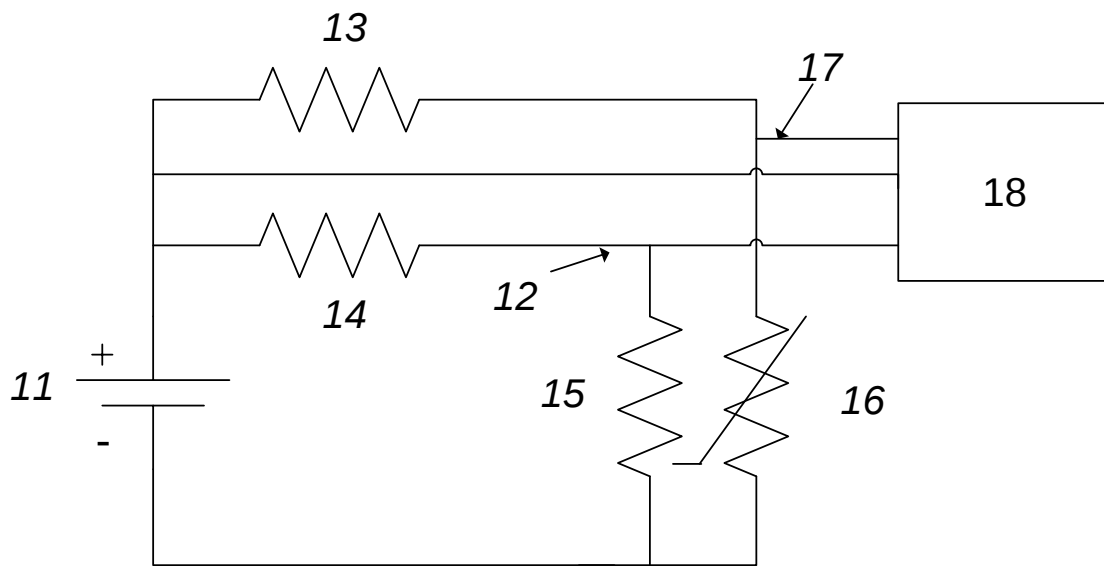


Fig. 1

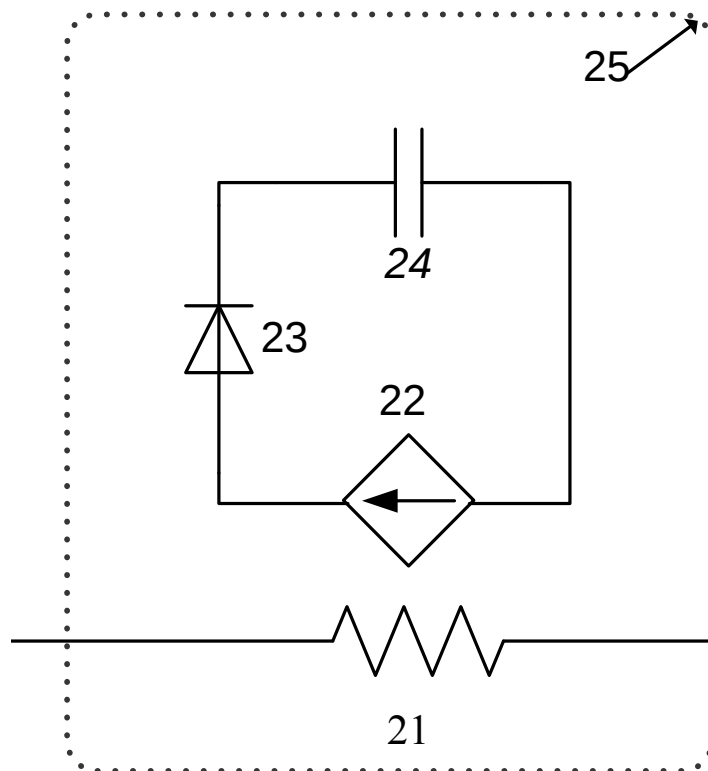


Fig. 2

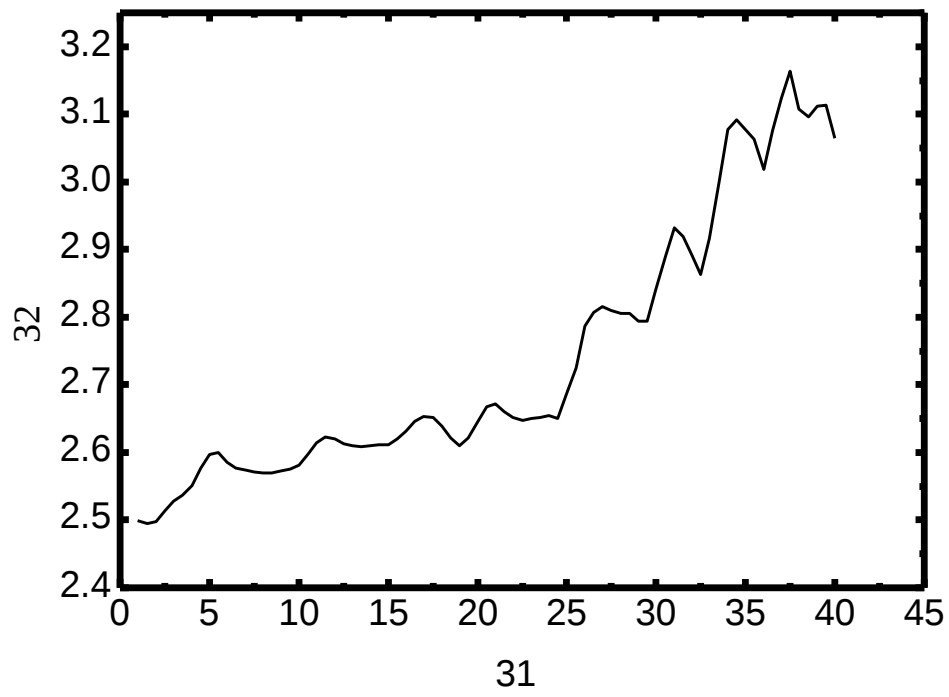


Fig. 3

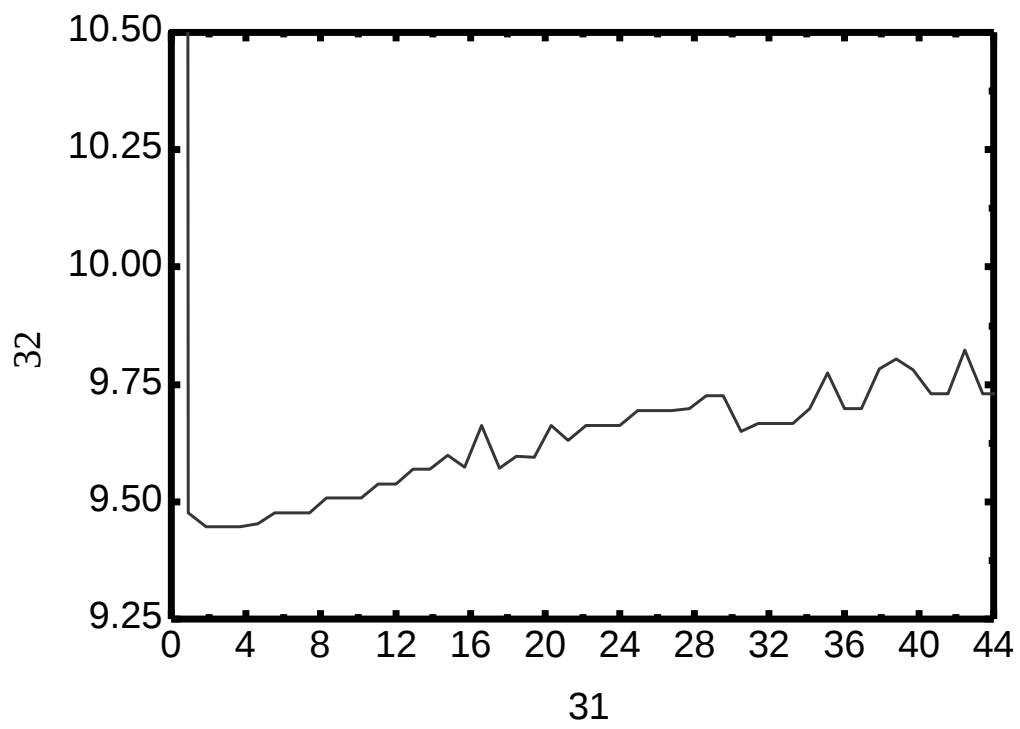


Fig. 4

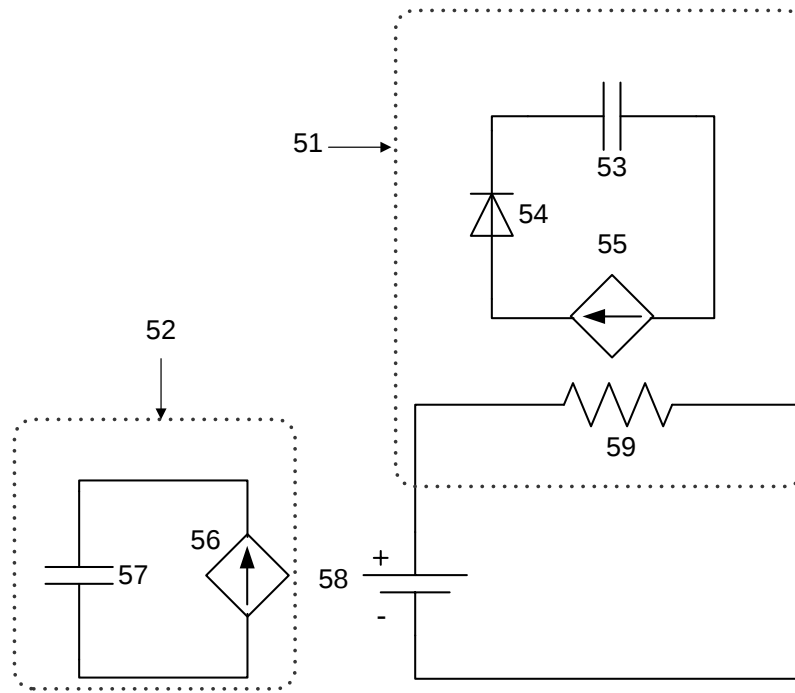


Fig. 5

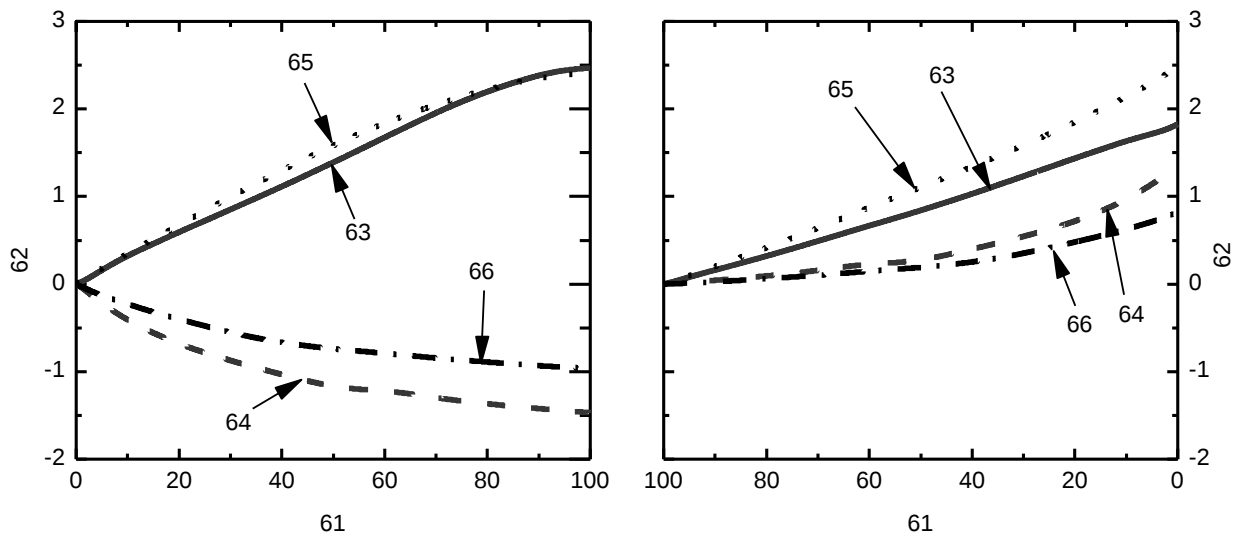


Fig. 6

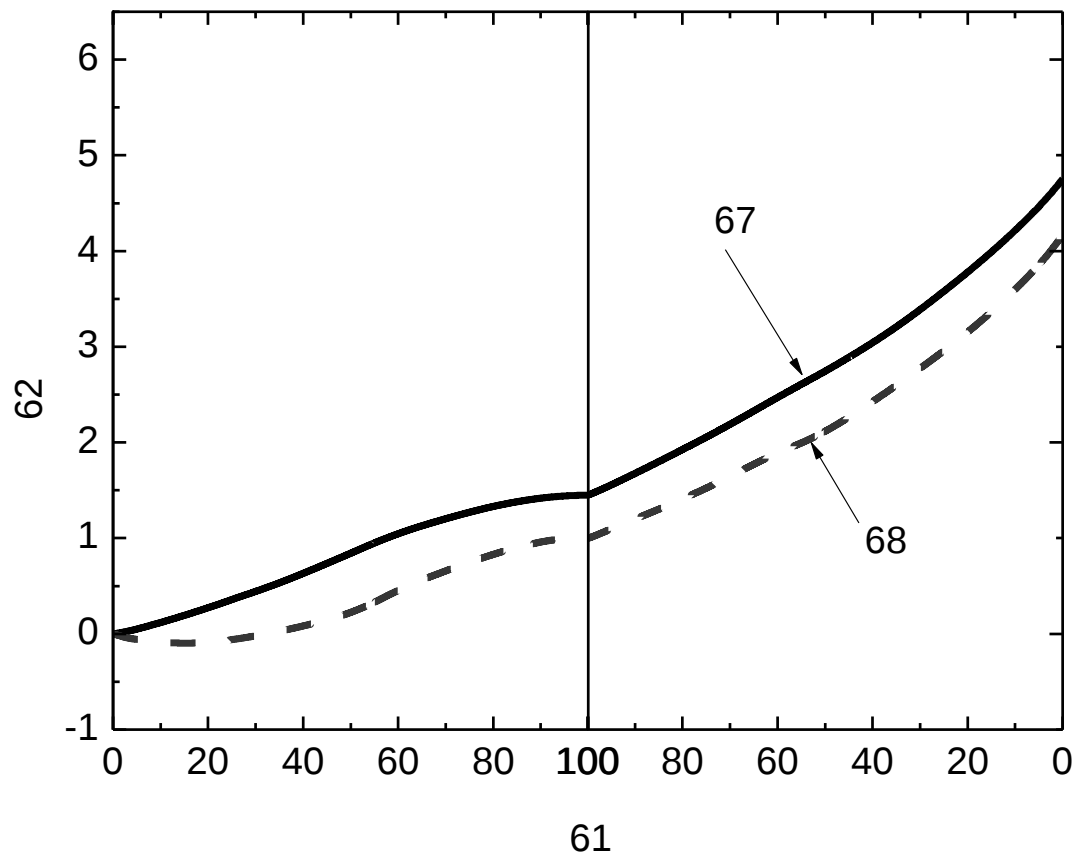


Fig. 7



- ②① N.º solicitud: 201330371
②② Fecha de presentación de la solicitud: 14.03.2013
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G01R31/36** (2006.01)
H01M10/48 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	ZEMANSKY et al. Calor y Termodinámica. 6ª Edición. McGraw-Hill México, 1984. ISBN: 84-85240-85-5. Capítulo 8, en particular páginas 203-206.	1-4

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
07.05.2014

Examinador
E. P. Pina Martínez

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01R, H01M

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 07.05.2014

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-4	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-4	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ZEMANSKY et al. Calor y Termodinámica. 6ª Edición.	1984

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El problema que se plantea en la solicitud se refiere a la determinación del envejecimiento de un sistema eléctrico mediante la medida de la entropía del sistema, definida en su forma habitual como:

$$\Delta S = \int \frac{P}{T} dt$$

siendo P la potencia eléctrica absorbida por el sistema.

En la medida en que el envejecimiento de un sistema eléctrico tal como una resistencia o una batería, es un proceso irreversible, es una consecuencia directa de la propia definición del concepto de entropía que la determinación de ésta proporcione una medida de dicho envejecimiento o degradación.

Por tanto se considera que las reivindicaciones no comprenden materia que no sea del conocimiento común en el campo de la Termodinámica, representado en este caso por el documento D01.

En consecuencia, las reivindicaciones 1-4 no satisfacen el requisito de actividad inventiva tal y como se establece en el Art. 8.1 de la ley de Patentes 11/86.

En conclusión, la solicitud no satisface los requisitos de patentabilidad del Art. 4.1 de la ley 11/86.