



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 994 652**

⑮ Int. Cl.:

G01R 31/36 (2010.01)

G01R 31/367 (2009.01)

G01R 31/392 (2009.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑥ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.07.2019 PCT/FR2019/051784**

⑦ Fecha y número de publicación internacional: **23.01.2020 WO20016522**

⑨ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2019 E 19759641 (4)**

⑩ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2024 EP 3824305**

⑪ Título: **Procedimiento y dispositivo de determinación de una duración límite de utilización de una batería**

⑩ Prioridad:

17.07.2018 FR 1856605

⑪ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.01.2025

⑬ Titular/es:

SAFRAN ELECTRICAL & POWER (100.00%)
Parc d'Activité Andromède 1 rue Louis Blériot CS
80049
31702 Blagnac Cedex, FR

⑭ Inventor/es:

SAYEGH, MARIE

⑮ Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 994 652 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de determinación de una duración límite de utilización de una batería

La presente invención concierne, de manera general, a la vigilancia del estado operativo de baterías de acumuladores eléctricos y, en particular, a la vigilancia del estado de funcionamiento de baterías a bordo de una aeronave.

- 5 Más particularmente, la invención concierne a la vigilancia de la duración de la vida útil restante de una batería prediciendo una duración límite de utilización de la batería, en particular con respecto a uno o varios perfiles de utilización de la batería. Se trata en particular de predecir el momento en el cual la batería deberá someterse a una operación de mantenimiento.
- 10 Hay un cierto número de parámetros susceptibles de tener una influencia en la duración de la vida útil restante de una batería.
- Por ejemplo, cuando la temperatura de la batería disminuye, disminuye la capacidad disponible, es decir, la capacidad que la misma es capaz de intercambiar con una carga. Asimismo, el valor de la resistencia interna aumenta cuando la temperatura disminuye, generando una caída consecutiva de la tensión facilitada en salida.
- 15 El envejecimiento de la batería puede provenir igualmente de las condiciones de utilización de la batería, así como de sus condiciones de almacenamiento.
- La estimación de la duración límite de utilización de una batería permite una optimización de las fases de mantenimiento de la batería y así evitar cualquier eventual fallo futuro.
- Las baterías son en efecto entretenidas regularmente y, a veces, desmontadas a intervalos más largos, en particular para realizar series de pruebas en un banco de pruebas.
- 20 La intervención humana es en la mayoría de los casos ineludible para este tipo de operaciones, sobre todo en caso de apertura de la batería para realizar un ajuste del nivel o de la densidad del electrolito, en las baterías de Pb-ácido/NiCd, por ejemplo.
- 25 La creciente integración de nuevas tecnologías en las baterías, tales como la tecnología a base de iones de litio, permite limitar el entretenimiento. Sin embargo, los intervalos de mantenimiento deben ser optimizados siempre con el fin de reducir lo más posible la intervención humana en el proceso de mantenimiento de las baterías y evitar cualquier desmontaje de la batería o parada temporal de servicio.
- 30 El control de la batería se basa esencialmente en la estimación del estado de salud de la batería o SOH (de «State of Health», en inglés), y de su duración de vida útil restante.
- 35 La predicción de la duración de la vida útil restante de una batería es sin embargo compleja de implementar. En efecto, en muchas aplicaciones, la duración de la vida útil restante de una batería es facilitada generalmente en números de ciclos. Sin embargo, esta formulación no es adecuada para las aplicaciones más complejas en las cuales la batería es sometida a condiciones de funcionamiento variadas tanto en modo de almacenamiento de la batería como durante su funcionamiento, siendo estas condiciones imprevisibles y no repetitivas.
- 40 Se conocen ya, en el estado de la técnica, procedimientos que permiten determinar la duración de la vida útil restante de una batería, siendo facilitada la duración de la vida útil en función del número de ciclos de utilización, actualizados por cuenta atrás.
- 45 Se podrá consultar el documento EP-A-2 933 149 en el cual se determinan parámetros de una batería recargable durante múltiples ciclos de carga y de descarga, permitiendo estos parámetros indicar la duración de la vida útil restante de la batería y su rendimiento. Al final de estas fases de carga y de descarga, se estima una capacidad restante y una resistencia interna en particular en función de la corriente, la tensión y la temperatura de la batería.
- 50 Se podrá igualmente consultar el documento WO 2005/00 38 00 en el cual se proporciona un indicador del estado de la batería SOH utilizando una función que es implementada de manera adaptativa durante las pruebas de la batería, siendo estimada la duración de la vida útil restante a partir de los indicadores SOH utilizando un modelo de duración de la vida útil de la batería.
- El documento US 2016/259014 A1 describe un procedimiento que permite estimar la vida útil restante de una batería (RUL = remaining useful life). Durante un ciclo de utilización de la batería son detectados parámetros primarios (temperatura y tensión). En particular, se registran los mínimos/máximos. A partir de los parámetros primarios (curvas de temperatura/tensión), el procedimiento determina parámetros secundarios, que comprenden diversos índices calculados. Una primera estimación aproximada de RUL determina, a partir de los parámetros primarios y secundarios, una clase de batería que corresponde a un número de ciclos. Se realiza una segunda estimación más precisa de RUL basándose en parámetros primarios y secundarios optimizados y en modelos de regresión.
- El documento US 2016/349330 A1 describe un procedimiento que permite estimar la vida útil restante de una batería

basándose en factores de degradación, como la temperatura, y un modelo; el modelo es preparado con la ayuda de datos que comprenden los mínimos/máximos de temperatura.

El objetivo de la invención es, por tanto, mitigar los diversos inconvenientes del estado de la técnica y permitir una determinación de una duración límite de utilización de una batería que sea suficientemente fiable y precisa para aumentar los períodos de mantenimiento, es decir, la duración entre dos operaciones de mantenimiento consecutivas.

La invención tiene así por objeto un procedimiento de determinación de una duración límite de utilización de una batería tal como se define en la reivindicación 1, que comprende:

- una etapa de selección de un período de utilización de la batería;
- una etapa de obtención de valores de factores de degradación de la batería durante el período de utilización de la batería resultante de la etapa de selección;
- una etapa de determinación de uno o de varios indicadores de envejecimiento de la batería a partir de los valores de los factores de degradación resultantes de la etapa de obtención;
- una etapa de identificación de intervalos de variación de los factores de degradación durante el citado período de utilización, estando asociado cada indicador de envejecimiento a intervalos de variación propios, comprendiendo cada uno de los intervalos de variación un valor calculado mínimo y un valor calculado máximo de los citados factores utilizados durante la etapa de determinación,

la identificación de los intervalos de variación de los factores de degradación se realiza a partir de un cálculo de valores medios ($F_{i,med}$) y de desviaciones estándar (σ_i) de los factores de degradación, siendo obtenidos los valores de los factores de degradación durante el período de utilización (P); y

- 20 - una etapa de predicción de la duración límite de utilización con la ayuda del modelo de envejecimiento que comprende las etapas de:

- * facilitar una duración límite de utilización (D) de la batería para cada condición de funcionamiento correspondiente a una combinación de los valores mínimos y máximos de los factores de degradación, y a partir de los límites operativos de la batería y del o de los indicadores de envejecimiento, y
- 25 * retener el valor mínimo de la duración límite de utilización.

Así, la duración límite de utilización de la batería se basa en un análisis del funcionamiento de la batería durante un período de utilización predeterminado y en una predicción de la duración límite de utilización realizada en particular a partir de un modelo predictivo combinado con valores límites operativos de la batería que permiten determinar si las condiciones de funcionamiento resultantes de los intervalos de variación de los factores de degradación se sitúan fuera de los límites operativos y permiten así una estimación precisa y fiable de la duración límite de utilización de la batería.

Ventajosamente, los indicadores de envejecimiento se obtienen a partir de un modelo de envejecimiento de la batería en función de los factores de degradación.

En un modo de implementación, el procedimiento comprende una etapa suplementaria de aprendizaje previo de la batería durante la cual se determinan límites operativos de la batería en función de los factores de degradación.

35 Preferentemente, la etapa de predicción de la duración límite de utilización comprende además una fase de análisis de las condiciones de funcionamiento utilizando los valores mínimo y máximo de cada factor de degradación y los límites operativos de la batería.

Según otra característica del procedimiento, se utiliza un modelo de envejecimiento que recibe en entrada 2^{m+1} valores límites de m factores de degradación, y que facilita 2^{m+1} valores de dato límite de utilización y se retiene un valor mínimo de las duraciones límite facilitadas.

40 Por ejemplo, los indicadores de envejecimiento comprenden el valor de la resistencia interna de la batería y de la capacidad de la batería.

Los factores de degradación pueden comprender la temperatura de la batería, el estado de carga de la batería y el número de ciclos de solicitud de la batería.

45 Ventajosamente, se ponderan los factores de degradación de la batería.

La invención tiene igualmente por objeto un dispositivo de determinación de una duración límite de utilización de una batería como se define en la reivindicación 9, comprendiendo el dispositivo:

- una interfaz de conexión apta para conectarse a la batería y para comunicar con ella para recibir de la batería valores de factores de degradación (F_i) de la batería, obtenidos por la batería durante un período seleccionado de utilización (P) de la batería;

- un modelo de envejecimiento de la batería, apto para facilitar valores indicadores de envejecimiento (ΔC , ΔR) en función de los citados factores de degradación de la batería obtenidos durante el citado período de utilización de la batería; y
 - 5 - medios aptos para identificar intervalos ($F_{i,\max/\min}$) de variación de los factores de degradación durante el citado período de utilización (P) a partir de un cálculo de valores medios ($F_{i,med}$) y de desviaciones estándar (σ_i) de los factores de degradación, estando cada indicador de envejecimiento asociado a intervalos de variación propios de los factores de degradación, y
 - medios de cálculo (11) para calcular valores mínimos y máximos de los citados intervalos de variación de los factores de degradación que influyen en los indicadores de envejecimiento;
 - 10 el modelo de envejecimiento facilita una duración límite de utilización de la batería, para cada condición de funcionamiento correspondiente a una combinación de los valores mínimo y máximo de los factores de degradación, y a partir de los límites operativos de la batería,
 - los medios de cálculo están adaptados para retener el valor límite mínimo de utilización.
- Otros objetivos, características y ventajas de la invención aparecerán con la lectura de la descripción que sigue, dada únicamente a título de ejemplo no limitativo, y realizada con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:
- la figura 1 es un esquema sinóptico que ilustra las fases principales de un procedimiento de determinación de una duración límite de utilización de una batería conforme a la invención; y
 - la figura 2 ilustra la arquitectura general de un dispositivo correspondiente para determinar la duración límite de utilización de una batería.
- 20 El procedimiento ilustrado en la figura 1 está destinado a estimar la duración de la vida útil restante de una batería, en particular de una batería recargable de acumuladores eléctricos embarcada a bordo de una aeronave.
- Éste está destinado más particularmente a estimar el límite de utilización de una batería, teniendo en cuenta los factores de degradación susceptibles de influir en la duración de la vida útil de la batería.
- 25 Este procedimiento está destinado a predecir el momento en el cual la batería ya no será capaz de asegurar su función de alimentación en condiciones de utilización predeterminadas.
- Éste permite así programar fases de mantenimiento a partir de una predicción de la duración de la vida útil restante de la batería.
- 30 En un modo de implementación, este procedimiento es implementado en un dispositivo que se conecta a la batería y comunica con ella, incorporando este dispositivo todos los medios de hardware y de software y para la implementación de este procedimiento. Un dispositivo de este tipo utiliza en particular un modelo predictivo de la batería capaz de predecir la duración de la vida útil restante de la batería, de predecir las eventuales condiciones de su utilización futura y de actualizar los indicadores de su estado de salud SOH a partir de un análisis del histórico de utilización de la batería durante un periodo P de utilización.
- 35 A modo de ejemplo, se considera aquí que la duración de la vida útil restante se predice suponiendo que las condiciones de utilización de la batería durante el período P de utilización se reproducen durante fases posteriores de utilización de la batería.
- Sin embargo, no se sale del alcance de la invención cuando se modifican las condiciones de utilización futura de la batería, siendo el procedimiento capaz de predecir estas condiciones de utilización.
- 40 Como se muestra en la figura 1, el procedimiento comprende una primera etapa 1 de registro durante la cual se identifica un número m de factores de degradación de la batería para el perfil de utilización actual de la batería. Estos factores F_i , $i=1, \dots, m$ se registran durante un período P de utilización que separa dos eventos de control de la batería actualizados posteriormente.
- 45 El muestreo de los registros depende de la aplicación, es decir, del modo de utilización de la batería. Por ejemplo, este muestreo se realiza por unidad de tiempo (número de horas, número de días, etc.) o en número de eventos (ciclos de carga y de descarga, etc.).
- Como se ve, estos registros se realizan periódicamente, durante un período T_e , siendo registrado un factor de degradación F_i en un momento $k \times T_e$, con $k=1, \dots, n$, y $P=n \times T_e$.
- Cuando el dispositivo de control está conectado a la batería, se completa la etapa 1 de registro de los datos. Los datos registrados en memoria en la batería son transmitidos entonces al dispositivo.
- 50 Durante la etapa 2 siguiente, se determina o actualiza el estado de salud SOH de la batería. El estado de salud está

aquí representado por dos indicadores de envejecimiento ΔC y ΔR que designan respectivamente las evoluciones de la capacidad y de la resistencia interna de la batería.

A tal efecto, el dispositivo de control está dotado de un modelo de envejecimiento M apto para facilitar valores de indicadores ΔC y ΔR a partir de los datos registrados recibidos en entrada. La etapa 3 siguiente constituye una etapa de análisis del histórico de utilización de la batería durante el período P de utilización. Se calculan la media $F_{i,med}$ y la desviación estándar σ_i ponderadas por los valores de cada factor de degradación F_i . La ponderación de las medias y de las desviaciones estándar se determina con la ayuda del modelo de envejecimiento. El modelo permite identificar los rangos de variación de cada factor F_i que influyen más en la degradación de la batería. En efecto, la influencia de los factores F_i se supone que es diferente en la evolución de la capacidad y de la resistencia interna de la batería.

5 Durante este etapa 3, se determinan conjuntos de medias $F_{i,med}$ y de desviaciones estándar σ_i y se asignan pesos extraídos de un cartografía a las medias y desviaciones estándar calculadas para cada indicador.

Durante esta etapa, se identifican intervalos de variación de los factores de envejecimiento correspondientes a intervalos de influencia $[F_{i,mín}, F_{i,máx}]$ en el período P para cada uno de los indicadores según la fórmula:

$$F_{máx/mín} = F_{i,med} \pm \sigma_i \quad (1)$$

15 Suponiendo que las condiciones operativas futuras sean similares a las observadas durante el período P, los límites $F_{i,máx/mín}$ se utilizan en las etapas siguientes del procedimiento para la predicción de la duración de la vida útil restante de la batería.

20 Durante la etapa 4 siguiente, se procede a la predicción de la duración de la vida útil restante de la batería a partir de los intervalos de variación de los factores de degradación y de límites operativos de la batería obtenidos por aprendizaje previo en función de valores de indicadores de envejecimiento.

En el ejemplo de implementación considerado, los límites operativos de la batería se obtienen por aprendizaje previo durante una fase de prueba de la batería en función de los indicadores de envejecimiento ΔC y ΔR .

25 Como se muestra en la figura 1, los límites operativos de la batería se identifican por una curva I de final de vida útil determinada en función de perfiles de utilización de la batería. Estas pruebas se realizan, para cada perfil de utilización, y consisten en comprobar si la batería es capaz de facilitar el perfil de utilización que se le solicita, en términos de nivel de tensión, de nivel de corriente, de potencia o de energía eléctrica, durante un tiempo o rangos de duración predefinidos, para diversos valores de resistencia y de capacidad interna de la batería.

La combinación de los límites $F_{i,máx/mín}$ de los m factores de degradación da, para cada indicador SOH, 2^m condiciones de funcionamiento escritas en la forma:

30 $(F_{1,k}, \dots, F_{i,k}, \dots, F_{m,k})_k = (máx, mín) \quad (2)$

En total, se identifican 2^{m+1} combinaciones para el modelo de envejecimiento. La resolución del sistema de ecuaciones S para estas 2^{m+1} entradas da en salida 2^{m+1} valores D de duración de la vida útil restante de la batería. El que se retiene es el valor mínimo encontrado entre los resultados.

35 Durante la etapa 5 siguiente, se determina el plazo propuesto para el próximo control P' de la batería. Este plazo se determina a partir de una función h que depende de la duración de la vida útil restante estimada D y de los indicadores de envejecimiento de la batería. Por ejemplo, el plazo propuesto para el próximo control P' se define como la mitad de la duración de la vida útil restante D. Así, por ejemplo, el plazo propuesto P' no es igual al plazo P de vigilancia de la batería. En efecto, el período entre dos controles puede exceder del plazo previsto según el modo de gestión del mantenimiento de la batería. Al final de esta etapa 5, se reinicia el contador de tiempo y se activa un nuevo período P. A continuación se desconecta el dispositivo de control.

40 Como se indicó anteriormente, el procedimiento que se acaba de describir es implementado ventajosamente por un dispositivo de control que está conectado a una batería para recuperar y analizar los datos almacenados en la memoria durante el período P de utilización de la batería. Este dispositivo recupera los datos de los factores de degradación almacenados en la memoria de la batería y actualiza el estado de salud de la batería, predice su vida útil restante y considera un plazo para el próximo control. En este sentido, se puede considerar, por ejemplo, una operación de mantenimiento en un intervalo de tiempo comprendido entre un valor mínimo $T_{mín}$ y un valor máximo $T_{máx}$.

45 Con referencia a la figura 2, el dispositivo comprende una interfaz 10 de conexión eléctrica a la batería, un modelo de envejecimiento M apto para facilitar valores indicadores de envejecimiento en función de los factores de degradación y medios de cálculo 11 que aseguran la implementación de las etapas descritas anteriormente con referencia a la figura 1, y en particular a las etapas 3 a 5 para calcular los valores mínimo y máximo de los factores de degradación que influyen en los indicadores de envejecimiento y resolver el sistema de ecuaciones S de las 2^{m+1} combinaciones identificadas para el modelo de envejecimiento y facilitar en salida los 2^{m+1} valores de duración de la vida útil restante de la batería para extraer el valor mínimo y determinar el plazo para el próximo control.

- 5 Se describe ahora un ejemplo de implementación de la invención, que corresponde al caso de envejecimiento en modo de almacenamiento de una batería. En este caso, sólo el envejecimiento calendario influye en la duración de la vida útil de la batería, en función de la temperatura ambiente y del estado de carga SOC de la batería. El estado de carga se obtiene directamente a partir de la tensión en vacío OVC obtenida en los bornes de la batería. Los factores de degradación identificados en este caso son la temperatura y el estado de carga de la batería. Los registros de la temperatura ambiente y de la tensión de la batería representan respectivamente estos dos factores de degradación. El muestreo de los factores de degradación se elige según el entorno de la batería. Por ejemplo, las mediciones se toman una vez al día. Además, la temperatura es el factor de degradación más impactante. Los pesos más elevados se asignan a las temperaturas más elevadas en el cálculo de las medias y desviaciones estándar ponderadas.
- 10 Durante el funcionamiento en carga y descarga de la batería intervienen varios factores complementarios. Se trata de la corriente y de un parámetro designado por los anglosajones por el término «DoD» de «Depth of Discharge». Pueden intervenir igualmente otros factores. Estos factores se pueden cuantificar en cantidad de amperios intercambiados, en número de ciclos y de solicitudes, ... en función de la aplicación prevista y del conocimiento de los perfiles de utilización futura de la batería. El envejecimiento calendario es preponderante. La contribución de la degradación que 15 tenga otras causas puede ser tenida en cuenta a efectos informativos. El procedimiento puede ser así aplicable cualquiera que sea la aplicación considerada.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de determinación de una duración límite de utilización de una batería, caracterizado por que comprende:

- una etapa de selección de un periodo (P) de utilización de la batería;
- 5 - una etapa de obtención de valores de factores de degradación (F_i) de la batería durante el período de utilización de la batería resultante de la etapa de selección;
- una etapa de determinación de uno o de varios indicadores de envejecimiento (ΔC , ΔR) de la batería a partir de los valores de factores de degradación obtenidos en la etapa de obtención;
- 10 - una etapa de identificación de intervalos ($F_{i,\text{máx/mín.}}$) de variación de los factores de degradación durante el citado período de utilización (P), estando asociado cada indicador de envejecimiento a intervalos de variación propios, comprendiendo cada uno de los intervalos de variación un valor calculado mínimo y un valor calculado máximo de los citados factores utilizados durante la etapa de determinación, realizándose la identificación de los intervalos de variación de los factores de degradación a partir de un cálculo de los valores medios ($F_{i,\text{med}}$) y de las desviaciones estándar (σ_i) de los factores de degradación, siendo obtenidos los valores de los factores de degradación durante el período de utilización (P); y
- 15 - una etapa de predicción de la duración límite de utilización (D) a partir de un modelo de envejecimiento que comprende las etapas de:
- facilitar una duración límite de utilización (D) de la batería, para cada condición de funcionamiento correspondiente a una combinación de los valores mínimo y máximo de los factores de degradación, y a partir de los límites operativos de la batería y del o de los indicadores de envejecimiento, y
- 20 - retener el valor mínimo de la duración límite de utilización.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual los indicadores de envejecimiento se obtienen a partir del modelo de envejecimiento de la batería en función de los factores de degradación.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, que comprende una etapa suplementaria de aprendizaje previo de la batería, durante la cual se determinan límites operativos de la batería en función de los factores de degradación.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el cual la etapa de predicción de la duración límite de utilización comprende una fase de análisis de las condiciones de funcionamiento utilizando los valores mínimo y máximo ($F_{i,\text{máx/mín.}}$) de cada factor de degradación y los límites operativos de la batería.

30 5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el cual el modelo de envejecimiento (M) recibe en entrada 2^{m+1} valores límites de m factores de degradación y facilita 2^{m+1} valores de duraciones límite de utilización, y en el cual se retiene el valor mínimo de las duraciones límites facilitadas.

6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual los indicadores de envejecimiento comprenden el valor de la resistencia interna de la batería y de la capacidad de la batería.

35 7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual los factores de degradación comprenden la temperatura de la batería, el estado de carga de la batería y el número de ciclos de solicitudes de la batería.

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el cual se ponderan los factores de degradación de la batería.

40 9. Dispositivo de determinación de una duración límite de utilización de una batería, comprendiendo el dispositivo:

- una interfaz (10) de conexión apta para ser conectada a la batería y comunicar con ella para recibir de la batería valores de los factores de degradación (F_i) de la batería, obtenidos por la batería durante un período de utilización seleccionado (P) de la batería;

45 - un modelo de envejecimiento (M) de la batería, apto para facilitar valores de indicadores de envejecimiento (ΔC , ΔR) en función de los citados factores de degradación obtenidos durante el citado período de utilización de la batería; y

- medios aptos para identificar intervalos ($F_{i,\text{máx/mín.}}$) de variación de los factores de degradación durante el citado período de utilización (P) a partir de un cálculo de valores medios ($F_{i,\text{med}}$) y de desviaciones estándar (σ_i) de los factores de degradación, estando asociado cada indicador de envejecimiento a intervalos de variación propios de los factores de degradación, y

- medios de cálculo (11) para calcular valores mínimo y máximo de los citados intervalos de variación de los factores de degradación que influyen en los indicadores de envejecimiento,
- el modelo de envejecimiento (M) está adaptado para facilitar una duración límite de utilización (D) de la batería, para cada condición de funcionamiento correspondiente a una combinación de los valores mínimo y máximo de los factores de degradación, y a partir de límites operativos de la batería y de los indicadores de envejecimiento, estando adaptados los medios de cálculo (11) para retener el valor mínimo de la duración límite de utilización.

FIG.1

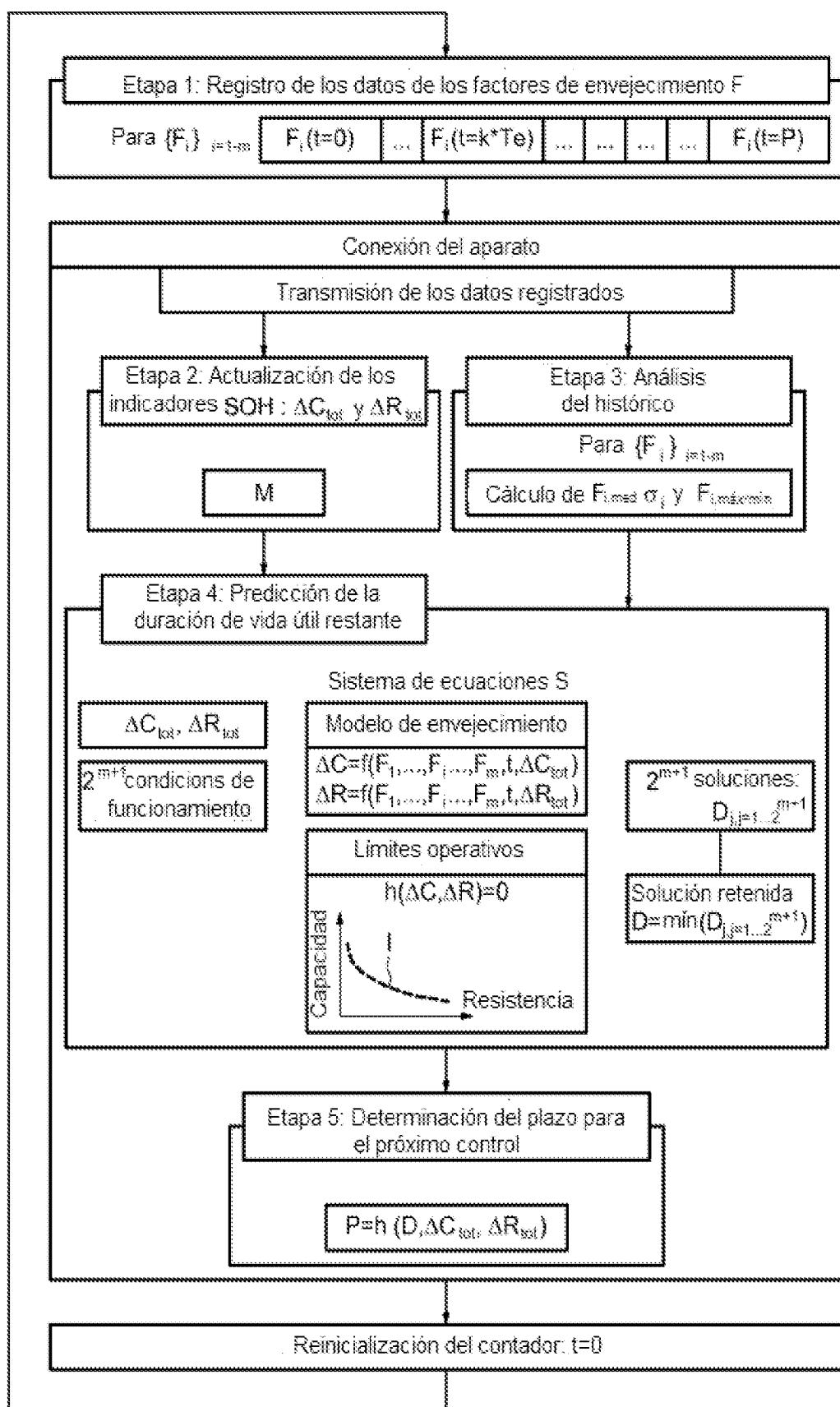


FIG.2

