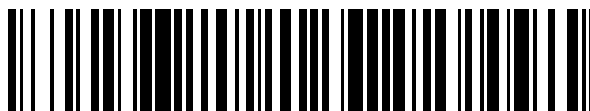


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 305**

51 Int. Cl.:

H02J 7/00 (2006.01)

H02J 7/35 (2006.01)

H02S 50/10 (2014.01)

G01R 31/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.05.2008 PCT/FR2008/000644**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.12.2008 WO08152238**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2008 E 08805549 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 2147323**

54 Título: **Procedimiento de diagnóstico de elementos defectuosos de un sistema autónomo, alimentado por una fuente de alimentación intermitente**

30 Prioridad:

11.05.2007 FR 0703369

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

16.05.2017

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET
AUX ENERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
BATIMENT
75015 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**LABRUNIE, ANTOINE y
GENIES, SYLVIE**

74 Agente/Representante:

POLO FLORES, Carlos

ES 2 612 305 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 de diagnóstico de elementos defectuosos de un sistema autónomo, alimentado por una fuente de alimentación intermitente

5

ÁMBITO TÉCNICO DE LA INVENCION

La invención se refiere a un procedimiento de diagnóstico de elementos defectuosos de un sistema autónomo, alimentado por una fuente de alimentación intermitente y compuesto en serie por un generador, un regulador de potencia y un elemento de almacenamiento de energía, el regulador de energía puede constar de un convertidor de potencia.

10

Los sistemas autónomos alimentados por fuentes de energía intermitentes (por ejemplo: paneles fotovoltaicos, generadores de tipo eólico...) están destinados a desarrollarse. Además, dichos sistemas autónomos se instalarán preferiblemente en lugares aislados, de difícil acceso, donde el coste de una alimentación clásica de energía por cable sería prohibitivo. En ese contexto, la optimización del mantenimiento y de la autonomía tiene una importancia primordial para permitir una reducción importante de los costes de funcionamiento.

15

Sin embargo, si bien los sistemas clásicos permiten hacer un seguimiento de la producción de energía, no están diseñados para reaccionar en caso de producción débil, ni para informar al usuario o al personal de mantenimiento sobre el origen de un fallo.

20

En un sistema autónomo convencional, la batería puede conectarse directamente al panel fotovoltaico. El panel fotovoltaico está diseñado (número y disposición de las células) para cargar una batería de plomo. El punto de potencia del panel fotovoltaico se ajusta por la tensión en los bornes de la batería. Así, cuanto más cargada está la batería, más alta es su tensión y más débil es la corriente suministrada por el panel. Además, las baterías de plomo soportan fácilmente las sobrecargas.

25

Sin embargo, en la mayoría de los sistemas autónomos:

30

- hay una gestión de la carga de la batería (umbrales de tensión, conexión/desconexión de las diferentes cargas);
- no hay componente de conversión de potencia;
- se vigila la producción del sistema;
- no se vigila el funcionamiento del panel.

35

La solicitud de patente japonesa JP2005340464 describe un sistema de diagnóstico que utiliza la comparación del informe de la potencia instantánea sobre la potencia estándar entre los diferentes paneles de una central fotovoltaica. El buen o funcionamiento defectuoso de los paneles fotovoltaicos se deduce de esta comparación. La potencia estándar de los diferentes paneles fotovoltaicos en función de la hora así como la potencia suministrada por cada panel durante los días anteriores se almacenan en la memoria del sistema.

40

La patente US6892165 describe el cálculo de las características estándar de un sistema fotovoltaico, cálculo que se basa en las condiciones de instalación del sistema, y la comparación de este valor estándar con valores medidos. El buen funcionamiento del sistema se deduce de esta comparación.

45

El documento «Real-time Monitoring / Diagnostic System for Photovoltaic Plant Battery», M.S. Imamura et al., Photovoltaic Solar Energy Conference, octubre 1992, Suiza, describe un procedimiento de diagnóstico para sistemas fotovoltaicos.

En los sistemas de gestión de las instalaciones autónomas actuales, el usuario (o el personal de mantenimiento) recibe el aviso demasiado tarde, una vez que ya no hay fuente de energía y que la batería se ha descargado. Además, el usuario no recibe ninguna información sobre la causa del fallo.

50

Objeto de la invención

55

El objeto de la invención es paliar los inconvenientes antes mencionados y, en concreto, detectar las causas del fallo antes de que se agote la fuente de energía y se descargue la batería.

Este objetivo se alcanza gracias a un procedimiento según las reivindicaciones anexas, y más particularmente según

una primera variante de realización, porque el procedimiento consiste en

- la medición de la corriente y de la tensión real de carga, y la determinación en función de dichas mediciones de la potencia real de carga del elemento de almacenamiento de energía, la comparación de dicha potencia real de carga con un umbral de potencia predefinido;
- la desconexión del elemento de almacenamiento de energía si la potencia de carga es inferior al umbral de potencia;
- cuando el elemento de almacenamiento de energía está desconectado, la medición de la potencia máxima suministrable por el generador en el instante de la medición, la determinación del estado de carga del elemento de almacenamiento de energía desconectado, así como de la tensión y la potencia teóricas de carga correspondientes;
- la diferenciación entre un comportamiento normal, un funcionamiento defectuoso del generador y un funcionamiento defectuoso del elemento de almacenamiento de energía en función de la comparación entre la potencia real de carga del elemento de almacenamiento de energía y el valor más pequeño representativo de la potencia teórica de carga del elemento de almacenamiento de energía y de la potencia máxima suministrable por el generador y la comparación entre la tensión real de carga y la tensión teórica de carga del elemento de almacenamiento de energía.

Este objetivo se alcanza igualmente en una segunda variante de realización particular por el hecho de que el elemento de almacenamiento de energía está conectado directamente por medios de conmutación, y el procedimiento consiste en

- la medición de una corriente real de carga (I_{bat}) y de una tensión real de carga (U_{bat}), la comparación de la corriente real de carga (I_{bat}) con un primer umbral de corriente predefinido (I_{umb});
- la desconexión del elemento de almacenamiento de energía (1) si dicha corriente real de carga (I_{bat}) es inferior al umbral de corriente (I_{umb});
- cuando el elemento de almacenamiento de energía (1) está desconectado, la medición de la corriente máxima (I_{max}) y de la tensión máxima (U_{max}) suministrables por el generador (2) en el instante de la medición, la determinación del estado de carga (SOC) del elemento de almacenamiento de energía (1) desconectado, de una corriente teórica de carga (I_{tbat}) y de una tensión teórica de carga (U_{tbat}),
- la diferenciación entre un comportamiento normal, un funcionamiento defectuoso del sistema autónomo en función de la comparación de la corriente real de carga (I_{bat}) con la corriente teórica de carga (I_{tbat}).

Breve descripción de los dibujos

Se verán otras ventajas y características con la descripción que sigue de algunos modos particulares de realización de la invención dados a modo de ejemplo, no limitativos y representados en los dibujos anexos, en los que:

- La figura 1 representa de forma esquemática un sistema autónomo en el que se puede llevar a cabo el procedimiento según la invención.
- La figura 2 representa, en forma de organigrama, un modo particular de realización de un procedimiento según la invención.
- La figura 3 ilustra un modo particular de realización del ensayo del regulador del procedimiento según la figura 2.
- La figura 4 representa, en forma de organigrama, un segundo modo particular de realización de un procedimiento según la invención.
- La figura 5 representa, de forma esquemática, las características eléctricas del elemento de almacenamiento de energía y del generador, en un modo de funcionamiento normal según el modo particular de realización ilustrado en la figura 4.
- Las figuras 6 y 7 representan, de forma esquemática, las características eléctricas del elemento de almacenamiento de energía y del generador, con un funcionamiento defectuoso del elemento de almacenamiento de energía y del generador según el modo particular de realización ilustrado en la figura 4.

Descripción de un modo particular de realización de la invención

Como se ilustra en la figura 1, el sistema autónomo contiene al menos una batería 1 que constituye un elemento de almacenamiento de energía, un generador 2 de energía, que suministra una alimentación intermitente, y un regulador de potencia 3 conectado entre el generador 2 y la batería 1. El regulador de potencia 3 contiene, ventajosamente, no solo un circuito de regulación de la potencia, sino también un módulo de búsqueda del punto de potencia máxima suministrable por el generador 2, con un algoritmo de búsqueda correspondiente, y un módulo de carga del elemento de almacenamiento de energía 1 con un algoritmo de carga dedicado. Los algoritmos de

búsqueda y de carga pueden integrarse al regulador de potencia 3 y/o a una unidad de control 6. Los circuitos de medición 4 y 5, que permiten respectivamente medir la tensión y la corriente a la salida del generador 2 y en los bornes de la batería 1, están conectados a una unidad de control 6, a su vez conectada al regulador de potencia 3. Asimismo, se conecta un circuito de medición 7 de la temperatura a la unidad de control 6 y una carga 8 que se alimenta de forma clásica a través de la batería 1.

El generador 2 de energía es, por ejemplo, de tipo eólico o microhidráulico o ventajosamente un panel fotovoltaico.

El regulador de potencia 3 contiene, preferentemente, un convertidor de tipo BUCK. Así, la unidad de control 6 está destinada a gestionar, a través del regulador de potencia 3, la adecuación entre la potencia suministrada por el generador 2 y la carga de la batería 1.

La unidad de control 6 ordena la apertura y el cierre de elementos de conmutación (no representados) conectados entre el panel fotovoltaico 2 y la batería 1 y destinados a permitir la desconexión de la batería 1. Preferentemente, los elementos de conmutación están integrados al regulador de potencia 3.

De forma ventajosa, los datos relativos a los perfiles de carga de la batería 1, que permiten determinar la potencia de carga teórica P_{bat} así como la tensión de carga teórica U_{bat} en función del estado de carga y de la temperatura de la batería 1, están almacenados en la memoria de la unidad de control 6.

Ventajosamente, el circuito 7 mide la temperatura T de la batería 1.

El sistema autónomo incluye, ventajosamente, un dispositivo de comunicación con el exterior (no representado), que puede integrarse en la unidad de control 6.

En el modo de realización particular ilustrado por el organigrama de la figura 2 y correspondiente a un regulador 3 de potencia que contiene un convertidor de potencia, la unidad de control 6 determina (etapa F1) la potencia real de carga P_{bat} de la batería 1 a partir de las mediciones (I/V) de la tensión y de la corriente en los bornes de la batería 1, suministradas por el circuito de medición 5. Compara (F2) la potencia real de carga P_{bat} de la batería 1 con un umbral predefinido, en función del elemento de almacenamiento y que corresponde a la potencia de fin de carga, por ejemplo, 0,1 vatio.

Si la potencia real de carga P_{bat} es inferior al umbral predefinido (salida SÍ de F2), la unidad de control 6 provoca (F3) la desconexión de la batería 1 después de haber almacenado en la memoria los últimos valores de tensión y de la corriente medidos por los circuitos de medición 4 y 5.

A continuación, la unidad de control 6 activa un protocolo de ensayo para verificar que todos los elementos que intervienen en el proceso de carga de la batería 1 son funcionales. El protocolo de ensayo utiliza, en particular, los valores de corriente y de tensión medidos justo antes de la desconexión de la batería 1.

El protocolo de ensayo puede empezar con (F4) un ensayo, facultativo, del regulador de potencia 3. Más adelante se describirá con más detalle un modo concreto de realización de esta prueba, en referencia a la figura 3. En ese caso, el objetivo de la prueba es detectar un funcionamiento defectuoso del generador y/o de la batería 1. En una etapa F5, la unidad de control 6 calcula la potencia máxima suministrable por el panel fotovoltaico 2 P_{mpp} , en base a las mediciones de la tensión y de la corriente en los bornes del panel fotovoltaico, cuando este último está ajustado en su punto de potencia máxima, con el asoleamiento real en el momento de la medición.

Es necesario que la medición de estas dos magnitudes (tensión y corriente) sea capaz de disipar o utilizar esta potencia en el sistema. Sin embargo, la electrónica de potencia no está prevista para este tipo de funcionamiento y por tanto no es capaz de disipar la totalidad de la potencia suministrada por el panel fotovoltaico 2.

Una primera posibilidad consiste en medir sucesivamente la tensión en vacío V_{oc} y la corriente de cortocircuito del panel para deducir la tensión en el punto de potencia máxima V_{mpp} y la corriente I_{mpp} asociada. Para ello hay que conmutar rápidamente de un estado a otro.

Otra posibilidad consiste en hacer variaciones de impedancia y mediciones muy breves, para poder interpolar el punto de máxima potencia. Aumenta la potencia, pero el tiempo y por tanto, la energía, son débiles. Por ejemplo, se puede realizar un cierto número de mediciones durante la conmutación entre el circuito abierto y el cortocircuito.

La unidad de control 6 puede comparar entonces ventajosamente los valores de tensión en circuito abierto V_{oc} y en el punto de potencia máxima V_{mpp} con valores nominales conocidos. Además, esta comparación puede permitir asegurarse de que todas las células del panel fotovoltaico funcionan. En ese caso, la unidad de control 6 calcula la potencia P_{mpp} .

5

Después, la unidad de control 6 determina el estado de carga (SOC) de la batería 1, por ejemplo, midiendo la tensión en vacío y la temperatura T de la batería 1 (proporcionadas por los circuitos de medición 5 y 7) a través de nomogramas. Para permitir una medición precisa del estado de carga (SOC), esta etapa F6 se realiza preferentemente después de una duración de espera predefinida en función del tipo, de la temperatura y del estado de carga de la batería, típicamente del orden de 10 minutos para una batería de litio, después de desconectar la batería. Esta duración de espera permite a la batería estabilizar su tensión en vacío. Esta estimación del estado de carga (SOC) es utilizada ventajosamente por la unidad de control 6 para definir la potencia de carga deseable para diferentes perfiles de carga de la batería 1. La unidad de control 6 determina, en particular, para el estado de carga determinado (SOC), la potencia de carga teórica $P_{tbat}(SOC)$ así como la tensión teórica $U_{tbat}(T, SOC)$, que depende igualmente de la temperatura de la batería 1, permitiendo, en teoría, una carga óptima de la batería. Los valores P_{tbat} y U_{tbat} utilizados a continuación son, por tanto, funciones del estado de carga (SOC) real de la batería 1 en el momento de su determinación (etapa F6).

Los datos relativos a los perfiles de carga de la batería 1, contienen, preferentemente, no solo el tipo de batería utilizado y la corriente máxima de carga autorizada, sino también la potencia de carga y el tipo de carga en función del estado de carga de la batería.

La unidad de control 6 utiliza, entonces, diferentes magnitudes medidas y determinadas, para determinar el origen de la débil potencia de carga detectada anteriormente (salida SÍ de F2).

25

En la figura 2, la potencia teórica de carga P_{tbat} es (F7), primero comparada con la potencia máxima P_{mpp} .

Si (salida SÍ de F7), la potencia máxima P_{mpp} del panel fotovoltaico 2 es superior a la potencia teórica de carga de la batería 1 ($P_{mpp} > P_{tbat}$), el panel fotovoltaico 2 no limita, a priori, la carga de la batería 1. La potencia real de carga P_{bat} se compara entonces (F8) con la potencia teórica de carga P_{tbat} de la batería 1.

30

Si (salida SÍ de F8), la potencia real de carga es igual a la potencia teórica de carga ($P_{bat} = P_{tbat}$) de la batería 1, se considera que la batería 1 está cargada (F9), lo que explica la débil potencia de carga necesaria para la batería 1. Ventajosamente, en esta configuración, el sistema autónomo puede avisar al usuario.

35

En un ejemplo correspondiente, cuando la potencia real de carga P_{bat} alcanza el valor umbral 0,1 W, la unidad de control 6 mide una potencia máxima P_{mpp} suministrable por el panel fotovoltaico 2 de 10 W y un estado de carga de la batería 1 del 95 %. A través de los datos relativos a los perfiles de carga de la batería 1, la unidad de control 6 determina una potencia teórica de carga P_{tbat} de 0,1 W. La potencia máxima P_{mpp} del panel fotovoltaico 2 es entonces superior a la potencia teórica de carga de la batería 1 ($P_{mpp} (10W) > P_{tbat} (0,1 W)$) y la potencia real de carga P_{bat} es igual a la potencia teórica de carga (0,1 W) de la batería 1. Entonces la batería 1 está cargada.

40

En cambio, si (salida NO de F8), la potencia real de carga P_{bat} es diferente de la potencia teórica de carga P_{tbat} , se supone que la potencia de carga es inferior a la potencia teórica de carga ($P_{bat} < P_{tbat}$) y que la batería no se carga normalmente. La potencia de carga superior a la potencia teórica de carga ($P_{bat} > P_{tbat}$), corresponde al caso en que la batería 1 está cargada y el regulador 3 le proporciona más potencia de la necesaria. Como las potencias utilizadas son débiles ($P_{bat} < 0,1 W$), este caso se asimila, excepto por los errores de medición, al caso precedente $P_{bat} = P_{tbat}$. La unidad de control 6 compara entonces (F10) las tensiones de carga real U_{bat} y teórica U_{tbat} para detectar el elemento defectuoso.

50

Si (salida SÍ de F10) la tensión de carga real es igual a la tensión teórica en función del estado de carga de la batería 1 y de la temperatura ($U_{bat} = U_{tbat}(T, SOC)$), la batería parece degradada y se avisa al usuario (F11). Efectivamente, se supone que la consecuencia principal de la degradación de la batería 1 es un aumento de su impedancia interna y por tanto un desfase de los puntos de funcionamiento corriente y tensión de la batería 1. En el caso contrario (salida NO de F10), se supone que la tensión de carga real es inferior a la tensión teórica de carga ($U_{bat} < U_{tbat}(T, SOC)$), y es el panel fotovoltaico 2 el que parece degradado y el algoritmo de búsqueda del punto de potencia máximo del panel fotovoltaico 2 así como el algoritmo de carga de la batería 1 se reinician (F12). Efectivamente, se considera que la principal consecuencia de la degradación del panel fotovoltaico 2 es la degradación de su curva tensión/corriente y la aparición de mínimas y de máximas locales que impiden al algoritmo

55

de búsqueda del punto de potencia máxima encontrar el verdadero punto de funcionamiento del panel fotovoltaico 2. Así, el panel fotovoltaico 2 funciona en un punto de potencia inferior a su punto máximo. El caso $U_{bat} > U_{tbat}$ se considera como imposible o improbable en la etapa F10.

- 5 En un ejemplo correspondiente, cuando la potencia real de carga alcanza el valor umbral 0,1 W, la unidad de control 6 mide una potencia máxima suministrable por el panel fotovoltaico 2 de 10 W y un estado de carga de la batería 1 del 70 %. A través de los datos relativos a los perfiles de carga de la batería 1, la unidad de control 6 determina una potencia teórica de carga P_{tbat} de 5 W. Por otro lado, la unidad de control 6 determina que la tensión de carga U_{bat} es inferior a la tensión teórica de carga U_{tbat} . La potencia máxima del panel fotovoltaico 2 es superior, por tanto, a la potencia teórica de carga de la batería 1 ($P_{mpp}(10\text{ W}) > P_{tbat}(0,1\text{ W})$), la potencia real de carga es inferior a la potencia teórica de carga ($P_{bat}(0,1\text{ W}) < P_{tbat}(5\text{ W})$). Entonces, se sospecha que el panel 2 es defectuoso y el algoritmo de carga así como el algoritmo de búsqueda del punto de potencia máxima (F12) se reinician.

- 15 En un ejemplo correspondiente, cuando la potencia real de carga alcanza el valor umbral 0,1 W, la unidad de control 6 mide una potencia máxima suministrable por el panel fotovoltaico 2 de 1 W y un estado de carga de la batería 1 del 70 %. La potencia teórica de carga P_{tbat} es de 5 W. La potencia máxima del panel fotovoltaico 2 por tanto es inferior a la potencia teórica de carga de la batería 1 ($P_{mpp}(1\text{ W}) < P_{tbat}(5\text{ W})$) y la potencia real de carga es inferior a la potencia máxima del panel fotovoltaico 2 ($P_{bat}(0,1\text{ W}) < P_{mpp}(1\text{ W})$). Además, la tensión de carga U_{bat} es igual al valor teórico U_{tbat} . Entonces, se sospecha que la batería 1 está degradada y el usuario recibe un aviso (F11).

- 25 Si (salida NO de F7), la potencia máxima del panel es inferior a la potencia teórica de carga de la batería ($P_{mpp} < P_{tbat}$), y el panel fotovoltaico 2 limita, a priori, la carga de la batería 1. Entonces, la potencia máxima P_{mpp} del panel fotovoltaico 2 se compara (F13) con la potencia real de carga P_{bat} de la batería 1.

- Si (salida SÍ de F13), la potencia real de carga de la batería 1 es igual a la potencia máxima del panel fotovoltaico 2 ($P_{bat} = P_{mpp}$), lo que significa que la irradiación es débil (F14) y la batería 1 utiliza toda la potencia disponible. Por tanto, el funcionamiento es normal.

- 30 En un ejemplo correspondiente, cuando la potencia real de carga alcanza el valor umbral 0,1 W, la unidad de control 6 mide una potencia máxima suministrable por el panel fotovoltaico 2 de 0,1 W y un estado de carga de la batería 1 del 70 %. La potencia teórica de carga P_{tbat} es de 5 W. La potencia máxima del panel fotovoltaico 2 por tanto es inferior a la potencia teórica de carga de la batería 1 ($P_{mpp}(0,1\text{ W}) < P_{tbat}(5\text{ W})$) y la potencia real de carga es igual a la potencia máxima del panel fotovoltaico 2 (0,1 W), lo que significa que la irradiación es débil (F14) y que el sistema funciona correctamente.

- 35 Si (salida NO de F13), la potencia real de carga de la batería 1 no es igual a la potencia máxima del panel fotovoltaico 2, porque la potencia de carga no puede ser nunca superior a la potencia suministrada por el generador, lo que significa que la potencia real de carga de la batería 1 es inferior a la potencia máxima del panel fotovoltaico ($P_{bat} < P_{mpp}$), y que la batería no se carga normalmente. En esas condiciones, la unidad de control 6 compara, como anteriormente, (F10) la tensión de carga real U_{bat} y teórica U_{tbat} para detectar cuál es el elemento defectuoso.

- 45 De forma más general, durante el protocolo de ensayo, la potencia real de carga P_{bat} se compara con el valor más pequeño representativo de la potencia teórica de carga P_{tbat} del elemento de almacenamiento de energía 1 y de la potencia máxima P_{mpp} suministrable por el generador 2. Efectivamente, si la potencia teórica de carga P_{tbat} es inferior a la potencia máxima P_{mpp} suministrable por el generador 2 (salida SÍ de F7), la potencia real de carga P_{bat} se compara con la potencia teórica de carga P_{tbat} , y en el caso contrario (salida NO de F7), la potencia real de carga P_{bat} se compara con la potencia máxima suministrable por el generador 2. Además, la comparación de la tensión de carga U_{bat} con la tensión teórica de carga U_{tbat} solo ocurre si la potencia de carga P_{bat} es inferior a la potencia teórica de carga P_{tbat} y a la potencia máxima P_{mpp} suministrable por el generador 2.

- 50 La reinicialización de un algoritmo (F11 o F12) no permite considerar el generador 2 como defectuoso la primera vez. Según un modo de realización preferente, el generador 2 se señala como defectuoso después de un cierto número de reinicializaciones, por ejemplo, después de tres reinicializaciones.

Como se representa en la figura 3, el ensayo del regulador (F4) puede incluir la medición de la tensión en los bornes del regulador de potencia 3. En el sistema autónomo representado en la figura 1, los circuitos de medición 4 y 5 pueden realizar las mediciones de las tensiones. En ese caso particular, la tensión de entrada del regulador de

potencia corresponde a la tensión en los bornes del generador V_g y la tensión de salida del regulador, U_{bat} , es la tensión en los bornes del elemento de almacenamiento 1.

El protocolo de ensayo (F4) del regulador de potencia 3 puede consistir en las siguientes etapas. La unidad de control 6 ordena realizar una nueva medición (F15) de la tensión suministrada por el generador 2 o utiliza el valor previamente almacenado en la memoria. La unidad de control 6 ordena también realizar una nueva medición (F16) de la tensión suministrada a la batería 1 o utiliza el valor previamente almacenado en la memoria. A continuación, la unidad de control 6 prueba (F17) si el valor de la tensión suministrada a la batería 1 es nulo.

10 En ese caso, si (salida SÍ de F17) la tensión suministrada a la batería es nula, el regulador de potencia 3 se declara defectuoso (F20). En el caso contrario, (salida NO de F17), el regulador de potencia 3 se considera como funcional (F19).

En una variante de realización, se puede resolver el mismo problema técnico en un sistema autónomo cuyo regulador de potencia no contiene un convertidor. Como el convertidor de potencia es un elemento oneroso, también es posible realizar la carga de la batería según otro protocolo de carga.

La regulación de la carga de la batería 1 a partir del generador 2 se realiza entonces con los elementos de conmutación dispuestos entre el generador 2 y la batería 1. En ese caso, durante la carga, la potencia suministrada por el generador no se adapta a la carga de la batería, ya no es posible hacer variar el informe $U_{entrada}/U_{salida}$. Así, las tensiones en los bornes del generador y de la batería son idénticas. En esta configuración, el generador y el elemento de almacenamiento se conectan directamente a través de los elementos de conmutación.

En el modo de realización particular ilustrado por el organigrama de la figura 4 y correspondiente a un regulador 3 de potencia sin convertidor de potencia, la unidad de control 6 determina (etapa F21) la corriente real de carga I_{bat} de la batería 1 a partir del circuito de medición 5. Ventajosamente, la tensión real de carga también puede medirse a través del circuito de medición 4. La unidad de control 6 compara (F22) la corriente real de carga I_{bat} de la batería 1 con un primer umbral de corriente predefinido I_{umb} , preferentemente igual a la corriente de fin de carga que depende directamente de la batería (tipo, dimensión,...) y que es típicamente igual al 5 % de la corriente nominal de carga.

Si la corriente real de carga I_{bat} es inferior al umbral predefinido (salida SÍ de F22), la unidad de control 6 provoca (F23) la desconexión de la batería 1 después de haber almacenado en la memoria los últimos valores de tensión y de la corriente medidos (U_{bat} e I_{bat}) por los circuitos de medición 4 y 5.

En una etapa F24, la unidad de control 6 calcula la tensión U_{max} y la corriente I_{max} máximas suministrables por el panel fotovoltaico 2, en base a las mediciones de la tensión y de la corriente en los bornes del panel fotovoltaico. Los valores máximos de tensión y de corriente suministrables por el generador son independientes el uno del otro y corresponden a dos condiciones diferentes de funcionamiento del generador, la tensión en circuito abierto y la corriente de cortocircuito. Gracias a estos dos datos, la unidad de control determina la curva de funcionamiento normal del generador. Esta curva se calcula gracias a datos específicos representativos del generador y que se integran en la memoria de la unidad de control.

Como se ilustra en la figura 5, la curva A de funcionamiento del generador calculada por la unidad de control 6 representa la relación que vincula la corriente suministrada y la tensión en los bornes del generador en un funcionamiento normal. Se observa que, en un primer ámbito que corresponde a los valores de tensión más débiles, la corriente suministrable es sensiblemente máxima y constante, y corresponde a la corriente máxima I_{max} . Después, a medida que la tensión aumenta, la corriente disminuye de forma sensiblemente lineal hasta ser nula. Cuando la corriente suministrada por el generador es nula, la tensión en los bornes de este mismo generador es máxima y corresponde a la tensión máxima U_{max} . Por tanto, la curva A de funcionamiento del generador tiene en cuenta los datos climáticos actuales, por ejemplo el asoleamiento (irradiación y temperatura).

Después, la unidad de control 6 determina el estado de carga (SOC) de la batería 1 (F25). El protocolo de determinación del estado de carga es ventajosamente idéntico al que se ha explicado anteriormente. Esta estimación del estado de carga (SOC) es utilizada ventajosamente por la unidad de control 6 para definir los parámetros de carga deseables para diferentes perfiles de carga de la batería 1.

La unidad de control 6 posee igualmente, en la memoria, las características generales del elemento de almacenamiento y así puede conocer, en un funcionamiento normal, la relación que existe entre la corriente de

carga y la tensión en sus bornes. Esta relación está representada típicamente por la curva B (figura 5) y tiene la forma $U = E + RI$ en la que:

- 5 U es la tensión en los bornes del elemento de almacenamiento,
 E es la fuerza electromotora del elemento de almacenamiento,
 R es la resistencia interna del elemento de almacenamiento,
 I es la corriente de carga.

10 De forma convencional, la fuerza electromotora E del elemento de almacenamiento evoluciona en función del estado de carga (SOC) de la batería. Además, según el tipo de batería utilizada, es posible observar variaciones débiles de la resistencia interna R del elemento de almacenamiento.

15 La unidad de control 6 calcula entonces el valor de la tensión teórica de carga y la corriente teórica de carga (U_{tbat}/I_{tbat}) que corresponden a la adecuación entre las características eléctricas suministrables por el generador y las características eléctricas impuestas por la carga del elemento de almacenamiento 1, es decir, la intersección de las curvas A y B de la figura 5. De este modo, la tensión y la corriente de carga determinadas por la unidad de control 6 corresponden a la tensión y corriente teóricas de carga U_{tbat} e I_{tbat} .

20 Así, para el estado de carga determinado (SOC), la unidad de control 6 determina la corriente teórica de carga I_{tbat} y la tensión teórica $U_{tbat}(T,SOC)$, que depende igualmente de la temperatura de la batería 1. Este par corriente/tensión teórica de carga (U_{tbat}/I_{tbat}) permite, en teoría, una carga óptima de la batería.

25 Como se ha indicado anteriormente, si el generador y el elemento de almacenamiento están en conexión directa, la tensión en los bornes del elemento de almacenamiento y del generador es idéntica y la corriente que sale del generador corresponde a la que carga el elemento de almacenamiento. De todo ello resulta que el punto de funcionamiento debe pertenecer a las curvas A y B. Entonces, la corriente teórica de carga siempre es inferior a I_{max} y evoluciona a medida que se carga la batería desde I_{max} hasta la corriente de fin de carga, por ejemplo I_{umb} . El desplazamiento de la corriente teórica de carga sobre la característica (U/I) del generador está en función de las características del generador y de la batería.

30 Ventajosamente, las características del elemento de almacenamiento y del generador se eligen de forma que la corriente teórica de carga I_{tbat} no sea inferior a un valor límite, por ejemplo, el 80 % de la corriente máxima suministrable ($0,8 I_{max}$), lo que corresponde sensiblemente al punto de potencia máxima suministrable P_{mpp} por el generador 2. Esta condición vincula el tamaño del generador al tamaño de la batería. Si el generador está sobredimensionado respecto del ejemplo anterior ($0,8 I_{max}$), la corriente teórica de carga I_{tbat} puede no ser inferior al 90 % de la corriente máxima suministrable, o incluso ser sensiblemente igual a la corriente máxima suministrable I_{max} . A modo de ejemplo, este tipo de montaje puede utilizarse para cargar una batería de plomo que soporta una corriente elevada en fin de carga. En el caso contrario, si se quiere evitar suministrar una corriente elevada en fin de carga, el generador se subdimensiona.

40 Los valores U_{tbat} e I_{tbat} utilizados a continuación están en función del estado de carga (SOC) real de la batería 1 en el momento de su determinación (etapa F6).

45 La unidad de control 6 utiliza, entonces, diferentes magnitudes medidas y determinadas, para determinar el origen de la corriente débil de carga detectada anteriormente (salida SÍ de F22).

En la figura 4, la corriente real de carga I_{bat} se compara (F26) con la corriente teórica de carga I_{tbat} para verificar si la corriente real de carga I_{bat} es inferior a la corriente teórica de carga ($I_{bat} < I_{tbat}$).

50 Si (salida NO de F26) la corriente real de carga I_{bat} es superior o igual a la corriente teórica de carga I_{tbat} , el sistema autónomo funciona normalmente.

55 Ventajosamente, el estado de carga de la batería se compara con un estado de fin de carga predeterminado (F27), por ejemplo, el 99 % ($SOC < 99\%$). Si (salida NO de F27) el estado de carga es superior o igual al estado de fin de carga predeterminado, la batería se considera como cargada (F28). En caso contrario (salida SÍ de F27), el panel fotovoltaico 2 limita, a priori, la carga de la batería 1 lo que significa que la irradiación es débil (F29) y que la batería 1 utiliza toda la corriente disponible.

Si (salida SÍ de F26) la corriente real de carga es inferior a la corriente teórica de carga ($I_{bat} < I_{tbat}$), se supone que

el sistema autónomo tiene un funcionamiento anormal y se realiza la búsqueda del elemento defectuoso.

La tensión teórica de carga U_{tbat} se compara (F30) a continuación con la tensión de carga U_{bat} para verificar que la tensión real de carga U_{bat} sea superior a la tensión teórica de carga de la batería 1 ($U_{bat} > U_{tbat}$).

5

Si (salida SÍ de F30) la tensión real de carga U_{bat} es superior a la tensión teórica de carga de la batería 1 ($U_{bat} > U_{tbat}$), entonces la batería parece degradada y se avisa al usuario (F31). Efectivamente, se supone que la consecuencia principal de la degradación de la batería 1 es un aumento de su impedancia interna y por tanto un desfase de los puntos de funcionamiento corriente y tensión de la batería 1, como ilustra la curva C en la figura 6.

10

En el caso contrario (salida NO de F30), se compara de nuevo la tensión teórica de carga U_{tbat} y la tensión de carga U_{bat} (F32) para verificar si la tensión de carga U_{bat} es inferior a la tensión teórica de carga de la batería 1 ($U_{bat} > U_{tbat}$).

15

Si (salida SÍ de F32) la tensión real de carga U_{bat} es inferior a la tensión teórica de carga de la batería 1 ($U_{bat} < U_{tbat}$), en ese caso es el panel fotovoltaico 2 el que parece degradado y se avisa al usuario (F33). Efectivamente, se considera que la principal consecuencia de la degradación del panel fotovoltaico 2 es la degradación de su curva tensión/corriente, es decir, que su curva tensión/corriente se sitúa por debajo de su curva tensión/corriente nominal, como ilustra la curva D en la figura 7. De ello resulta un desfase entre los puntos de

20

funcionamiento corriente y tensión de la batería 1 respecto de los puntos de funcionamiento teórico. Entonces se sospecha que el panel fotovoltaico 2 es defectuoso y el usuario recibe un aviso (F33).

25

En caso contrario (salida NO de F32), la tensión teórica de carga U_{tbat} es igual a la tensión de carga U_{bat} , el funcionamiento del sistema autónomo es anormal, pero no se puede determinar ninguna causa y se avisa al usuario (F34). Ese caso puede corresponder a una degradación simultánea del generador y de la batería.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de diagnóstico de elementos defectuosos de un sistema autónomo, alimentado por una fuente de alimentación intermitente y que se compone en serie de un generador (2), un regulador de potencia (3) y un elemento de almacenamiento de energía (1), regulador que consta de un convertidor dispuesto entre el generador (2) y el elemento de almacenamiento de energía (1), el procedimiento consiste en
- la medición de la corriente y de la tensión (U_{bat}) reales de carga, la determinación en función de dichas mediciones de la potencia real de carga (P_{bat}) del elemento de almacenamiento de energía (1), la comparación de dicha potencia real de carga con un umbral de potencia predefinido;
 - la desconexión del elemento de almacenamiento de energía (1) si la potencia de carga es inferior al umbral de potencia;
 - cuando el elemento de almacenamiento de energía (1) está desconectado, la medición de la potencia máxima (P_{mpp}) suministrable por el generador (2) en el instante de la medición, la determinación del estado de carga (SOC) del elemento de almacenamiento de energía (1) desconectado, así como la determinación, a partir del estado de carga (SOC), de la tensión (U_{tbat}) y de la potencia (P_{tbat}) teóricas de carga para una carga óptima de la batería, donde la tensión teórica (U_{tbat}) es dependiente igualmente de la temperatura del elemento de almacenamiento de energía;
 - la diferenciación entre un comportamiento normal, un funcionamiento defectuoso del generador (2) y un funcionamiento defectuoso del elemento de almacenamiento de energía (1) en función de la comparación entre la potencia real de carga (P_{bat}) del elemento de almacenamiento (1) y el valor más pequeño representativo de la potencia teórica (P_{tbat}) de carga del elemento de almacenamiento de energía (1) y de la potencia máxima (P_{mpp}) suministrable por el generador (2) y de la comparación entre la tensión real (U_{bat}) de carga y la tensión teórica (U_{tbat}) de carga del elemento de almacenamiento de energía (1).
2. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado porque** consta de la medición de las tensiones de entrada y de salida del regulador de potencia (3) y la detección de un fallo en el dispositivo del regulador de potencia (3) en función de dichas mediciones.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el regulador de potencia (3) se considera defectuoso si su tensión de salida (U_{bat}) es nula.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** si la potencia real de carga (P_{bat}) del elemento de almacenamiento (1) es inferior a la potencia teórica de carga (P_{tbat}) y a la potencia máxima (P_{mpp}) suministrable por el generador (2) y si la tensión teórica de carga (U_{tbat}) es igual a la tensión real de carga (U_{bat}), el elemento de almacenamiento de energía (1) se considera como degradado (F11).
5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado porque** si se considera que el elemento de almacenamiento de energía (1) está degradado, se realiza una señalización del defecto.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** si la potencia real de carga (P_{bat}) del elemento de almacenamiento (1) es inferior a la potencia máxima (P_{mpp}) suministrable por el generador (2) y a la potencia teórica de carga (P_{tbat}) y si la tensión teórica de carga (U_{tbat}) es superior a la tensión real de carga (U_{bat}), se considera que el generador (2) está degradado (F12).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** si se considera que el generador (2) está degradado, se reinicializa un algoritmo de carga.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 y 7, **caracterizado porque** si se considera que el generador (2) está degradado, se reinicializa un algoritmo de búsqueda del punto de potencia máxima del regulador (3).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 y 8, **caracterizado porque** consta de la señalización del defecto del generador (2) después de un número predefinido de reinicializaciones sucesivas de un algoritmo como mínimo.
10. Procedimiento de diagnóstico de elementos defectuosos de un sistema autónomo, alimentado por una fuente de alimentación intermitente y que consta de un generador (2) conectado a un elemento de almacenamiento de energía (1), la fuente de alimentación y el elemento de almacenamiento de energía (1) están conectados

directamente por medios de conmutación, el procedimiento consiste en

- la medición de una corriente real de carga (I_{bat}) y de una tensión real de carga (U_{bat}), la comparación de la corriente real de carga (I_{bat}) con un primer umbral de corriente predefinido (I_{umb}),
- 5 - la desconexión del elemento de almacenamiento de energía (1) si dicha corriente real de carga (I_{bat}) es inferior al umbral de corriente (I_{umb});
- cuando el elemento de almacenamiento de energía (1) está desconectado, la medición de la corriente máxima (I_{max}) y de la tensión máxima (U_{max}) suministrables por el generador (2) en el momento de la medición, la determinación del estado de carga (SOC) del elemento de almacenamiento de energía (1) desconectado, así como
- 10 la determinación, a partir del estado de carga (SOC), de una corriente teórica de carga (I_{tbat}) para una carga óptima de la batería sobre la característica de funcionamiento del generador, la tensión teórica (U_{tbat}) depende igualmente de la temperatura del elemento de almacenamiento de energía,
- la diferenciación entre un comportamiento normal y un funcionamiento defectuoso del sistema autónomo en función de la comparación de la corriente real de carga (I_{bat}) con la corriente teórica de carga (I_{tbat}).
- 15
- 11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** cuando la corriente real de carga (I_{bat}) es inferior a la corriente teórica de carga (I_{tbat}), si la tensión real de carga (U_{bat}) del elemento de almacenamiento (1) es inferior a la tensión teórica de carga (U_{tbat}), se considera que el generador (2) está degradado (F33).
- 20
- 12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado porque** si se considera que el generador (2) está degradado, se realiza una señalización del defecto.
- 13. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** si la corriente real de carga (I_{bat}) es
- 25 inferior a la corriente teórica de carga (I_{tbat}), si la tensión real de carga (U_{bat}), del elemento de almacenamiento (1) es superior a la tensión teórica de carga (U_{tbat}), se considera que el elemento de almacenamiento de energía (1) está degradado (F31).
- 14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado porque** si se considera que el elemento de
- 30 almacenamiento de energía (1) está degradado, se realiza una señalización del defecto.
- 15. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** si la corriente real de carga (I_{bat}) es inferior a la corriente teórica de carga (I_{tbat}), si la tensión real de carga (U_{bat}), del elemento de almacenamiento (1) es igual a la tensión teórica de carga (U_{tbat}), se considera que el sistema autónomo está degradado según una
- 35 causa indeterminada (F34).
- 16. Procedimiento según la reivindicación 15, **caracterizado porque** si se considera que el sistema autónomo está degradado, se realiza una señalización del defecto.
- 40
- 17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado porque** el generador (2) es un panel fotovoltaico.
- 18. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado porque** el generador (2) es de tipo eólico.
- 45

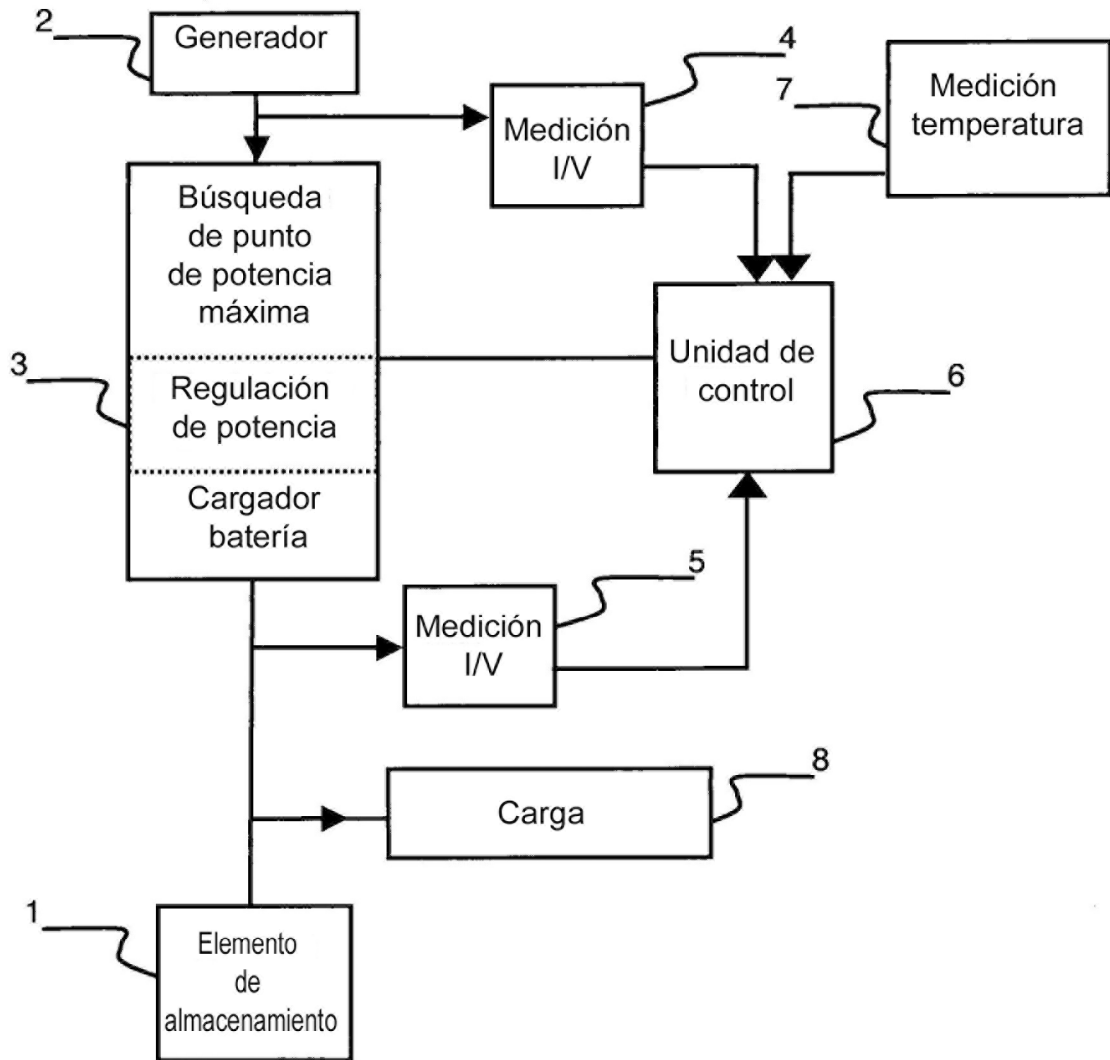


Figura 1

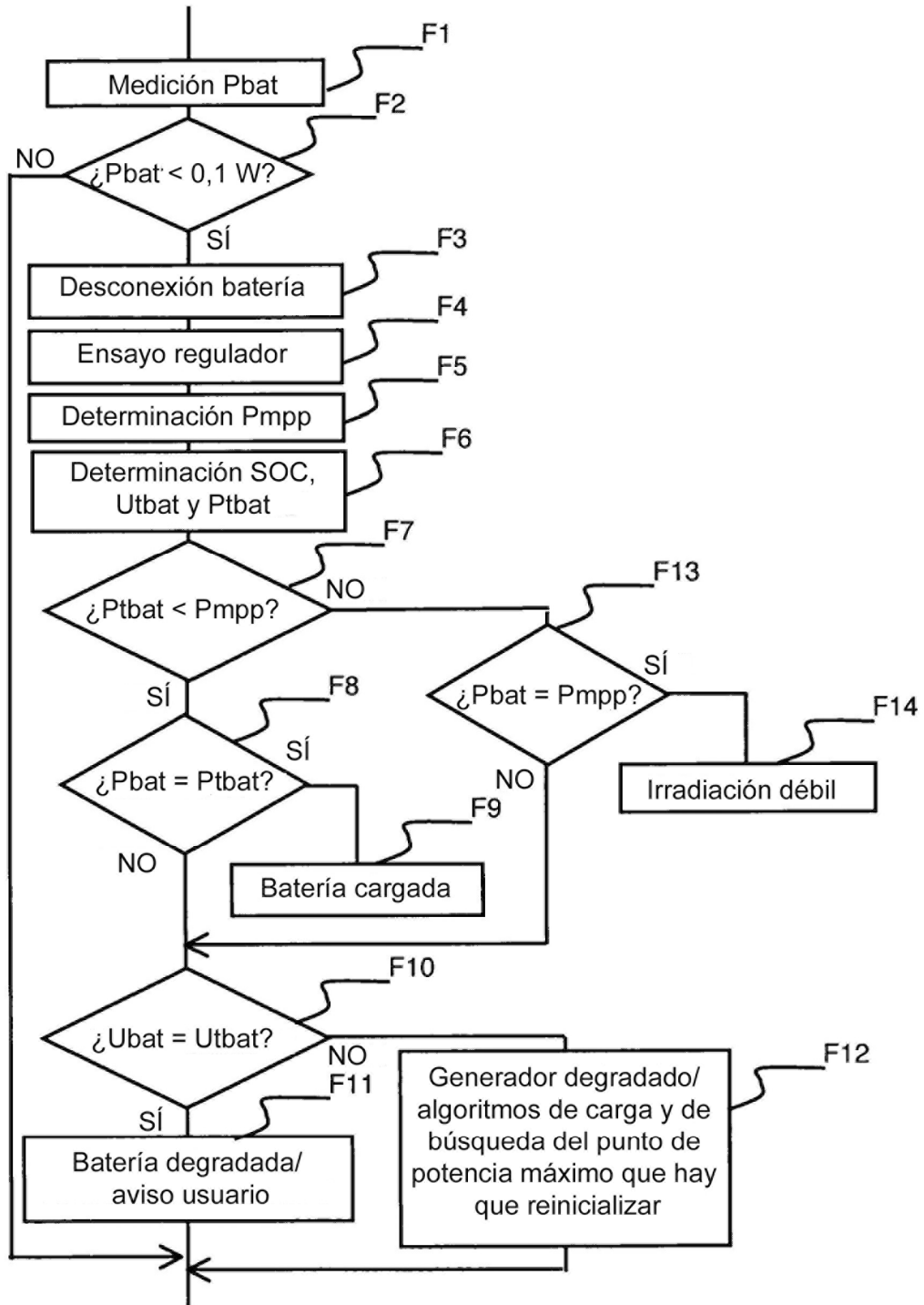


Figura 2

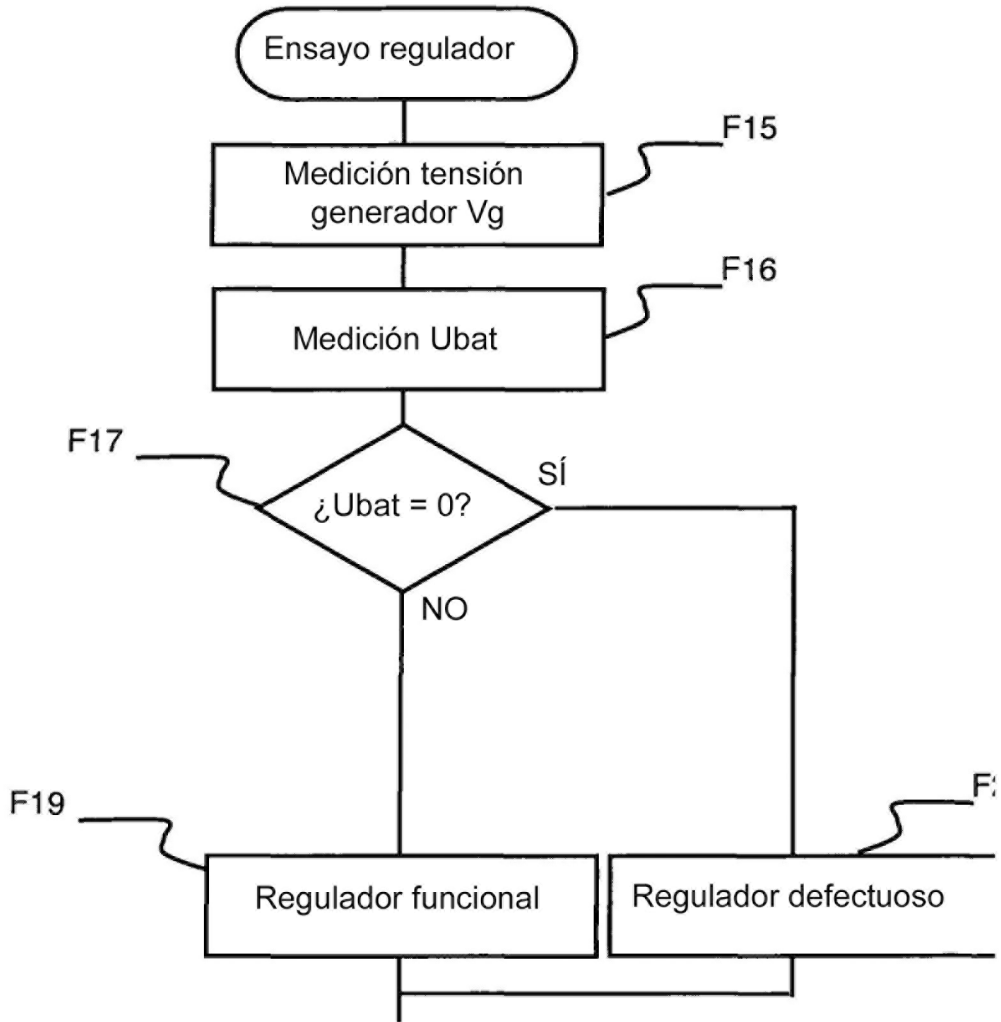


Figura 3

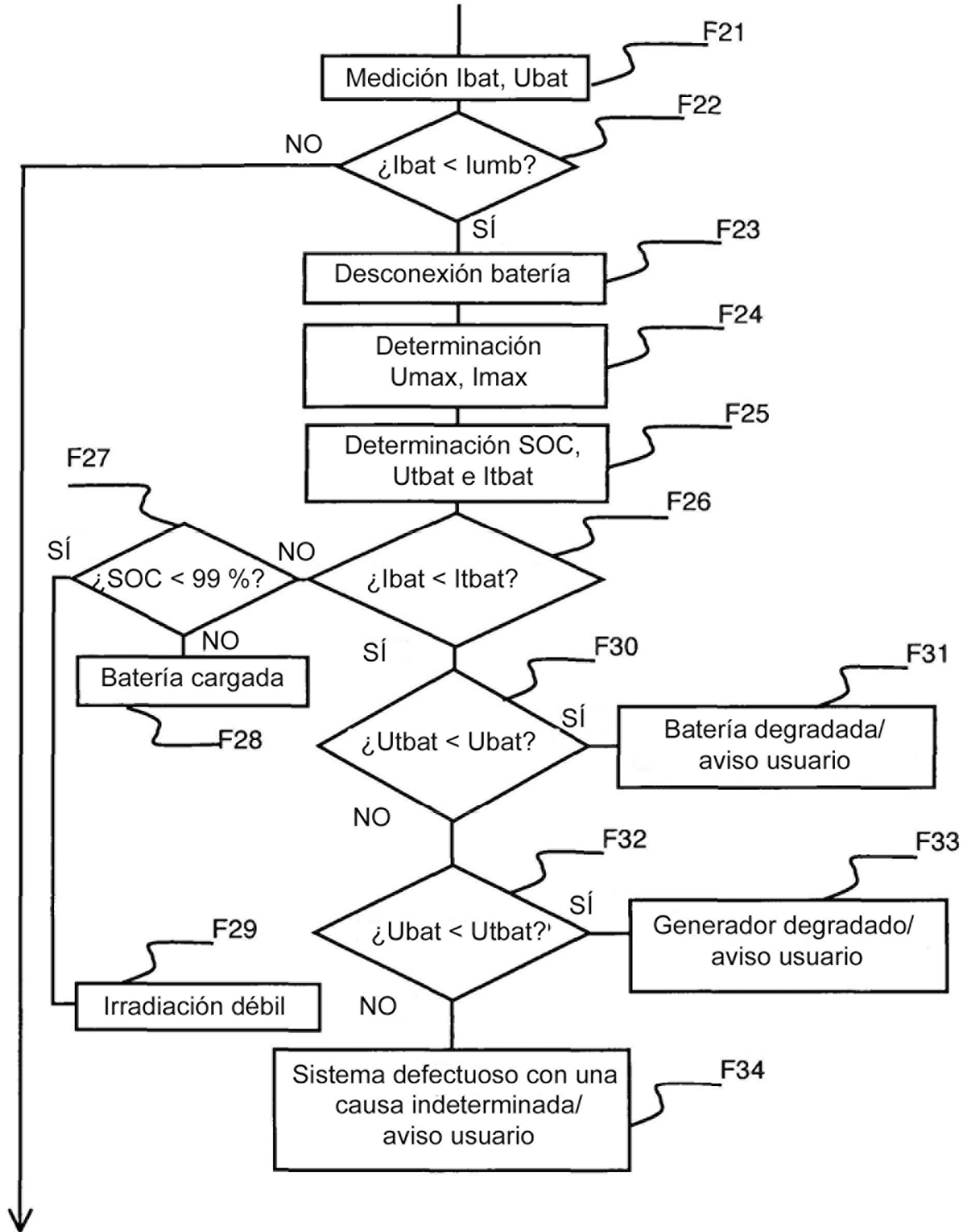


Figura 4

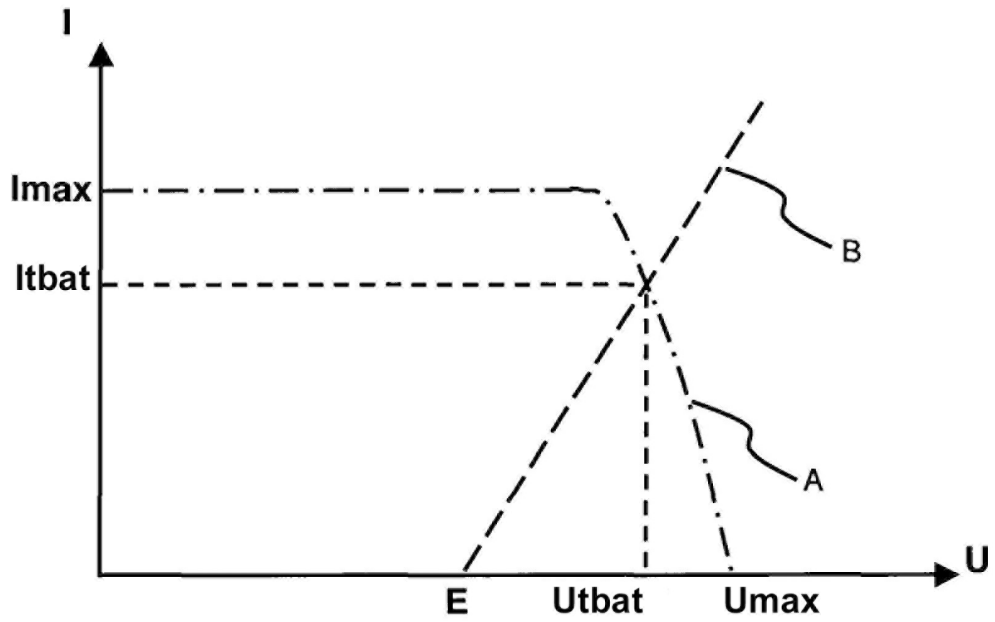
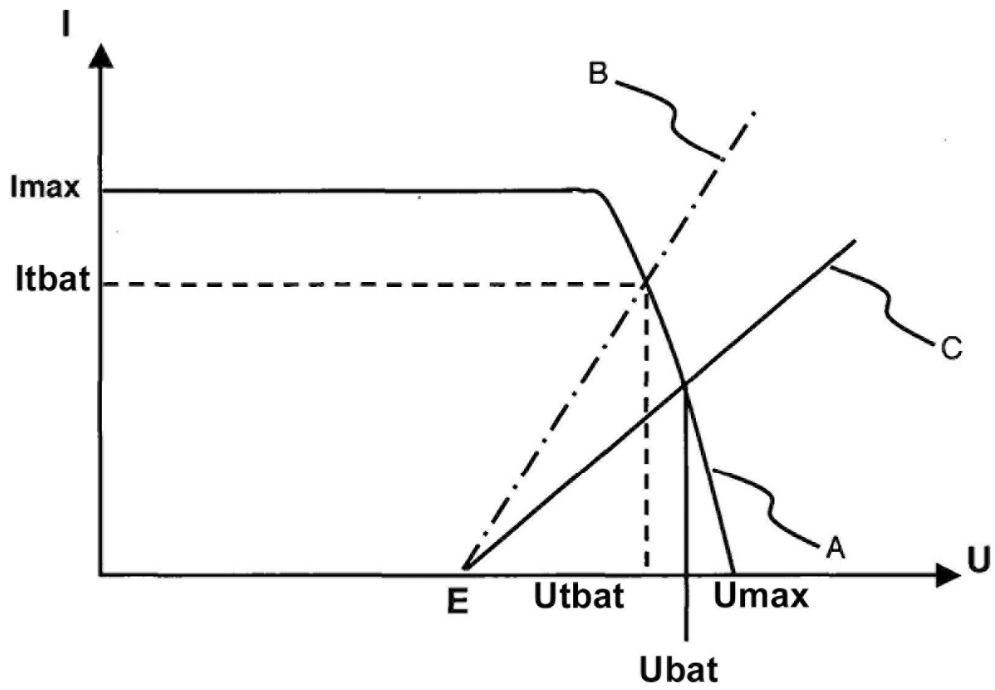


Figura 5



Figuras 6

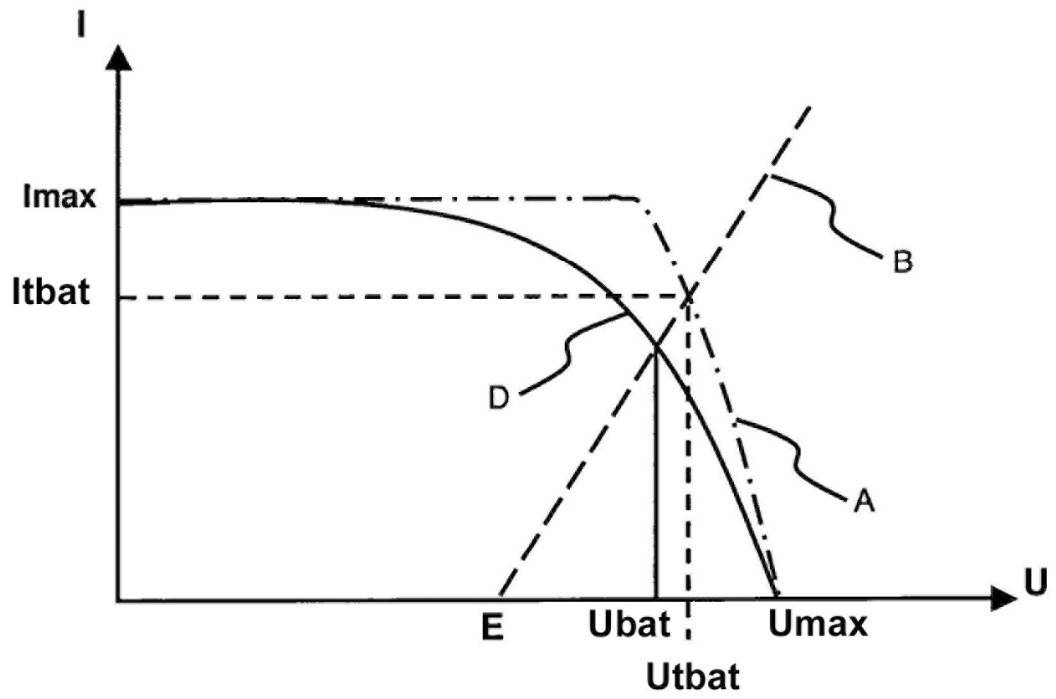


Figura 7