

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 764**

51 Int. Cl.:

H02J 1/10 (2006.01)

H02J 3/28 (2006.01)

H02J 3/32 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.03.2012 PCT/EP2012/054091**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.09.2012 WO2012123350**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2012 E 12707774 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 2686934**

54 Título: **Sistema de alimentación eléctrica híbrido, autónomo, de un equipo eléctrico y unidad y procedimiento de gestión del sistema**

30 Prioridad:

17.03.2011 FR 1152219

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

24.04.2017

73 Titular/es:

**POWIDIAN (100.0%)
10 Rue Jean Perrin
37170 Chambray Les Tours, FR**

72 Inventor/es:

**MUNIER, ERIC;
BOURGEAIS, JEAN-MARIE y
DE GENTILE, MARION**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 609 764 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

Sistema de alimentación eléctrica híbrido, autónomo, de un equipo eléctrico y unidad y procedimiento de gestión del sistema

5 La presente invención se refiere a un sistema de alimentación eléctrica híbrido, autónomo, de un equipo eléctrico, en particular, una estación de telecomunicaciones tal como una estación base de una red para móviles. El sistema de alimentación eléctrica puede ser transportable.

10 Actualmente, están siendo requeridos operadores de telecomunicaciones para que desplieguen redes de telecomunicaciones para móviles en países y regiones carentes de red de distribución de energía eléctrica. Una estación dentro de tal red de telecomunicaciones debería ser autónoma en cuanto a su consumo de energía eléctrica y no precisar de vigilancia alguna. Aparte de su autonomía, la estación debería cumplir con imposiciones de movilidad, de accesibilidad y de protección si es utilizada para salvamento, con motivo de catástrofes naturales, o en conflictos y/o zonas aisladas, y ofrecer un coste de fabricación poco elevado para hacerla asequible a regiones pobres.

15 Los sistemas de alimentación eléctrica híbridos autónomos que se conocen tan solo cumplen parcialmente con estas imposiciones. En general, comprenden una fuente de energía renovable que produce electricidad, un módulo de almacenamiento de electricidad que garantiza una autonomía relativa y una unidad electrónica de mando que se encarga de una alimentación eléctrica relativamente permanente de la estación de telecomunicaciones.

20 La fuente de energía renovable es, las más de las veces, híbrida, e incluye varias celdas de energía renovable, tal como un generador eólico y paneles solares fotovoltaicos. Semejante solución presenta inconvenientes. Por ejemplo, un mástil de aerogenerador demasiado grande, en cuya cima se soporta la estación de telecomunicaciones, no es transportable, y la estación es de difícil acceso. De acuerdo con otro ejemplo, para un sistema de alimentación transportable no son adecuados aerogeneradores en gran número y/o paneles solares demasiado grandes o numerosos.

25 El módulo de almacenamiento de electricidad puede comprender una batería eléctrica de plomo-ácido, que presenta los inconvenientes de tener un tamaño y un peso excesivos, lo cual dificulta su protección dentro de un cajón transportable, tal como un "shelter". Más aún, la vida útil de la batería disminuye cuanto más aumenta la temperatura en el emplazamiento donde se instala el sistema de alimentación, teniendo la batería tendencia a hincharse al calor.

30 El módulo de almacenamiento de electricidad está asociado en bastantes ocasiones a un grupo de producción de electricidad, que puede ser un grupo electrógeno diésel o una pila de combustible. El grupo de producción de electricidad palia una descarga de la batería a causa de una deficiencia de energía renovable, por ejemplo, durante periodos sin viento y/o no soleados, especialmente nocturnos, de unos días. El grupo electrógeno es ruidoso, desprende humo nocivo para el medio ambiente y es dispendioso en combustible. Precisa de un mantenimiento frecuente e implica la instalación de una cuba contenedora del combustible, que puede ser sustraído.

35 Para subsanar los inconvenientes del grupo electrógeno, este puede ser sustituido por una pila de combustible que participa en la continuidad de la alimentación de energía eléctrica. El combustible de la pila puede ser metanol o hidrógeno. En una pila de combustible de metanol, el metanol es reformado para producir hidrógeno que, alimentando la pila, expulsa gas carbónico. El metanol no puede ser producido en el terreno y tiene que almacenarse y reabastecerse. Igualmente, el hidrógeno de una pila de combustible tiene que almacenarse a alta presión en botellas que tienen que reabastecerse.

40 El hidrógeno puede ser producido regularmente mediante electrólisis del agua, para evitar un abastecimiento de combustible. En este caso, el hidrógeno producido por un electrolizador tiene que comprimirse a muy elevada presión y almacenarse en botellas en el terreno, cosa que requiere medios pesados, complejos y costosos, incompatibles con un sistema de alimentación transportable. Más aún, la normativa sobre el almacenamiento de hidrógeno a alta presión es restrictiva, y el almacenamiento de hidrógeno tiene que protegerse, por ejemplo, mediante una vigilancia. Para el funcionamiento del electrolizador tiene que preverse una fuente de alimentación en el terreno.

45 Para subsanar los inconvenientes del almacenamiento del hidrógeno en botellas, recientemente se han diseñado depósitos de almacenamiento de hidrógeno basados en una reacción de hidruración reversible. Sin embargo, una unidad generadora electroquímica que incluye una pila de hidrógeno, un electrolizador y un depósito de almacenamiento de hidrógeno de este tipo no es autónoma en agua para el electrolizador.

En todos los sistemas de alimentación eléctrica, las unidades generadoras que comprenden pilas de combustible tienen un elevado coste, una vida útil de unos miles de horas y un escaso rendimiento.

55 El documento US 2003/0227276 describe una batería de alimentación de un equipo eléctrico que recibe energía de una fuente intermitente (aerogenerador, paneles solares...) y que, además, está acoplada a una pila de combustible. Esta almacena energía en forma de hidrógeno cuando el nivel de la batería está por encima de un cierto umbral predeterminado y transforma hidrógeno en energía cuando el nivel de la batería está por debajo de un cierto umbral

predeterminado.

5 La invención está orientada a gestionar automáticamente un sistema de alimentación de un equipo eléctrico, que puede ser alimentado indistintamente por una fuente de potencia eléctrica intermitente, un módulo de almacenamiento de energía eléctrica y una unidad generadora electroquímica de combustible gaseoso, con el fin de recurrir lo menos posible a la unidad generadora electroquímica para alimentar el equipo y, así, con el fin de incrementar la duración de vida de la unidad generadora electroquímica de combustible y la autonomía del sistema de alimentación y de reducir el mantenimiento del mismo.

10 Para este fin, un procedimiento para gestionar la continuidad de la alimentación eléctrica de un equipo eléctrico suministrada con prioridad por una fuente de potencia eléctrica intermitente, recurriendo el procedimiento a un módulo de almacenamiento de energía eléctrica y una unidad generadora electroquímica de combustible gaseoso, según las características técnicas de la reivindicación 1.

15 De acuerdo con la invención, la unidad generadora electroquímica tan solo produce y almacena combustible si se cumple una doble condición muy particular que corresponde a una potencia de la fuente intermitente que excede a la potencia de funcionamiento del equipo y una potencia del módulo de almacenamiento de energía eléctrica al menos igual al primer umbral de potencia, tal como un umbral de carga a fondo. La unidad generadora electroquímica tan solo es activada en cuanto se cumple una condición muy particular que corresponde a una potencia del módulo de almacenamiento de energía eléctrica, que comprende al menos una batería, que ha alcanzado el segundo umbral de potencia, tal como un umbral de descarga. Estas dos condiciones permiten recurrir lo menos posible a la unidad generadora electroquímica de combustible y lo más posible a la fuente intermitente y al módulo de almacenamiento de energía eléctrica para alimentar el equipo. En efecto, la duración de vida de la pila de combustible incluida en la unidad generadora es independiente de la potencia que proporciona, pero es dependiente del número de activaciones - desactivaciones de la pila, en tanto que una batería incluida en el módulo de almacenamiento de energía eléctrica tiene una elevada duración de vida de varios años, incluso si experimenta un número muy elevado de cargas y descargas. Las citadas condiciones también disminuyen la frecuencia del mantenimiento del sistema de alimentación, en particular, de la unidad generadora electroquímica.

La fuente de potencia eléctrica intermitente puede ser un dispositivo de energía renovable o una red de distribución de energía eléctrica poco fiable.

30 Como complemento de las dos aludidas etapas, el procedimiento de gestión según la invención comprende, además, la siguiente etapa, que se ejecuta mientras el módulo de almacenamiento de energía eléctrica no haya alcanzado el segundo umbral de potencia, y sin recurrir a la energía almacenada en la unidad generadora electroquímica:

35 una alimentación del equipo mediante la fuente y una carga del módulo de almacenamiento de energía eléctrica mediante la fuente intermitente cuando la potencia de la fuente excede a la potencia de funcionamiento del equipo y la potencia del módulo de almacenamiento de energía eléctrica está comprendida entre los umbrales de potencia primero y segundo, y

una alimentación del equipo mediante al menos el módulo de almacenamiento de energía eléctrica cuando la potencia de la fuente intermitente es inferior a la potencia de funcionamiento del equipo y la potencia del módulo de almacenamiento de energía eléctrica está comprendida entre los umbrales de potencia primero y segundo.

40 En la segunda etapa citada, la alimentación del equipo mediante al menos el módulo de almacenamiento de energía eléctrica significa que el equipo puede ser alimentado a la vez por el módulo de almacenamiento de energía eléctrica y la fuente intermitente, o bien solamente por el módulo de almacenamiento de energía eléctrica, si se cumplen las dos siguientes condiciones: la potencia de la fuente intermitente es inferior a la potencia de funcionamiento del equipo y, por tanto, puede ser nula, y la potencia del módulo de almacenamiento de energía eléctrica es superior al segundo umbral, es decir, está comprendida entre los dos umbrales de potencia.

45 La gestión de la continuidad de la alimentación eléctrica del equipo puede ser realizada automáticamente por una unidad de gestión para gestionar la alimentación de la unidad generadora electroquímica en función de la carga del módulo de almacenamiento de energía eléctrica. En este caso, con objeto de preservar la autonomía del sistema de alimentación, la alimentación de la unidad de gestión es simultánea a la alimentación del equipo, constituyendo el equipo y la unidad de gestión la carga eléctrica del sistema de cuya alimentación eléctrica tiene que garantizarse la continuidad.

La unidad generadora electroquímica puede hallarse sola o completada con más de una unidad generadora electroquímica, en función de la capacidad del módulo de almacenamiento de energía eléctrica y de la rapidez con que se desee la recarga del mismo. De acuerdo con una realización particular de la invención que utiliza una pila de combustible, por ejemplo de hidrógeno, en cada unidad generadora electroquímica, se puede prever

55 una producción de combustible mediante un electrolizador y un almacenamiento del combustible producido en un depósito de almacenamiento cuando el electrolizador es alimentado mediante la fuente, y

una restitución del combustible almacenado desde el depósito de almacenamiento a una pila de combustible en cuanto la potencia del módulo de almacenamiento de energía eléctrica se halla en el segundo umbral de potencia y hasta que la potencia del módulo de almacenamiento de energía eléctrica alimentado por la pila alcance el primer umbral de potencia.

5 De acuerdo con otra característica de la invención, la autonomía de agua que ha de suministrarse al electrolizador recae en una condensación de vapor de agua de aire exterior en agua de condensación durante la restitución de hidrógeno almacenado. El almacenamiento de hidrógeno puede comprender una adsorción de hidrógeno por una aleación para formar un hidruro, y la condensación puede tener su origen en una transferencia de calor del aire cargado con vapor de agua a una reacción endotérmica del hidruro en aleación.

10 Asimismo, la invención se refiere a un sistema para alimentar un equipo eléctrico bajo el gobierno de una unidad de gestión, comprendiendo el sistema una fuente de potencia eléctrica intermitente, un módulo de almacenamiento de energía eléctrica y una unidad generadora electroquímica de combustible gaseoso, según las características técnicas de la reivindicación 8.

15 Con objeto de que las funciones de estos medios sean gobernadas por un medio de mando del tipo controlador programable, la unidad de gestión puede comprender conmutadores unidos a la fuente y a la unidad generadora electroquímica, convertidores de corriente unidos al módulo de almacenamiento de energía eléctrica, al equipo y a la unidad generadora electroquímica. El medio de mando puede estar adaptado para gobernar los conmutadores y los convertidores para que la unidad generadora electroquímica sea apta para alimentar el equipo y el módulo de almacenamiento de energía eléctrica en cuanto el módulo de almacenamiento de energía eléctrica es apto para tener una potencia igual al segundo umbral de potencia y hasta que el módulo de almacenamiento de energía eléctrica cargado por la unidad generadora electroquímica sea apto para alcanzar el primer umbral de potencia, y para que al menos el módulo de almacenamiento de energía eléctrica sea apto para alimentar el equipo cuando la fuente intermitente es apta para tener una potencia inferior a la potencia de funcionamiento del equipo y el módulo de almacenamiento de energía eléctrica es apto para tener una potencia comprendida entre los umbrales de potencia primero y segundo.

25 Para cumplir las referidas condiciones que pueden depender de medidas de diversas potencias eléctricas, la unidad de gestión según la invención puede comprender también un medio para medir la potencia suministrada por la fuente, un medio para medir la potencia suministrada por la unidad generadora electroquímica cuando la unidad generadora electroquímica es apta para cargar el módulo de almacenamiento de energía eléctrica, un medio para pilotar la tensión de alimentación de un electrolizador incluido en la unidad generadora electroquímica, un medio para medir la potencia de funcionamiento del equipo y un módulo para medir la potencia del módulo de almacenamiento de energía eléctrica.

30 El sistema comprende la fuente de potencia eléctrica intermitente, el módulo de almacenamiento de energía eléctrica y la unidad generadora electroquímica de combustible gaseoso, y está caracterizado por que la fuente intermitente es una fuente de energía renovable que puede comprender uno o varios generadores eólicos y/o uno o varios paneles solares fotovoltaicos.

35 De acuerdo con otra realización, el sistema comprende el módulo de almacenamiento de energía eléctrica y la unidad generadora electroquímica de combustible gaseoso y está caracterizado por que la fuente intermitente es una red de distribución de energía eléctrica. Para esta realización, el sistema hace las funciones de sistema de alimentación de reserva cuando se corta la red de distribución o cuando la potencia proporcionada por la misma es, anormalmente, demasiado débil para alimentar el equipo.

40 En estas dos realizaciones, el sistema de alimentación eléctrica puede ser completamente autónomo en electricidad, combustible y agua, silencioso, no contaminante y modulable, tener una duración de vida de al menos una quincena de años y precisar de poco mantenimiento.

45 Con objeto de incrementar la duración de vida del sistema, el módulo de almacenamiento de energía eléctrica puede comprender al menos una batería de ión litio.

50 Cuando la unidad generadora electroquímica comprende una pila de combustible, la pila de combustible es apta para alimentar el equipo y cargar el módulo de almacenamiento de energía eléctrica en cuanto el módulo de almacenamiento de energía eléctrica es apto para tener una potencia igual al segundo umbral de potencia y hasta que el módulo de almacenamiento de energía eléctrica cargado por la unidad generadora electroquímica sea apto para alcanzar el primer umbral de potencia. No es necesario ningún abastecimiento de combustible cuando la unidad generadora electroquímica comprende también un electrolizador para producir combustible cuando la fuente es apta para tener una potencia que excede a la potencia de funcionamiento del equipo y el módulo de almacenamiento de energía eléctrica es apto para tener una potencia al menos igual al primer umbral de potencia, y un depósito de almacenamiento para almacenar combustible producido por el electrolizador y restituir a la pila combustible almacenado.

55 Si el combustible es hidrógeno, la unidad generadora electroquímica puede comprender un condensador para condensar vapor de agua de aire exterior en agua de condensación durante una restitución de hidrógeno

almacenado, del depósito de almacenamiento a la pila, y un depósito-colector de agua para recoger el agua de condensación durante la restitución de hidrógeno almacenado y suministrar el agua de condensación al electrolizador cuando el electrolizador es apto para ser alimentado por la fuente. Dependiendo de las condiciones climáticas del emplazamiento de instalación del sistema, el condensador puede ser apto para condensar vapor de agua suministrado por la pila.

Finalmente, la invención se refiere a un programa de ordenador apto para su puesta en práctica en una unidad de gestión y caracterizado por comprender instrucciones que, cuando se ejecuta el programa en la unidad de gestión, realizan el procedimiento de la invención.

Otras características y ventajas de la presente invención se pondrán más claramente de manifiesto con la lectura de la siguiente descripción de varias formas de realización de la invención dadas a título de ejemplos no limitativos, con referencia a los correspondientes dibujos que se acompañan, en los cuales:

la figura 1 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de alimentación eléctrica según la invención;

la figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de una unidad generadora electroquímica de combustible gaseoso incluida en el sistema; y

la figura 3 es un algoritmo del procedimiento de gestión de alimentación eléctrica según la invención.

Con referencia a la figura 1, un sistema de alimentación eléctrica 1 según la invención comprende una unidad de gestión de alimentación eléctrica 2, un módulo de almacenamiento de energía eléctrica 3 y al menos una unidad generadora electroquímica de combustible gaseoso 4, por ejemplo, dos unidades generadoras electroquímicas. El sistema 1 está destinado a alimentar potencia eléctrica a un equipo eléctrico 5 y a unirse a una fuente de potencia eléctrica intermitente 6.

El equipo eléctrico 5 hace las funciones de carga eléctrica del sistema de alimentación y es, por ejemplo, una estación de telecomunicaciones que funciona como transmisor y receptor para terminales móviles. El equipo 5 está alimentado permanentemente por el sistema de alimentación 1 con una potencia eléctrica de funcionamiento P5 variable en función de los servicios asumidos por el equipo. Por ejemplo, el equipo es alimentado a una tensión continua de 48 V correspondiente a la tensión nominal presente a la salida del módulo de almacenamiento de energía eléctrica 3.

De acuerdo con una primera utilización ilustrada en la figura 1 a la que haremos referencia seguidamente, la fuente de potencia intermitente 6 es un dispositivo de energía renovable que comprende, por ejemplo, un módulo eólico y un módulo de energía solar. El módulo eólico comprende, por ejemplo, al menos un generador eólico 61 que genera una corriente alterna intermitente a su salida trifásica según la realización ilustrada en la figura 1, o una corriente continua intermitente. El módulo de energía solar comprende al menos un panel solar fotovoltaico 62. Por ejemplo, en paralelo a la unidad 2, van conectados dos o tres paneles solares fotovoltaicos 62. Los paneles solares generan una corriente continua intermitente.

En conjunto, la fuente de potencia 6 es capaz de suministrar una potencia recuperable P6 variable en función de la posición geográfica del emplazamiento de instalación del sistema 1.

El módulo de almacenamiento de energía eléctrica 3 comprende baterías eléctricas 31 y presenta, por ejemplo, una tensión nominal de 48 V. Las baterías son, por ejemplo, de ión litio, con el fin de ofrecer una duración de vida de varios años por un elevado número de ciclos de carga - descarga. La capacidad de las baterías es tal que el ciclo de carga - descarga dura 24 horas aproximadamente cuando alimentan permanentemente el equipo 5. Estas suministran una potencia P3 medida permanentemente y comprendida entre una potencia de carga mínima P3m, llamada potencia de descarga, y una potencia de carga máxima P3M, llamada potencia de carga a fondo. Las baterías se cargan mediante la fuente de potencia 6 durante periodos de viento y/o de insolación suficientes y sirven de acumulador intermedio durante periodos sin viento y/o insolación en el emplazamiento donde está instalado el sistema 1, para suministrar potencia eléctrica al equipo 5 mientras la potencia P3 no haya alcanzado la potencia de descarga P3m. La potencia de descarga P3m es suficiente para alimentar la unidad de gestión 2 y el equipo 5 y para hacer arrancar las pilas en las unidades generadoras electroquímicas 4 según el ciclo del procedimiento de gestión del sistema de alimentación 1 que más adelante se describe. Durante periodos largos sin viento e insolación, superiores a 24 horas aproximadamente y con posibilidad de llegar a más de una decena de días, las unidades generadoras electroquímicas 4 son activadas por la unidad de gestión 2 cada vez que la potencia P3 alcanza la potencia de descarga P3m, con el fin de recargar rápidamente las baterías 31, típicamente, en 3 horas aproximadamente. Las unidades 4 se encargan asimismo de la alimentación de potencia eléctrica al equipo 5 durante la recarga de las baterías, o en caso de fallo de las mismas.

De acuerdo con la realización del sistema de alimentación mostrada en la figura 1, las dos unidades generadoras electroquímicas 4 son idénticas y tiene hidrógeno por combustible. Se pasa a describir seguidamente una de ellas, con referencia a la figura 2.

Cada unidad generadora electroquímica 4 comprende, en forma de módulos, una pila de hidrógeno 40, un

electrolizador 41, un depósito de almacenamiento de hidrógeno 42, un condensador 43 y un depósito-colector de agua 44 y un purificador de agua 45. Como variante, un depósito de almacenamiento de hidrógeno, un condensador, un depósito-colector de agua y un purificador de agua son comunes a las unidades 4, que comprenden, cada una de ellas, un electrolizador individual 41 y una pila de hidrógeno individual 40.

5 La pila de hidrógeno 40 es, por ejemplo, de tecnología de membrana de intercambio de protones PEM ("Proton Exchange Membrane" en inglés). El hidrógeno, en forma de dihidrógeno, es descargado del módulo de almacenamiento de hidrógeno 42 por intermedio de una conducción 46 que tiene una electroválvula 46EV abierta bajo el gobierno de la unidad de gestión 2, para oxidarse en el ánodo 40A de la pila. Así, el oxígeno procedente del
10 aire ambiente es reducido en el cátodo 40C de la pila con un intercambio de iones para suministrar corriente eléctrica a la salida de la pila 40 y aire cargado con vapor de agua a una conducción 47P que, según una variante, puede estar unida al condensador 43. En funcionamiento, la pila de hidrógeno 40 suministra rápidamente una potencia netamente más elevada que la potencia eléctrica P5 necesaria para el funcionamiento del equipo eléctrico 5.

15 Bajo el gobierno de la unidad de gestión 2, el electrolizador 41 es alimentado con electricidad por la fuente 6 y con agua por el depósito-colector 44 a través de una conducción 48 que tiene una electroválvula 48EV abierta bajo el gobierno de la unidad de gestión 2, y a través del purificador de agua 45. El electrolizador opera a escasa presión y baja temperatura para descomponer el agua recogida y purificada en oxígeno y en hidrógeno. En el ánodo 41A del electrolizador, el oxígeno se escapa al aire. En el cátodo 41C del electrolizador, el hidrógeno se produce a escasa
20 presión para ser almacenado en el depósito 42 por intermedio de una conducción 49 que tiene una electroválvula 49EV abierta bajo el gobierno de la unidad de gestión 2. Por ejemplo, el electrolizador 41 es compacto y comprende un electrolito en estado sólido tal como una membrana polimérica PEM. La electrólisis del agua se desencadena en el electrolizador 41 mediante una aportación de electricidad a la salida de la unidad de gestión 2, que gestiona la duración de la electrólisis y de la apertura de las electroválvulas 48EV y 49EV hasta que el depósito de almacenamiento de hidrógeno 42 esté lleno.

25 El depósito de almacenamiento de hidrógeno 42 y el condensador de vapor de agua 43 son, preferentemente, en forma de al menos un contenedor.

El depósito 42 contiene cajones 42C, que pueden ser en forma de botellas y que están apilados verticalmente según la realización ilustrada. Cada cajón 42C tiene una entrada de almacenamiento 42S enlazada con la conducción 49, para almacenar directamente el hidrógeno producido por el cátodo 41C del electrolizador 41, y una salida de
30 restitución 42D enlazada con la conducción 46, para restituir directamente el hidrógeno almacenado hacia el ánodo 40A de la pila 40. Como variante, la entrada 42S y la salida 42D están agrupadas en una sola boca de almacenamiento / restitución del cajón.

35 El condensador 43 es, por ejemplo, en forma de una columna hueca metálica que tiene superiormente una entrada de admisión de aire 43AE, para admitir aire ambiente 47E exterior a la unidad generadora e, inferiormente, una salida de escape de aire 43S hacia el exterior y una salida de recuperación de agua de condensación 43EC dirigida hacia el depósito-colector de agua 44. El condensador 43 contiene un sistema de convección forzada de aire y un intercambiador térmico. El sistema de convección está constituido, por ejemplo, por un ventilador eléctrico 43V gobernado por la unidad de gestión 2 y dispuesto superiormente delante de la entrada de aire 43AE. El intercambiador térmico es, por ejemplo, en forma de un radiador 43R, que tiene aletas orientadas hacia el interior del
40 condensador 43 para estar en contacto con el aire ventilado y una base constitutiva de un tabique térmicamente conductor, por ejemplo de grafito, común al condensador y a los cajones 42C del depósito de almacenamiento 42.

45 El depósito-colector de agua 44 comprende una cuba para recoger por gravedad agua de condensación 43EC que es producida por el condensador 43. Facultativamente, el depósito-colector 44 recoge agua de lluvia 44p. El depósito-colector 44 está unido mediante la conducción 48, cuya electroválvula 48EV es abierta bajo el gobierno de la unidad de gestión 2 para alimentar con agua el purificador 45 y el electrolizador 41 cuando este está alimentado eléctricamente por la fuente intermitente 6 para producir hidrógeno que ha de almacenarse. El purificador 45 purifica el agua recogida para cumplir con la calidad de agua requerida por el electrolizador 41.

50 El depósito de almacenamiento de hidrógeno 42 almacena directamente el hidrógeno producido por el electrolizador 41 y suministra directamente hidrógeno como vector energético a la pila de hidrógeno 40. El depósito 42 se carga con el hidrógeno producido a una baja presión de típicamente una decena de bares por el electrolizador 41, por intermedio de la electroválvula 49EV abierta bajo el gobierno de la unidad de gestión 2, en la conducción 49. Cada cajón 42C dentro del depósito 42 contiene una aleación basada en tierras raras y en metal, tal como una aleación de lantano y níquel, en contacto con la base del radiador 43R.

55 En el almacenamiento de hidrógeno que es exotérmico, la aleación, que presenta una elevada capacidad de adsorción másica reversible, adsorbe el hidrógeno producido por el electrolizador 41 para formar un sustrato de hidruro, tal como el hidruro LaNi_5H_6 , con un desprendimiento de calor hacia el exterior. Este almacenamiento directo del hidrógeno producido no recurre a una compresión del hidrógeno de varias centenas de bares como para el almacenamiento de hidrógeno gaseoso o líquido en botellas, y presenta un rendimiento energético muy elevado.

Al ser reversible la reacción de hidruración, el depósito 42 restituye el hidrógeno almacenado por desorción por medio de una transferencia del calor suministrado por el aire 47E admitido en el condensador 43 a la reacción endotérmica que transforma el hidruro en aleación e hidrógeno. El hidrógeno es restituido bajo una presión de restitución menor y a una temperatura más elevada, por intermedio de la conducción de descarga 46 con la electroválvula 46EV abierta por la unidad de gestión 2. La presión de restitución de unos bares es menor que la del almacenamiento de hidrógeno y sensiblemente superior a la presión atmosférica, y se corresponde con la presión de la pila 40. El metal pasa, entonces, del estado de hidruro a su estado originario, listo para almacenar nuevamente hidrógeno producido. Para la restitución de hidrógeno almacenado, se pone en funcionamiento el ventilador 43V mediante la unidad de gestión 2, con el fin de que la cantidad de calor necesaria para la desorción sea aportada por el aire exterior relativamente húmedo 47E. El aire 43F forzado por el ventilador 43V dentro del condensador 43, por ejemplo, con un caudal de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ aproximadamente, se enfría en su contacto con las aletas del radiador 43R, del cual el hidruro toma el calor necesario para la restitución de hidrógeno endotérmico almacenado.

En el enfriamiento del aire forzado 43F dentro del condensador en el transcurso del intercambio térmico con el hidruro por intermedio del radiador 43R, la temperatura del aire pasa a una temperatura aproximada de 1°C , superior a la temperatura de rocío del aire, sin que el agua de condensación alcance la temperatura de congelación y se hiele, con el fin de transformar el vapor de agua saturado con agua líquida 43EC recuperable por el depósito-colector 44. Un controlador 20 en la unidad de gestión 2 está unido a un termómetro en el condensador 43 para supervisar que la temperatura en la superficie del radiador 43R no alcance 0°C .

El depósito 42 y el condensador 43 están dimensionados de modo que el condensador suministre agua suficiente al electrolizador por intermedio del purificador 45 y de modo que el electrolizador suministre suficiente hidrógeno que almacenar, para que la pila 40 suministre rápidamente energía eléctrica a las baterías 31 que han de recargarse típicamente en unas horas, al propio tiempo que alimenta el equipo 5. Cíclicamente bajo el gobierno de la unidad de gestión 2, las baterías 31 se cargan rápidamente mediante la pila 40 y se descargan lentamente para alimentar el equipo 5 durante un periodo largo sin viento y sin insolación, por ejemplo de 10 días aproximadamente y, por tanto, durante una inactividad de la fuente de potencia intermitente 6. La cantidad de calor retirada por el depósito de almacenamiento 42 excede a las necesidades de agua del electrolizador para la producción de hidrógeno necesario para el funcionamiento de la pila durante la recarga de las baterías desde la potencia de descarga P3m a la potencia de carga a fondo P3M. Por ejemplo, durante la restitución de hidrógeno almacenado, se pueden producir 3 litros de agua de condensación aproximadamente en solo 60 minutos aproximadamente, y servirán para la producción de $3,75 \text{ Nm}^3$ (metro cúbico normal) de hidrógeno mediante el electrolizador. El consumo de hidrógeno de la pila para 4 kW por 3 h es de 11 Nm^3 aproximadamente y permite la producción de 9 litros de agua de condensación aproximadamente, así como la producción de 12 kWh para recargar rápidamente las baterías.

Como variante, si la higrometría y/o la temperatura del aire en el emplazamiento de instalación del sistema 1 son demasiado escasas o se vuelven demasiado escasas, el calor aportado por el aire exterior 47E y que ha de tomarse mediante el depósito 42 por intermedio del radiador 43R durante la restitución puede ser cubierto por el flujo de aire caliente 47P cargado con vapor de agua, desprendido por la reacción química en la pila 40 que está en funcionamiento en la restitución. En esta variante, el aire caliente 47P cargado con vapor de agua es llevado de la pila 40 por una conducción a una entrada de admisión 43AP del condensador 43 delante del ventilador 43V. El vapor de agua producido por el funcionamiento de la pila de hidrógeno 40 no suministra bastante agua de condensación 43EC para que una reserva de hidrógeno en el depósito 42 producida por el electrolizador 41 sea suficiente para la producción de electricidad de la pila 40 necesaria para la recarga de las baterías 31. Para esta variante, se puede prever, en el mantenimiento anual de la unidad 4, una reserva de agua renovable.

Volviendo a la figura 1, la unidad de gestión 2 está organizada en torno a un controlador central 20 y comprende, además, conmutadores 21 y 23, convertidores de corriente 22 y 24 y un controlador de carga 25, unidos al controlador central 20. Unas salidas de cada convertidor 22, 24 están unidas, por un bus bifilar 26 a 48 voltios o por una barra colectora, a los elementos 20 a 25 incluidos en la unidad de gestión, al módulo de almacenamiento de energía eléctrica 3, al equipo eléctrico 5 y a las unidades generadoras electroquímicas 4. Cada convertidor de corriente 22, 24 es programable, para adaptarlo a las corrientes alternas o continuas a la salida del generador eólico 61 y de los paneles solares 62, e incluye un regulador de carga pilotado por el controlador central 20, para regular el consumo de corriente del equipo 5, de las baterías 31 y de los electrolizadores 41 en las unidades 4. Los números de convertidores 22 y 24 dependen respectivamente de las potencias máximas del generador eólico 61 y de los paneles solares 62.

El procedimiento de gestión cíclica del sistema de alimentación se implementa en forma de un programa de ordenador, principalmente en el controlador 20. El controlador 20 mantiene automáticamente la continuidad de la alimentación eléctrica del equipo 5 y de los elementos incluidos en la unidad 2, se encarga de la carga de las baterías 31 mediante la fuente intermitente 6 o mediante la unidad generadora electroquímica 4, el almacenamiento de energía eléctrica en las baterías 31 cuando la fuente intermitente 6 produce energía eléctrica en exceso y, preferentemente, supervisa el sistema 1 retransmitiendo señales de estado de funcionamiento y de alarma mediante la estación de telecomunicaciones que constituye el equipo 5.

Los bornes de salida del generador eólico 61 están respectivamente unidos mediante unos primeros conmutadores de dos estados 21 a las entradas de los convertidores 22 para convertir las corrientes intermitentes a la salida del

generador eólico 61 en corriente continua a una tensión continua nominal de 48 V.

5 Los bornes de salida de los paneles solares fotovoltaicos 62 están respectivamente unidos mediante unas primeras entradas de segundos conmutadores 23 de cuatro estados a las entradas de los convertidores 24 para convertir las corrientes intermitentes a la salida de los paneles 62 en corriente continua a la tensión continua nominal. Las salidas de las pilas de hidrógeno 40 en las unidades 4 están respectivamente unidas mediante unas segundas entradas de dos de los conmutadores 23 a las entradas de convertidores 24 para convertir las corrientes continuas variables a la salida de las pilas de hidrógeno en corriente continua a la tensión continua nominal.

10 Los conmutadores 21 y 23 tienen gobernados sus estados por el controlador 20. En un primer estado de los conmutadores 21 y 23, el generador eólico 61 y los paneles solares 62 alimentan el equipo 5 y, ocasionalmente, cargan una o las dos baterías 31, o alimentan los electrolizadores 41 para producir hidrógeno, en periodo de viento y de insolación suficientes. En un segundo estado de dichos dos conmutadores 23, las pilas de hidrógeno 40 recargan rápidamente las baterías 31, al propio tiempo que mantienen la alimentación del equipo 5. Cada convertidor 22, 24 comprende un adaptador electrónico para adaptarse a las corrientes y tensiones variables en sus entradas y un estabilizador de tensión de salida. Cada convertidor 22, 24 mide su corriente de salida y es pilotado por el controlador central 20 en función de la corriente de salida medida, por ejemplo, para hacer variar la tensión de salida aplicada por el bus 26 a las baterías 31 hasta una tensión de carga a fondo en la carga de las baterías. Así, el controlador 20 establece potencias en las salidas de los convertidores y evalúa, ya las potencias de salida del generador eólico 61 y de los paneles solares fotovoltaicos 62 y, por tanto, la potencia de salida P6 de la fuente de potencia 6, ya las potencias de salida de las pilas de hidrógeno 40 y, por tanto, la potencia de salida P4 de las unidades generadoras electroquímicas 4.

20 De acuerdo con una variante dotada de mayor seguridad, los conmutadores 21, 22 pueden comprender estados suplementarios para unir unas segundas salidas de los conmutadores a un convertidor de reserva 2S destinado a reemplazarse por uno defectuoso de los convertidores 22, 24, bajo el gobierno del controlador central 20. Por ejemplo, un convertidor es defectuoso si su potencia de salida es anormalmente débil durante un periodo de viento intenso o de gran insolación. En tal sentido, el controlador 20 está unido a un anemómetro y a un fotómetro (no representados) para medir y supervisar la fuerza del viento y el flujo luminoso en el emplazamiento del sistema 1.

25 El controlador central 20, por mediación de los reguladores de carga incluidos en los convertidores 22 y 24, pilota en tensión la carga de las baterías 31. De acuerdo con la realización mostrada en la figura 1, un circuito de relé 27 conectado entre los bornes de las baterías 31 es gobernado por el controlador 20 para proteger las baterías 31 contra cualquier sobrecarga y cualquier descarga profunda, manteniendo la carga de las baterías entre la potencia de descarga P3m y la potencia de carga a fondo P3M, y asegurar una elevada corriente para recargar las baterías mediante la fuente 6 o las pilas 40. Como variante, se suprime el circuito de relé, y las propias baterías comprenden una unidad electrónica que se encarga de la protección contra cualquier sobrecarga y cualquier descarga profunda.

30 El controlador de carga 25 está unido entre los bornes de las baterías 31 y transmite al controlador central 20 la potencia de carga P3, es decir, las tensiones y las corrientes medidas en bornes de las baterías 31. Como variante, el controlador de carga 25 está integrado en la unidad electrónica incluida en las baterías.

35 El controlador central 20 gobierna asimismo la electroválvula 46EV y el ventilador 43V y, respectivamente, las electroválvulas 48EV y 49EV en el funcionamiento de las pilas 40 y el funcionamiento de los electrolizadores 41, en el transcurso del procedimiento de gestión que seguidamente se describe. El controlador 20 está unido asimismo a diversos aparatos de medida AM (no representados), tales como anemómetro, fotómetro, caudalímetro, manómetro, termómetro, para supervisar los funcionamientos de la fuente de potencia eléctrica intermitente 6 y cada unidad generadora electroquímica 4.

40 Según se pone de manifiesto por la descripción precedente de las figuras 1 y 2, el sistema de alimentación eléctrica 1 de la invención es modulable en varios módulos compactos, que ocupan poco espacio y enlazables, por lo que es transportable, por ejemplo por helicóptero, para ser instalado en lugares aislados o de difícil acceso o en intervenciones para socorrer a poblaciones tras catástrofes naturales o con motivo de conflictos. Adicionalmente, el sistema está diseñado para tener una duración de vida de 15 años con solo un mantenimiento anual.

45 El procedimiento de gestión cíclica de alimentación eléctrica según la invención se basa en la observación de que una pila de hidrógeno 40 y una batería 31 tienen duraciones de vida y características de funcionamiento muy diferentes. Típicamente, las baterías de ión litio 31 tienen una duración de vida superior a 15 años aproximadamente y pueden experimentar al menos 7000 ciclos de carga - descarga entre las potencias P3m y P3M, cuya diferencia representa aproximadamente el 60 % de la diferencia entre una descarga profunda y una sobrecarga de las baterías. Una pila de hidrógeno 40 es capaz de suministrar una potencia eléctrica comprendida entre una potencia mínima y una potencia máxima y tiene una duración de vida de 5000 horas aproximadamente, cualquiera que sea la potencia eléctrica que suministra; por ejemplo, a una tensión de 48 V, la corriente eléctrica suministrada por la pila está comprendida entre 20 A y 100 A. La duración de vida de la pila de hidrógeno, independiente de la potencia que proporciona, es dependiente del número de activaciones - desactivaciones de la misma, que es superior a 1000 aproximadamente.

Con objeto de acomodar las pilas de hidrógeno 40 y, así, diferir en lo posible el recurrir a la activación de las pilas, las pilas tan solo se activan cuando las baterías están relativamente descargadas y alcanzan su umbral de descarga P3m, y las pilas nunca suministran directamente la potencia eléctrica P5 necesaria para el funcionamiento del equipo 5 cuando las baterías están cargadas o descargándose. Dicho de otro modo, la continuidad eléctrica de la alimentación del equipo 5 queda preservada, bajo el gobierno del controlador 20, prioritariamente por la fuente de potencia eléctrica intermitente 6, si esta última suministra bastante potencia eléctrica para hacer funcionar el equipo 5, o por el módulo de almacenamiento de energía eléctrica 3 y la fuente 6, si la fuente 6 suministra una potencia eléctrica insuficiente para, sola, hacer funcionar el equipo 5, o solamente por el módulo de almacenamiento de energía eléctrica 3, si la fuente 6 ya no suministra potencia eléctrica y la potencia disponible en las baterías no ha alcanzado la potencia de descarga P3m. Como último recurso, cuando se alcanza la potencia de descarga P3m de las baterías, las pilas de hidrógeno 40 se activan para que estas produzcan su potencia máxima y, a la vez, carguen muy rápidamente las baterías 31 hasta la potencia de carga a fondo P3M y brinden la potencia eléctrica necesaria para el funcionamiento del equipo 5. Las baterías de ión litio 31 son recargables muy rápidamente, en tres horas aproximadamente, en comparación con otras baterías, por ejemplo de plomo-ácido, que precisan de un espacio de tiempo de recarga de 10 horas aproximadamente. En cuanto las baterías están cargadas, son desactivadas las pilas de hidrógeno 40, y las baterías 31, que se descargan lentamente, se encargan, ocasionalmente con la fuente 6, de la alimentación del equipo 5. Se ve así disminuida la duración acumulada de la activación de las pilas 40 mientras las baterías puedan, solas o con la fuente 6, proveer de funcionamiento al equipo 5.

Por ejemplo, para suministrar permanentemente al equipo 5 una corriente de carga continua de 20 A con baterías 31 que tienen una capacidad de 480 Ah y potencias de descarga y de carga a fondo P3m y P3M correspondientes a unas corrientes mínima y máxima de 240 A y 480 A, esto es, una duración de descarga y de autonomía de $(480 - 240)/20 = 12$ h, las pilas de hidrógeno 40 que tienen una potencia máxima P4 correspondiente a una corriente máxima de 100 A, repartida en una corriente de 20 A para el equipo y una corriente de $100 - 20 = 80$ A para la carga de las baterías, cargan las baterías durante $240/80 = 3$ h, lo cual corresponde a un ciclo de descarga / carga de $12 + 3 = 15$ h. Suponiendo 111 utilizaciones de las pilas al año, la vida útil del sistema de alimentación eléctrica 1 es de $5000/(111 \times 3) = 15$ años para unas pilas que tienen una duración de vida de más de medio año aproximadamente.

Haciendo ahora referencia a la figura 3, el procedimiento de gestión cíclica según la invención comprende unas etapas E1 a E10, ejecutadas esencialmente en el controlador 20. Inicialmente, al instalar el sistema 1, las baterías 31 están cargadas por completo y, desde el mismo arranque del sistema, la fuente de potencia eléctrica intermitente 6 está conectada al equipo eléctrico 5 por mediación de los conmutadores 21 y 23 y de los convertidores 22 y 24 y suministra la potencia necesaria para el funcionamiento del equipo 5, con o sin la contribución de las baterías 31.

Tal como se ha indicado, en una etapa de medida permanente EM, el controlador central 20 evalúa la potencia eléctrica P62 suministrada por los paneles solares 62, ó P4 suministrada por las pilas 40, en función de la corriente medida a la entrada de los convertidores 24 y la potencia eléctrica P61 suministrada por el generador eólico 61 en función del número de vueltas del rotor del mismo y, así, la potencia eléctrica $P6 = P61 + P62$ suministrada por la fuente 6. El controlador 20 pilota la tensión de alimentación V41 de los electrolizadores 41, que varía en función de la potencia disponible aportada por la fuente intermitente 6 para producir hidrógeno en la carga de las baterías. El controlador 20 evalúa permanentemente la potencia disponible y la corriente consumida por el equipo 5 y las baterías 31 y, así, la potencia P5 necesaria para el funcionamiento del equipo 5 y de la unidad 2 y la potencia P3 de las baterías por intermedio del controlador de carga 25, en orden a pilotar la rampa de tensión de los electrolizadores 41 en la carga de las baterías. El controlador 20 recibe permanentemente medidas de magnitudes físicas de los aparatos de medida AM.

El equipo 5 y la unidad de gestión 2 reciben permanentemente las potencias eléctricas necesarias para su funcionamiento por las salidas de los convertidores 22 y 24 a través del bus 26, tal como se ha indicado, en una etapa de continuidad de alimentación eléctrica EC. Dichas potencias eléctricas necesarias están seguidamente designadas en su conjunto por la potencia de carga P5, medida permanentemente por el regulador 25 y señalizada por el mismo al controlador 20. Permanentemente significa que las medidas se efectúan por muy breves periodos, del orden de unas décimas de segundo.

En la etapa E1, el controlador 20 compara la potencia eléctrica medida P6 suministrada por la fuente intermitente 6 con la potencia de carga P5. Si la potencia P6 excede a la potencia de carga P5, a consecuencia de un periodo con mucho viento y/o insolación, en cuyo transcurso la fuente 6 suministra una elevada potencia, el controlador 20 evalúa la potencia sobrante disponible $P6 - P5$, para asignarla a la carga de las baterías o a la producción de hidrógeno. En la etapa E2, el controlador 20 compara la potencia P3 de las baterías 31 con su potencia de carga a fondo P3M. Si $P3 < P3M$, ofreciendo el equipo 5 y la unidad 2 una impedancia menor que la de las baterías, la potencia eléctrica P6 suministrada por la fuente intermitente 6 es utilizada con prioridad para alimentar el equipo 5 y la unidad 2, y las baterías 31 acumulan la potencia eléctrica sobrante $P6 - P5$ suministrada por la fuente 6 hasta que las baterías alcancen su potencia de carga a fondo P3M, en la etapa E3. En caso contrario, en la etapa E2, en la que las baterías tienen su potencia de carga a fondo P3M, el controlador 20 gobierna la tensión de alimentación V41 de los electrolizadores 41 para que la potencia sobrante $P6 - P5$ también sirva para alimentar los electrolizadores 41, con el fin de que sus cátodos 41C produzcan hidrógeno almacenado en los depósitos de

almacenamiento 42, en la etapa E4. En este caso, el controlador 20 también gobierna la apertura de las electroválvulas 49EV mientras el hidrógeno producido haya de almacenarse en los depósitos 42 por intermedio de las conducciones 49.

5 Volviendo a la etapa E1, si la potencia medida P6 suministrada por la fuente 6 es insuficiente, e incluso nula, para alimentar el equipo 5 y la unidad 2 con la potencia de carga requerida P5, el controlador 20 compara la potencia P3 de las baterías 31 con su umbral de descarga P3m, o de acuerdo con la variante, recupera la potencia medida P3 transmitida por la unidad electrónica incluida en las baterías, en la etapa E5. Si la carga P3 de las baterías es suficiente, el equipo 5 y la unidad 2 son alimentados con la potencia suministrada por la fuente 6, cubierta con la extraída de las baterías 31, en la etapa E6. Así, durante las precedentes etapas E1 a E6, el equipo 5 y la unidad 2 son alimentados por la fuente 6 y/o las baterías 31 mientras la potencia P3 de las baterías permanezca superior al umbral de descarga P3m.

15 Si, en la etapa E5, las baterías 31 están descargadas tras un periodo de viento y de insolación escasos, e incluso una ausencia de viento y de luminosidad, correspondiente a $P3 = P3m$, el controlador 20 pone en funcionamiento los ventiladores 43V y gobierna la apertura de las electroválvulas 46EV para que los depósitos 42 restituyan hidrógeno almacenado hacia los ánodos 40A de las pilas 40, por intermedio de las conducciones 46, y las pilas se activen en la etapa E7. El controlador 20 gobierna los conmutadores 23 para conectar la salida de las pilas de hidrógeno 40 con los convertidores 24, para que los convertidores carguen muy rápidamente las baterías 31 mediante el bus 26 con el sobrante P4 - P5 de la potencia eléctrica producida por las pilas hasta la potencia de carga a fondo P3M. La potencia P5 necesaria para el funcionamiento del equipo 5 y de la unidad 2 se extrae de la potencia P4 generada por las pilas 40, que absorben una cantidad de hidrógeno variable en función del consumo de corriente de las baterías y del equipo 5.

25 En la etapa E8 concomitante con la etapa E7, los ventiladores en funcionamiento 43V fuerzan el aire exterior 47E a pasar sobre los radiadores 43R dentro de los condensadores 43. Los radiadores 43R captan el calor del aire exterior ventilado 47E y lo transfieren al hidruro dentro de los cajones 42C de los depósitos de almacenamiento 42, en el transcurso de la desorción endotérmica que transforma el hidruro en aleación e hidrógeno, con el fin de restituir hidrógeno almacenado, necesario para el funcionamiento de las pilas 40. El intercambio térmico mediante los radiadores 43R condensa el vapor de agua del aire exterior 47E en agua de condensación 43EC, que es recogida en los depósitos-colectores 44. De acuerdo con la aludida variante, el vapor de agua en el aire caliente 47P desprendido por las pilas de hidrógeno 40 en funcionamiento también se condensa en agua 43EC. Simultáneamente a las etapas E7 y E8, el controlador 20 supervisa la evolución de la recarga de las baterías 31 señalizada por el controlador de carga 25, o la unidad electrónica dentro de las baterías, en la etapa E9.

30 En cuanto las baterías 31 han alcanzado su potencia de carga a fondo P3M en la etapa E9, el controlador 20 detiene el ventilador 43V y cierra las electroválvulas 46EV, lo cual desactiva las pilas 40, y gobierna los conmutadores 23 para conectar las salidas de los paneles solares 62 a los convertidores 24, en la etapa E10. Tras la etapa E10, al igual que tras las etapas E4 y E6, el controlador 40 vuelve a continuación a la etapa E1 del procedimiento, con el fin de que el equipo 5 y la unidad 2 sean alimentados con prioridad por la fuente intermitente 6 en las etapas E2 a E4 o por al menos las baterías 31 en la etapa E6.

40 De acuerdo con una variante de la etapa E7, el controlador 20 también gobierna los conmutadores 21, que desconectan el generador eólico 61 y los convertidores 22 hasta que las baterías 31 alcancen la potencia de carga a fondo P3M.

45 De acuerdo con una segunda utilización, la fuente de potencia intermitente 6 es una red de distribución de energía eléctrica local que sustituye al generador eólico 61 y a los paneles solares 62, y el sistema 1 sirve de generador eléctrico de reserva en caso de avería de la red eléctrica local. Para esta segunda utilización, la red eléctrica está conectada a los convertidores 22 y/o 24 a través de los conmutadores 21 y/o 23. Los convertidores están configurados por el controlador 20. El procedimiento de gestión de la alimentación eléctrica del equipo eléctrico 5 y de la unidad de gestión 2 es similar al anteriormente descrito. En las etapas E1 a E4, mientras la red eléctrica suministre potencia eléctrica, el equipo 5 y la unidad de gestión 2 son alimentados por la red eléctrica, que puede servir, de ser necesario, para producir hidrógeno mediante los electrolizadores 41, en la etapa E4. En cuanto se corta la red eléctrica, las baterías 31 relevan a la red, en la etapa E6. Si el corte de la red persiste hasta que la potencia P3 de las baterías alcance el umbral de descarga P3m en la etapa E5, las baterías se recargan mediante la activación de las pilas 40, en las etapas E7 a E10.

El fallo de la red eléctrica local puede deberse a una avería más o menos frecuente, pero también a un deterioro de la red como consecuencia de una catástrofe natural, tal como un temporal, un seísmo o un tsunami.

55 Cuando el equipo eléctrico 5 es una estación de telecomunicaciones, la estación cuya alimentación eléctrica gestiona la unidad de gestión 2 se encarga, sin discontinuidad, de las comunicaciones con terminales móviles, cualquiera que sea el estado de la fuente intermitente 6, durante más de una decena de días consecutivos. Por ejemplo, los terminales móviles son los de grupos de profesionales para servicios de seguridad pública, organizados en red de radiocomunicaciones terrestres. Si la estación de telecomunicaciones se halla instalada en un emplazamiento aislado, por ejemplo, en la cumbre de una montaña de difícil acceso, la unidad de gestión 2 según la

invención permite mantener el funcionamiento de la estación durante varios días consecutivos cuando la fuente intermitente no produce energía eléctrica o la produce en modo insuficiente para el equipo. En particular, cuando la fuente intermitente es una red de distribución eléctrica, el sistema 1 permite diferir en varios días la intervención de un equipo de mantenimiento para reparar la red dañada.

- 5 De acuerdo con otras aplicaciones, el equipo eléctrico 5 es un motor eléctrico, como por ejemplo una bomba para extraer agua de un pozo, o un sistema de vigilancia.

La invención que se describe se refiere a un procedimiento y una unidad de gestión de alimentación eléctrica para asegurar la continuidad de la alimentación eléctrica de un equipo eléctrico, suministrada con prioridad por una fuente de potencia eléctrica intermitente. De acuerdo con una implementación, las etapas del procedimiento vienen determinadas por las instrucciones de un programa de ordenador incorporado en la unidad de gestión, en particular, en el controlador 20 de la unidad de gestión 2. El programa apto para su puesta en práctica en la unidad de gestión de la invención incluye instrucciones de programa que, cuando se ejecuta dicho programa en la unidad de gestión, cuyo funcionamiento es gobernado entonces mediante la ejecución del programa, realizan las etapas del procedimiento según la invención.

15 En consecuencia, la invención es asimismo de aplicación a un programa de ordenador, especialmente un programa de ordenador grabado en o dentro de un soporte de grabación legible por un ordenador y cualquier dispositivo de procesamiento de datos, adaptado para llevar a la práctica la invención. Este programa puede utilizar cualquier lenguaje de programación y presentarse en forma de código fuente, código objeto, o de código intermedio entre código fuente y código objeto, tal como en una forma compilada parcialmente, o en cualquier otra forma deseable para implementar el procedimiento según la invención. El programa puede ser descargado en la estación base por intermedio de una red de comunicación, tal como Internet.

25 El soporte de grabación puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de almacenar el programa. Por ejemplo, el soporte puede incluir un medio de almacenamiento en el que está grabado el programa de ordenador según la invención, tal como una ROM, por ejemplo un CD-ROM o una ROM de circuito microelectrónico, o también una memoria USB, o un medio de grabación magnética, por ejemplo, un disquete (floppy disc) o un disco duro.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para gestionar la continuidad de la alimentación eléctrica de un equipo eléctrico (5), recurriendo el procedimiento a un módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) y una unidad generadora electroquímica de combustible gaseoso (4), caracterizado por que la alimentación eléctrica del equipo (5) es suministrada con prioridad por una fuente de potencia eléctrica intermitente (6) y por comprender:
- 5 una alimentación (E2-E3-E4), mediante la fuente (6), del equipo (5), del módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) y de la unidad generadora electroquímica (4) para una producción y un almacenamiento del combustible en la unidad generadora electroquímica (4) cuando la potencia (P6) de la fuente excede a la potencia de funcionamiento (P5) del equipo (5) y la potencia (P3) del módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) se halla en un primer umbral de potencia (P3M), y
- 10 una restitución (E7-E8-E9) del combustible almacenado a la unidad generadora electroquímica (4), una alimentación (E7-EC) del equipo (5) mediante la unidad generadora electroquímica y una carga (E7) del módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) mediante la unidad generadora electroquímica en cuanto la potencia (P3) del módulo de almacenamiento de energía eléctrica se halla en un segundo umbral de potencia (P3m) inferior al primer umbral y hasta que la potencia del módulo de almacenamiento de energía eléctrica cargado por la unidad generadora electroquímica alcance el primer umbral de potencia (P3M).
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además una alimentación (E3-EC) del equipo (5) mediante la fuente (6) y una carga (E3) del módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) mediante la fuente intermitente (6) cuando la potencia (P6) de la fuente excede a la potencia de funcionamiento (P5) del equipo (5) y la potencia (P3) del módulo de almacenamiento de energía eléctrica está comprendida entre los umbrales de potencia primero y segundo (P3M, P3m), y
- 20 una alimentación (E6-EC) del equipo (5) mediante al menos el módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) cuando la potencia (P6) de la fuente intermitente (6) es inferior a la potencia de funcionamiento (P5) del equipo (5) y la potencia (P3) del módulo de almacenamiento de energía eléctrica está comprendida entre los umbrales de potencia primero y segundo (P3M, P3m).
- 25 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, que comprende una alimentación (EC) de una unidad (2) para gestionar la alimentación de la unidad generadora electroquímica (4) en función de la carga del módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3), simultáneamente con la alimentación del equipo.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende, en la unidad generadora electroquímica (4),
- 30 una producción de combustible (E4) mediante un electrolizador (41) y un almacenamiento del combustible producido en un depósito de almacenamiento (42) cuando el electrolizador (41) es alimentado mediante la fuente (6), y
- una restitución (E7) del combustible almacenado desde el depósito de almacenamiento (42) a una pila de combustible (40) en cuanto la potencia del módulo de almacenamiento de energía eléctrica se halla en el segundo umbral de potencia (P3m) y hasta que la potencia del módulo de almacenamiento de energía eléctrica alimentado por la pila alcance el primer umbral de potencia (P3M).
- 35 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, según el cual el combustible es hidrógeno.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, que comprende una condensación (E8) de vapor de agua (47P) de aire exterior (47E) en agua de condensación (43EC) durante la restitución de hidrógeno almacenado (E7).
- 40 7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el almacenamiento de hidrógeno (E4) comprende una adsorción de hidrógeno por una aleación para formar un hidruro, y la condensación (E8) tiene su origen en una transferencia de calor del aire cargado con vapor de agua (47E) a una reacción endotérmica del hidruro en aleación.
8. Sistema (1) para alimentar un equipo eléctrico (5) bajo el gobierno de una unidad de gestión (2), comprendiendo el sistema una fuente de potencia eléctrica intermitente (6), un módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) y una unidad generadora electroquímica de combustible gaseoso (4), estando la unidad de gestión (2) configurada para gestionar la continuidad de la alimentación de un equipo eléctrico (5) apta para ser suministrada con prioridad por la fuente de potencia eléctrica intermitente (6), siendo apto el equipo para ser alimentado, además, por el módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) y la unidad generadora electroquímica de combustible gaseoso (4), comprendiendo la unidad de gestión (2):
- 45 - un medio (20, 21-24) para alimentar (E4) mediante la fuente (6) el equipo (5), el módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) y la unidad generadora electroquímica (4) con el fin de producir y almacenar combustible en la unidad generadora electroquímica (4) cuando la fuente tiene una potencia (P6) que excede a la potencia de funcionamiento (P5) del equipo (5) y la potencia (P3) del módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) tiene una potencia al menos igual a un primer umbral de potencia
- 50

(P3M), y

- un medio (20, 23-24, 46EV) para restituir combustible almacenado a la unidad generadora electroquímica (4), alimentar el equipo (5) mediante la unidad generadora electroquímica y cargar el módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) mediante la unidad generadora electroquímica en cuanto el módulo de almacenamiento de energía eléctrica tiene una potencia (P3) igual a un segundo umbral de potencia (P3m) inferior al primer umbral y hasta que el módulo de almacenamiento de energía eléctrica cargado por la unidad generadora electroquímica (4) alcance el primer umbral de potencia (P3M).
- 5
9. Sistema según la reivindicación 8, caracterizado por que la unidad de gestión comprende conmutadores (21, 23) unidos a la fuente (6) y a la unidad generadora electroquímica (4), convertidores de corriente (22, 24) unidos al módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3), al equipo (5) y a la unidad generadora electroquímica (4), y un medio de mando (20) apto para gobernar los conmutadores y los convertidores para que la unidad generadora electroquímica (4) sea apta para alimentar el equipo (5) y el módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) en cuanto el módulo de almacenamiento de energía eléctrica tiene una potencia igual al segundo umbral de potencia (P3m) y hasta que el módulo de almacenamiento de energía eléctrica cargado por la unidad generadora electroquímica alcance el primer umbral de potencia (P3M), y para que al menos el módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) sea apto para alimentar el equipo (5) cuando la fuente intermitente (6) tiene una potencia (P6) inferior a la potencia de funcionamiento (P5) del equipo (5) y el módulo de almacenamiento de energía eléctrica tiene una potencia comprendida entre los umbrales de potencia primero y segundo (P3M, P3m).
- 10
10. Sistema (1) según la reivindicación 8 ó 9, caracterizado por que la fuente intermitente es una fuente de energía renovable (61, 62).
- 15
11. Sistema (1) según la reivindicación 8 ó 9, caracterizado por que la fuente intermitente (6) es una red de distribución de energía eléctrica.
- 25
12. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que la unidad generadora electroquímica (4) comprende una pila de combustible (40) para alimentar el equipo (5) y cargar el módulo de almacenamiento de energía eléctrica en cuanto el módulo de almacenamiento de energía eléctrica tiene una potencia (P3) igual al segundo umbral de potencia (P3m) y hasta que el módulo de almacenamiento de energía eléctrica cargado por la unidad generadora electroquímica alcance el primer umbral de potencia (P3M), un electrolizador (41) para producir combustible cuando la fuente tiene una potencia (P6) que excede a la potencia de funcionamiento (P5) del equipo (5) y el módulo de almacenamiento de energía eléctrica (3) tiene una potencia (P3) al menos igual al primer umbral de potencia (P3M), y un depósito de almacenamiento (42) para almacenar combustible producido por el electrolizador y restituir a la pila combustible almacenado.
- 30
13. Sistema según la reivindicación 12, en el que el combustible es hidrógeno.
- 35
14. Sistema según la reivindicación 13, en el que la unidad generadora electroquímica (4) comprende un condensador (43) para condensar vapor de agua de aire exterior (476E) en agua de condensación (43EC) durante una restitución de hidrógeno almacenado, del depósito de almacenamiento (42) a la pila (40), y un depósito-colector de agua (44) para recoger el agua de condensación (43EC) durante la restitución de hidrógeno almacenado y suministrar el agua de condensación (43EC) al electrolizador (41) cuando el electrolizador (41) es alimentado por la fuente (6).
- 40
15. Sistema según la reivindicación 14, en el que el condensador (43) es apto para condensar vapor de agua (47P) suministrado por la pila (40).
- 45
16. Programa de ordenador apto para su puesta en práctica en una unidad de gestión (2) para gestionar la continuidad de la alimentación de un equipo eléctrico (5), estando caracterizado dicho programa por comprender instrucciones que, cuando se ejecuta el programa en la unidad de gestión, realizan las etapas del procedimiento según las reivindicaciones 1 a 7.

FIG. 1

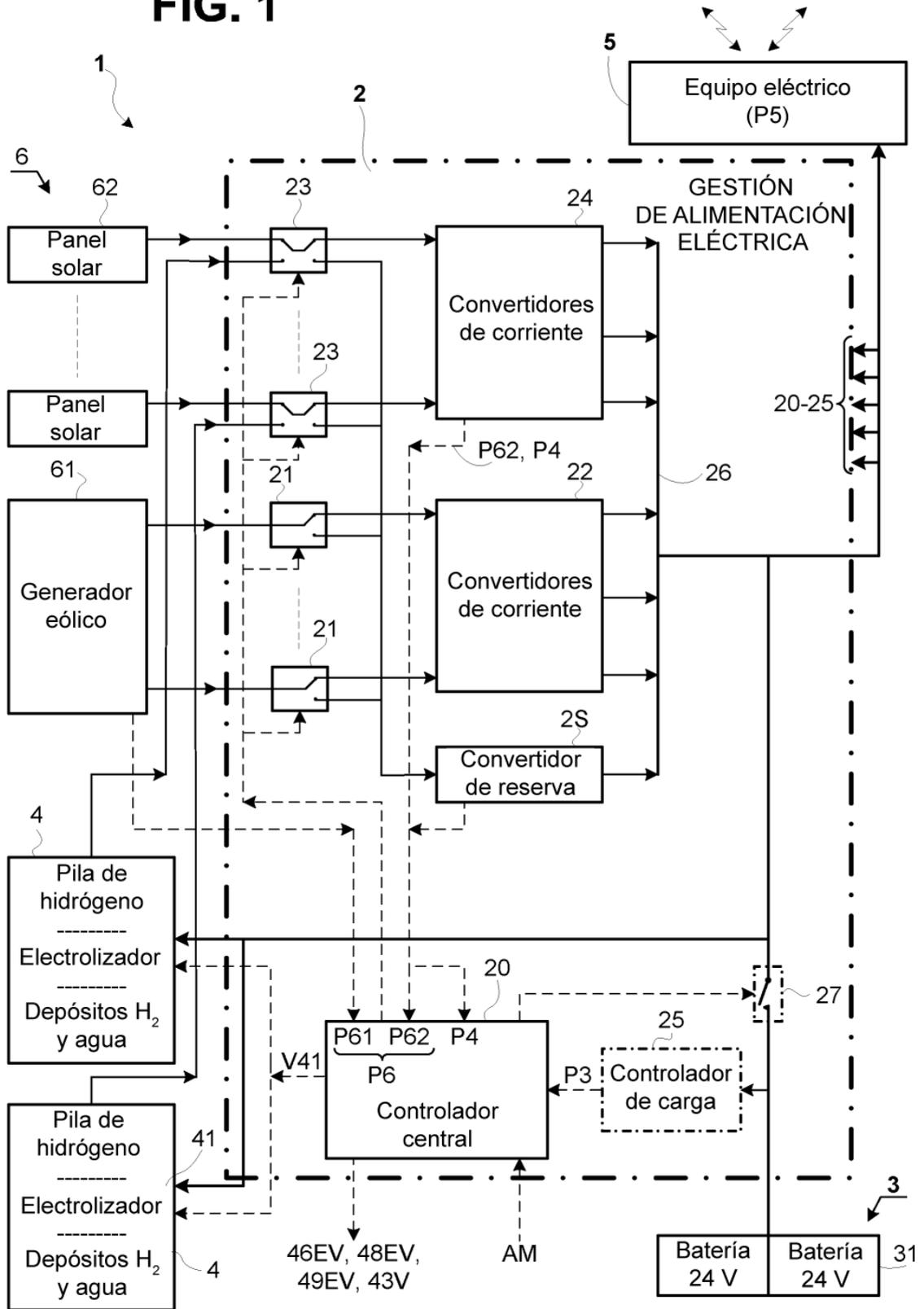


FIG. 2

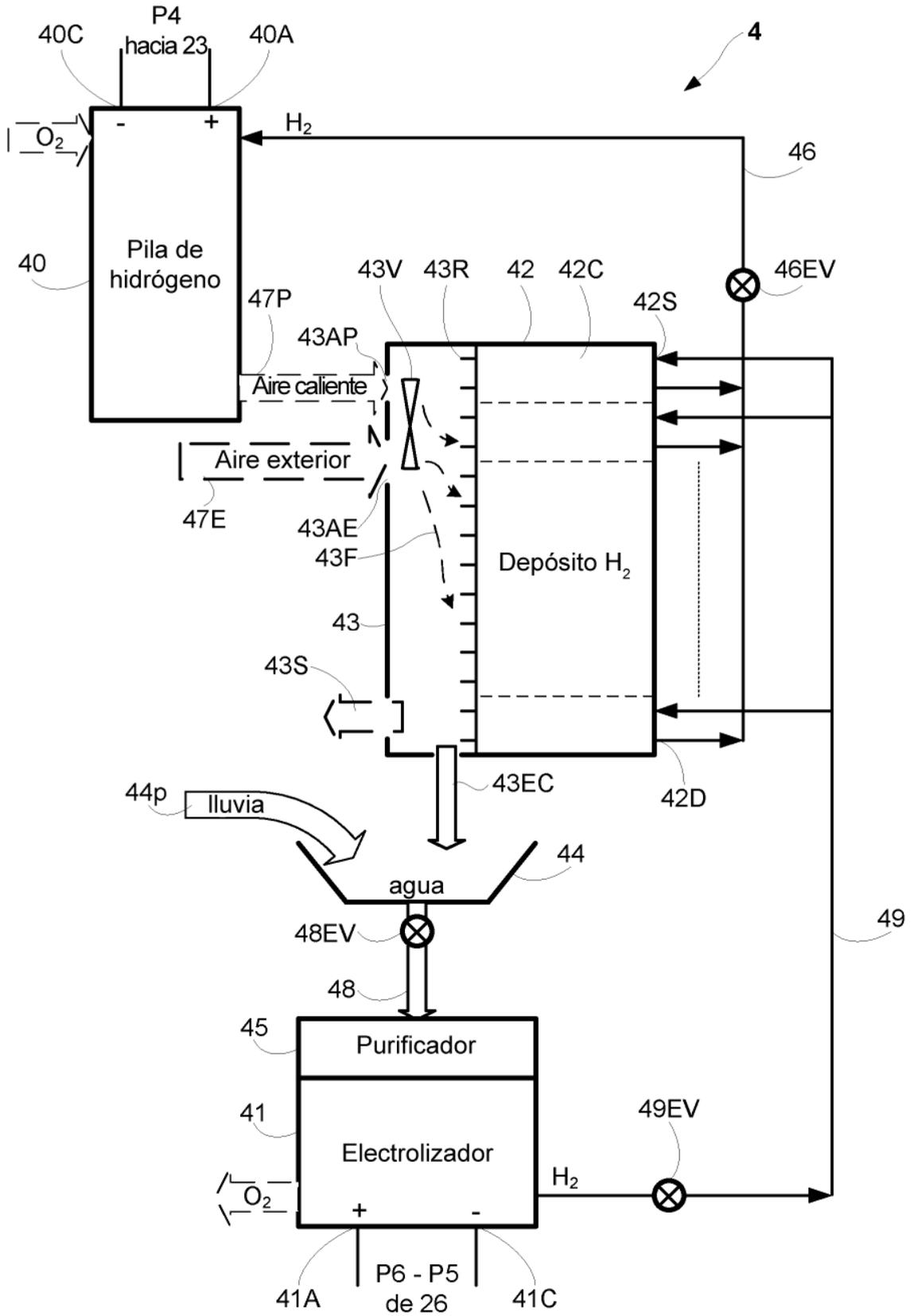


FIG. 3

