

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 840**

51 Int. Cl.:

H01M (2006.01)

H01M (2006.01)

H01M (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.01.2016 PCT/EP2016/050473**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.07.2016 WO16116328**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.01.2016 E 16700355 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 3248235**

54 Título: **Sistema eléctrico que comprende un apilamiento de células electroquímicas y procedimiento de gobierno de este sistema**

30 Prioridad:

19.01.2015 FR 1550410

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

03.12.2019

73 Titular/es:

**AREVA STOCKAGE D'ENERGIE (100.0%)
Avenue Louis Philibert, Bât. Jules Verne,
Domaine du Petit Arbois, CS 10656
13547 Aix en Provence Cedex 4, FR**

72 Inventor/es:

**PHILIPPOTEAU, VINCENT y
RAKOTONDRAINIBE, ANDRÉ**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 733 840 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 eléctrico que comprende un apilamiento de células electroquímicas y procedimiento de gobierno de este sistema

5

[0001] La presente invención se refiere a un sistema eléctrico, del tipo que comprende:

- un apilamiento de células electroquímicas conectadas eléctricamente en serie entre sí, de modo que la tensión en los bornes del apilamiento es igual a la suma de las tensiones en los bornes de las células electroquímicas,

10

- un convertidor eléctrico conectado eléctricamente a los bornes del apilamiento,

- un comparador de tensión para comparar la tensión en los bornes de al menos un grupo de al menos una célula electroquímica del apilamiento con una tensión umbral, y

15

- un módulo de control del convertidor.

[0002] La invención también se refiere a un procedimiento de gobierno de este sistema eléctrico.

20 **[0003]**

Se conocen células electromagnéticas que permiten producir electricidad por reacción de oxidación-reducción entre un fluido oxidante y un fluido reductor. En particular, se conocen células de pila de combustible que permiten producir electricidad por reacción de oxidación-reducción entre un combustible, que comprende hidrógeno, y un oxidante, que comprende oxígeno. El combustible se inyecta en un conducto anódico y el oxidante se inyecta en un conducto catódico de la célula, garantizando una capa de electrolito la estanqueidad entre estos dos conductos, lo que permite los intercambios de iones. Debido a estos intercambios de iones, el hidrógeno contenido en el combustible puede reaccionar con el oxígeno contenido en el oxidante para producir agua, generando electrones en el ánodo. De ello se deduce, durante el funcionamiento de la célula, el establecimiento de una diferencia de potencial entre los dos lados del electrolito, pudiendo ser aprovechada esta diferencia de potencial para crear una corriente eléctrica.

25

30 **[0004]**

No obstante, las diferencias de potencial que se establecen en una célula de pila de combustible permanecen bajas, del orden de 0,6 a 1,0 V. Además, para obtener una tensión de salida aprovechable, las células generalmente están apiladas y conectadas eléctricamente en serie entre sí, en lo que se denomina habitualmente una pila de combustible.

35 **[0005]**

La pila de combustible está generalmente conectada eléctricamente a un convertidor eléctrico que permite dar forma a la corriente que sale de la pila de combustible para su consumo por una carga. El convertidor eléctrico está gobernado por un módulo de control que actúa sobre el convertidor para que la corriente que sale del convertidor esté adaptada a la carga. El módulo de control ajusta normalmente la tensión de la corriente de salida y, cuando la corriente de salida es una corriente alterna, la frecuencia de la corriente de salida.

40

[0006] Generalmente, la pila de combustible está equipada con un módulo de parada de emergencia para detener la pila en caso de fallo, por ejemplo en caso de pérdida de estanqueidad de la capa de electrolito de una de las células. El módulo de parada de emergencia está asociado generalmente a una unidad que mide la tensión en los bornes de las células de la pila para detectar dicho fallo.

45

[0007] Un problema que se plantea habitualmente en las pilas de combustible conocidas es que la parada de emergencia se activa intempestivamente debido a una potencia eléctrica demasiado grande percibida en la pila. Esto se produce en particular cuando la pila está fría y cuando la potencia demandada aumenta bruscamente, o cuando la pila es vieja y tiene prestaciones limitadas.

50

[0008] El documento US 6 428 917 propone regular la corriente de salida máxima que sale de la pila de combustible. Para ello, el documento US 6 428 917 propone un sistema de producción de energía eléctrica con pila de combustible que comprende un módulo de control programado para deducir una corriente de salida máxima a la salida de la pila de combustible a partir de la comparación entre la tensión de célula más baja y una tensión umbral, y para transmitir al convertidor eléctrico un valor de referencia representativo de dicha corriente máxima.

55

[0009] Sin embargo, este sistema de producción necesita calculadoras que efectúen operaciones complejas. En consecuencia, el sistema de producción es difícil de realizar y costoso. Además, el módulo de control está poco adaptado para pilas de combustible que presentan un gran número de células electroquímicas, por ejemplo superior a cien.

60

[0010] Se conocen también células electroquímicas que permiten producir un fluido oxidante y un fluido reductor por electrolisis de un tercer fluido. Específicamente, se conocen células de electrolisis del agua que permiten producir hidrógeno y oxígeno. El agua es inyectada en un conducto anódico o catódico de la célula, garantizando una capa de electrolito la estanqueidad entre estos dos conductos, permitiendo los intercambios de iones. Bajo la influencia

65

de una diferencia de potencial eléctrico aplicado entre los dos conductos, el agua se descompone en iones hidrógeno positivos y en iones oxígeno negativos, migrando los iones de un mismo signo a través de la capa de electrolito hacia el otro conducto de la célula. Los iones oxígeno son separados, de este modo, de los iones hidrógeno. Los iones oxígeno ceden a continuación electrones y se convierten de este modo en dióxigeno, mientras que los iones hidrógeno
5 reciben electrones y se convierten de este modo en dihidrógeno.

[0011] Las células de electrolisis están generalmente apiladas y conectadas eléctricamente en serie entre sí, en lo que se denomina habitualmente un electrolizador.

10 **[0012]** El electrolizador está generalmente conectado eléctricamente a un convertidor eléctrico que permite dar forma a una corriente de alimentación del electrolizador suministrada por una fuente eléctrica. El convertidor eléctrico está gobernado por un módulo de control que actúa sobre el convertidor para que la corriente que sale del convertidor esté adaptada al electrolizador. El módulo de control ajusta normalmente la tensión de la corriente de alimentación.

15 **[0013]** Generalmente, el electrolizador está equipado con un módulo de parada de emergencia para parar el electrolizador en caso de fallo, por ejemplo en caso de sobretensión en los bornes de una de las células. El módulo de parada de emergencia está generalmente asociado a una unidad que mide la tensión en los bornes de las células del electrolizador para detectar dicho fallo.

20 **[0014]** Las unidades de medida conocidas están, sin embargo, poco adaptadas para medir las tensiones en los bornes de las células de grandes electrolizadores que comprenden normalmente más de cien células electroquímicas.

[0015] Un objetivo de la invención es evitar las paradas de seguridad intempestivas. Otros objetivos son
25 aumentar la vida útil de los apilamientos de células electroquímicas, y proponer un sistema simple y poco costoso.

[0016] Para ello, la invención tiene por objeto un sistema eléctrico del tipo mencionado anteriormente, en el que el módulo de control comprende un generador de un valor de referencia de gobierno del convertidor y un órgano de transmisión del valor de referencia de gobierno al convertidor, estando el comparador de tensión adaptado para
30 transmitir una señal al órgano de transmisión, consistiendo dicha señal en un primer valor de referencia entre un valor de referencia de transmisión y un valor de referencia de bloqueo del valor de referencia de gobierno cuando la tensión comparada es superior a la tensión umbral, y en un segundo valor de referencia entre los valores de referencia de transmisión y de bloqueo del valor de referencia de gobierno cuando la tensión comparada es inferior o igual a la tensión umbral, estando el órgano de transmisión adaptado para transmitir el valor de referencia de gobierno al
35 convertidor cuando recibe el valor de referencia de transmisión, y para bloquear el valor de referencia de gobierno cuando recibe el valor de referencia de bloqueo.

[0017] Según realizaciones particulares de la invención, el sistema eléctrico comprende también una o varias de las características siguientes, tomadas de forma aislada o siguiendo cualquier combinación técnicamente posible:

40 - cada célula electroquímica del apilamiento pertenece a un grupo cuya tensión es comparada con una tensión umbral por el comparador de tensión;

45 - el comparador de tensión está adaptado para comparar la tensión en los bornes de cada grupo de una pluralidad de grupos de al menos una célula electroquímica con una tensión umbral asociada a dicho grupo, y para transmitir al órgano de transmisión el segundo valor de referencia en cuanto una de las tensiones comparadas es inferior o igual a la tensión umbral asociada;

50 - la tensión umbral asociada a cada grupo es sustancialmente igual a la tensión umbral asociada a cada otro grupo;

- el órgano de transmisión comprende un interruptor controlado gobernado por la señal transmitida por el comparador de tensión, siendo el interruptor controlado en particular un transistor, por ejemplo un fototransistor o un transistor con efecto de campo con rejilla de metal-óxido;

55 - el comparador de tensión está adaptado para comparar individualmente la tensión en los bornes de cada célula electroquímica del apilamiento con una tensión umbral asociada a la célula electroquímica, y para transmitir al órgano de transmisión el segundo valor de referencia en cuanto una de las tensiones comparadas es inferior o igual a la tensión umbral asociada;

60 - la tensión umbral asociada a cada célula es sustancialmente igual a la tensión umbral asociada a cada otra célula;

- el comparador de tensión comprende, para cada célula electroquímica del apilamiento, un dispositivo de control de la tensión en los bornes de dicha célula, y un dispositivo regulador de tensión, conectado eléctricamente a dicha célula de modo que el dispositivo de control mida la tensión en los bornes de la célula, disminuida por una tensión de
65 compensación en los bornes del dispositivo regulador;

- el comparador de tensión comprende, para cada célula electroquímica del apilamiento, un dispositivo de control de la tensión en los bornes de dicha célula, y un dispositivo regulador de tensión, conectado eléctricamente a dicha célula de modo que el dispositivo de control mida la tensión en los bornes de la célula, aumentada por una tensión de 5 compensación en los bornes del dispositivo regulador;
 - la tensión de compensación es fija;
 - 10 - el dispositivo regulador es un dispositivo pasivo, tal como un diodo;
 - el dispositivo regulador está conectado eléctricamente, por un primer borne, a un borne de una célula consecutiva de la pila, común con la célula cuya tensión se mide, y, por un segundo borne, al otro borne de dicha célula consecutiva;
 - el primer borne del dispositivo regulador está en conexión eléctrica directa con el borne común a la célula cuya 15 tensión se mide y a la célula consecutiva;
 - una resistencia está intercalada eléctricamente entre el segundo borne del dispositivo regulador y el borne de la célula consecutiva al que está conectado dicho segundo borne;
 - 20 - el dispositivo de control comprende una entrada conectada por un lado a un borne de la célula cuya tensión se mide, y por otro lado al segundo borne del dispositivo regulador;
 - el dispositivo de control es un elemento óptico activo;
 - 25 - el dispositivo de control comprende una salida para la construcción de una imagen de la tensión medida, estando las salidas de al menos dos de los dispositivos de control conectadas eléctricamente en serie entre sí;
 - el sistema eléctrico comprende un sensor de tensión para medir la tensión en los bornes del apilamiento y un módulo de detección de un fallo del apilamiento, teniendo el módulo de detección como entradas la tensión medida por el 30 sensor de tensión y la señal transmitida por el comparador de tensión al órgano de transmisión;
 - el módulo de detección está programado para comparar la tensión medida con una tensión máxima, y para emitir una señal de fallo del apilamiento cuando la tensión medida es superior a la tensión máxima y la señal transmitida por el comparador de tensión al órgano de transmisión consiste en el valor de referencia de bloqueo;
 - 35 - el sistema eléctrico comprende un sensor de corriente para medir la intensidad de la corriente que sale del apilamiento y un módulo de detección de un fallo del apilamiento, teniendo el módulo de detección como entradas la intensidad medida por el sensor de corriente y la señal transmitida por el comparador de tensión al órgano de transmisión;
 - 40 - el módulo de detección está programado para comparar la intensidad medida con una intensidad mínima, y para emitir una señal de fallo del apilamiento cuando la intensidad medida es inferior a la intensidad mínima y la señal transmitida por el comparador de tensión al órgano de transmisión consiste en el valor de referencia de bloqueo.
- [0018]** La invención tiene también por objeto un procedimiento de gobierno de un sistema eléctrico tal como se 45 ha definido anteriormente, que comprende las etapas siguientes:
- comparación de la tensión en los bornes de al menos un grupo de al menos una célula electroquímica con una tensión umbral, siendo la tensión comparada superior a la tensión umbral, estando el convertidor en funcionamiento,
 - 50 - detección de la caída de la tensión comparada a un valor inferior al de la tensión umbral,
 - parada del convertidor,
 - detección del aumento de la tensión comparada a un valor superior al de la tensión umbral, y
 - 55 - puesta en marcha de nuevo del convertidor.
- [0019]** La invención tiene también por objeto un procedimiento de gobierno de un sistema eléctrico tal como se 60 ha definido anteriormente, que comprende las etapas siguientes:
- comparación de la tensión en los bornes de al menos un grupo de al menos una célula electroquímica con una tensión umbral, siendo la tensión comparada inferior a la tensión umbral, estando el convertidor en funcionamiento,
 - detección de la subida de la tensión comparada a un valor superior al de la tensión umbral,
 - 65

- parada del convertidor,
- detección de la caída de la tensión comparada a un valor inferior al de la tensión umbral, y

5 - puesta en marcha de nuevo del convertidor.

[0020] Otras características y ventajas de la invención se mostrarán con la lectura de la descripción a continuación, proporcionada únicamente a modo de ejemplo y realizada en referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

10

- la figura 1 es una vista esquemática de un sistema eléctrico según una primera realización de la invención, conectado eléctricamente a una carga,

15 - la figura 2 es una vista esquemática en corte de una célula electroquímica de una pila del sistema eléctrico de la figura 1,

- la figura 3 es una vista esquemática de un detalle de un comparador de tensión del sistema eléctrico de la figura 1, según una primera variante de la primera realización,

20 - la figura 4 es una vista similar a la de la figura 3, según una segunda variante de la primera realización,

- la figura 5 es una vista esquemática del comparador de tensión del sistema eléctrico de la figura 1,

- la figura 6 es una vista esquemática de un receptor de la figura 1;

25

- la figura 7 es una vista esquemática de un sistema eléctrico según una segunda realización de la invención, conectado eléctricamente a una fuente,

30 - la figura 8 es una vista esquemática en corte de una célula electroquímica de un electrolizador del sistema eléctrico de la figura 7,

- la figura 9 es una vista esquemática de un detalle de un comparador de tensión del sistema eléctrico de la figura 7, y

35 - la figura 10 es una vista esquemática del comparador de tensión del sistema eléctrico de la figura 7.

[0021] El sistema eléctrico 1, representado en la figura 1, es un sistema de producción de energía eléctrica. Comprende una pila de combustible formada por un apilamiento 3 de células electroquímicas 5, para la generación de una corriente eléctrica a partir de un fluido oxidante y de un fluido reductor, un comparador de tensión 7 para comparar individualmente la tensión en los bornes de cada célula 5 de la pila de combustible 3 con una tensión umbral, un convertidor eléctrico 9 para la conversión de la corriente eléctrica generada por la pila de combustible 3, y un módulo 11 de control del convertidor 9. El sistema eléctrico 1 está conectado eléctricamente a una carga 13 para el consumo de la energía eléctrica producida por el sistema 1.

45 **[0022]** Una célula 5 de la pila de combustible 3 está representada en la figura 2. Esta comprende un conjunto membrana-electrodo 16 intercalado entre una placa anódica 18 y una placa catódica 22.

[0023] El conjunto membrana-electrodo 16 comprende una membrana 26 de intercambio de iones intercalada entre un ánodo 28a y un cátodo 28b.

50

[0024] La membrana 26 aísla eléctricamente el ánodo 28a del cátodo 28b.

[0025] La membrana 26 está adaptada para dejar que solamente iones cargados, preferentemente cationes, la atraviesen. La membrana 26 es generalmente una membrana de intercambio de protones, adaptada para dejar solamente que la atraviesen protones. La membrana 26 es normalmente de material polímero.

55

[0026] El ánodo 28a y el cátodo 28b comprenden, cada uno, un catalizador, normalmente platino o una aleación de platino, para facilitar la reacción.

60 **[0027]** La placa anódica 18 delimita un conducto anódico 20 para la circulación de un gas reductor a lo largo del ánodo 28a y en contacto con este. Para ello, la placa 18 está dotada de al menos un canal realizado en la cara de la placa orientada hacia el conjunto membrana-electrodo 16 y encerrada por dicho conjunto membrana-electrodo 16. La placa anódica 18 está formada por un material conductor de la electricidad, normalmente grafito. El gas reductor utilizado es un gas que comprende dihidrógeno, como por ejemplo dihidrógeno puro.

65

- [0028]** La placa catódica 22 delimita un conducto catódico 24 para la circulación de un gas oxidante a lo largo del cátodo 28b y en contacto con este. Para ello, la placa 22 está dotada de al menos un canal realizado en la cara de la placa orientada hacia el conjunto membrana-electrodo 16 y encerrada por dicho conjunto membrana-electrodo 16. La placa catódica 22 está formada por un material conductor de la electricidad, normalmente grafito. El gas oxidante utilizado es un gas que comprende dioxígeno, como por ejemplo dioxígeno puro, aire, o una mezcla reconstituida de dioxígeno y de un gas neutro, tal como nitrógeno o dióxido de carbono.
- [0029]** La membrana 26 separa los gases oxidante y reductor. Está dispuesta entre la placa anódica 18 y la placa catódica 22 de la célula 5 y las aísla eléctricamente entre sí.
- [0030]** El ánodo 28a está en contacto eléctrico con la placa anódica 18. El cátodo 28b está en contacto eléctrico con la placa catódica 22. Durante el funcionamiento de la pila de combustible, se produce a nivel del ánodo 28a una oxidación del gas reductor que induce la generación de electrones y de protones. Los electrones transitan a continuación mediante la placa anódica 18 hacia el cátodo 28b de la célula 5, o hacia el cátodo de otra célula, para participar en una reducción del gas oxidante.
- [0031]** La célula 5 comprende de este modo dos bornes eléctricos: un borne eléctrico negativo está constituido por la placa anódica 18, y un borne eléctrico positivo está constituido por la placa catódica 20.
- [0032]** La célula 5 está apilada con otras células similares, estando la placa anódica 18 de cada célula en contacto con la placa catódica 22 de la célula vecina. Las placas anódica y catódica 18, 22 garantizan, de este modo, la transferencia de los electrones del gas reductor que circula en una célula hacia el gas oxidante que circula en otra célula. Las placas anódica 18 y catódica 22 de dos células vecinas del apilamiento son, preferentemente, integrales y forman juntas una placa bipolar.
- [0033]** Las células 5 están conectadas eléctricamente en serie entre sí, de modo que la tensión en los bornes del apilamiento 3 es igual a la suma de las tensiones en los bornes de las células 5.
- [0034]** En referencia a las figuras 3 y 4, el comparador de tensión 7 comprende, para cada célula 5A de la pila 3, un dispositivo 30 de control de la tensión en los bornes de dicha célula 5A. Comprende además el dispositivo 32 regulador de tensión, dispuesto de modo que el dispositivo de control 30 mida la tensión V_A en los bornes de la célula 5A, aumentada por una tensión de compensación ΔV fija.
- [0035]** La tensión V_A está normalmente comprendida entre 0,5 y 1,0 V, en funcionamiento normal de la célula 5A. La tensión de compensación ΔV es la tensión en los bornes del dispositivo regulador 32. Preferentemente, la tensión de compensación ΔV es sustancialmente igual a 0,3 V.
- [0036]** El dispositivo de control 30 está constituido por un dispositivo óptico activo, normalmente un optoacoplador. Comprende una entrada 34, conectada eléctricamente a la célula 5A, para la medida de su tensión V_A , y una salida 36, para la construcción de una imagen de la tensión medida V_A . La entrada 34 y la salida 36 están aisladas eléctricamente.
- [0037]** La entrada 34 comprende un diodo electroluminiscente 38, adaptado para emitir fotones cuando la tensión en sus bornes es superior a una tensión umbral V_{min} . En funcionamiento normal de la célula 5A, la tensión umbral V_{min} es inferior a la suma de las tensiones V_A y ΔV , de modo que el diodo electroluminiscente 38 emita fotones. La tensión umbral V_{min} está normalmente comprendida entre 0,8 y 1,2 V.
- [0038]** La salida 36 comprende un fototransistor 40 adaptado para estar en configuración cerrada, es decir conectando eléctricamente su colector 41A y su emisor 41B entre sí, cuando su base 41C recibe fotones, y para estar en configuración abierta, es decir aislando eléctricamente su colector 41A y su emisor 41B entre sí, cuando su base 41C no recibe fotones.
- [0039]** El fototransistor 40 está acoplado ópticamente al diodo electroluminiscente 38. En otras palabras, el diodo electroluminiscente 38 y el fototransistor 40 están dispuestos de modo que los fotones emitidos por el diodo 38 llegan a la base 41C del fototransistor 40. El paso del fototransistor 40 de su configuración abierta a su configuración cerrada está controlado, de este modo, por el estado del diodo electroluminiscente 38.
- [0040]** El dispositivo regulador 32 es un dispositivo eléctrico pasivo. En particular, el dispositivo regulador 32 es un diodo, normalmente un diodo Schottky, ventajoso porque es poco costoso y da una tensión de compensación fija y fácilmente controlable. El diodo está orientado para dejar pasar las corrientes de las zonas de potencial alto a las zonas de potencial inferior. De este modo, en funcionamiento normal, la tensión en los bornes del dispositivo regulador 32, que es también la tensión de compensación ΔV , es igual a la tensión umbral del diodo.
- [0041]** El dispositivo regulador 32 comprende un primer borne 42, conectado eléctricamente a un borne 44 de una célula 5B del apilamiento consecutiva a la célula 5A. En otras palabras, el primer borne 42 está conectado a la

placa bipolar que forma la separación entre las células 5A y 5B. El primer borne 42 está en conexión eléctrica directa con el borne 44 común a las células 5A, 5B, es decir que no hay ningún componente eléctrico interpuesto entre los bornes 42 y 44.

- 5 **[0042]** El dispositivo regulador 32 comprende también un segundo borne 46, conectado eléctricamente al otro borne 48 de la célula consecutiva 5B. En otras palabras, el segundo borne 46 está conectado eléctricamente a la placa 18, 22 de la célula 5B opuesta la cara de contacto de la célula 5B con la célula 5A. Una resistencia 50 está intercalada entre el segundo borne 46 y el borne 48, para limitar la intensidad de la corriente que atraviesa el dispositivo regulador 32.
- 10 **[0043]** La entrada 34 del dispositivo de control 30 está conectada por un lado al segundo borne 46 del dispositivo regulador 32, y por otro lado al borne 52 de la célula 5A diferente del borne común 44.
- 15 **[0044]** En el ejemplo representado en la figura 3, el borne común 44 es el borne de la célula 5A que tiene el potencial más elevado. La célula consecutiva 5B es, entonces, una célula superior del apilamiento. El dispositivo regulador 32 está orientado de modo que su borne 42 sea su borne de potencial más bajo. De este modo, la tensión en los bornes de la entrada 34 es igual a la suma de las tensiones V_A y ΔV .
- 20 **[0045]** En el ejemplo representado en la figura 4, el borne común 44 es el borne de la célula 5A que tiene el potencial más bajo. La célula consecutiva 5B es, entonces, una célula inferior del apilamiento. El dispositivo regulador 32 está orientado de modo que su borne 42 sea su borne de potencial más elevado. De este modo, la tensión en los bornes de la entrada 34 es igual a la suma de las tensiones V_A y ΔV .
- 25 **[0046]** Al medir el dispositivo de control 30 de este modo la tensión V_A de la célula 5A aumentada por la tensión de compensación ΔV , la tensión V_A puede variar en un intervalo más grande antes de que la tensión en los bornes de la entrada 34 del dispositivo de control 30 caiga por debajo la tensión umbral V_{\min} .
- 30 **[0047]** En referencia a la figura 5, las tensiones V_C , V_D , V_E , V_F en los bornes de las células 5C, 5D, 5E, 5F de la pila de combustible 3 son medidas, cada una, por un dispositivo de control, respectivamente 30C, 30D, 30E, 30F del comparador de tensión 7. Al igual que para la célula 5A representada en las figuras 3 y 4, se proporciona un dispositivo regulador, respectivamente 32C, 32D, 32E, 32F, para cada célula 5C, 5D, 5E, 5F, de modo que el dispositivo de control 30C, 30D, 30E, 30F asociado mida la tensión V_C , V_D , V_E , V_F aumentada por una tensión de compensación ΔV .
- 35 **[0048]** Cabe destacar que, por razones de claridad de la figura, el número de células de la pila de combustible 3 representadas se ha limitado a cuatro, pero que este número no es en absoluto limitante, pudiendo comprender la pila 3 más o menos de cuatro células electroquímicas. Preferentemente, la pila 3 comprende un gran número de células electroquímicas, por ejemplo superior a cien.
- 40 **[0049]** La tensión umbral V_{\min} es preferentemente sustancialmente la misma para todos los dispositivos de control 30C, 30D, 30E, 30F, y la tensión de compensación ΔV es preferentemente sustancialmente la misma para todos los dispositivos reguladores 32C, 32D, 32E, 32F. La tensión mínima de cada célula 5C, 5D, 5E, 5F por debajo de aquella a la cual el fototransistor 40 asociado se abre es, por lo tanto, sustancialmente la misma para todas las células 5C, 5D, 5E, 5F.
- 45 **[0050]** Para cada una de las células 5D, 5E, 5F, la célula consecutiva en los bornes de la cual está conectado el dispositivo regulador 32D, 32E, 32F está constituida por la célula consecutiva superior, respectivamente 5C, 5D, 5E. Para la célula 5C, la célula consecutiva en los bornes de la cual está conectado el dispositivo regulador 32C está constituida por la célula consecutiva inferior 5D.
- 50 **[0051]** Las salidas 36 de los dispositivos de control 30C, 30D, 30E, 30F están conectadas en serie entre sí, entre una línea 60 de potencial positivo V_+ (normalmente 5 voltios) y una línea de salida 62. Una resistencia 64 está interpuesta eléctricamente entre la línea 62 y una línea 66 de potencial de referencia V_0 .
- 55 **[0052]** De este modo, en tanto que todos los fototransistores 40 de los dispositivos de control 30C, 30D, 30E, 30F están cerrados, el potencial de la línea de salida 62 es igual al potencial positivo V_+ . Si, por el contrario, el potencial de la línea de salida 62 supera el potencial de referencia V_0 , esto indica que uno de los fototransistores 40 está abierto, y por lo tanto, que una potencia excesiva es extraída de la pila 3.
- 60 **[0053]** Volviendo a la figura 1, el convertidor 9 está adaptado para dar forma a la energía eléctrica producida por el sistema 1 para su consumo por la carga 13. Comprende una entrada 70 de corriente continua conectada eléctricamente a los bornes de la pila 3, y una salida 72 de corriente conformada conectada eléctricamente a los bornes de la carga 13. El convertidor 9 es, en el ejemplo representado, un convertidor continuo/alterno. Como variante, el convertidor 9 es un convertidor continuo/continuo.
- 65

[0054] El convertidor 9 está gobernado por el módulo de control 11.

[0055] El módulo de control 11 comprende un generador de valor de referencia de gobierno 74 y un órgano 76 de transmisión del valor de referencia de gobierno al convertidor 9.

5

[0056] El generador de valor de referencia de gobierno 74 está programado para generar un valor de referencia de gobierno del convertidor 9, por ejemplo de tipo con modulación de anchura de impulso, adaptado para que la corriente que sale del convertidor 9 por su salida 72 esté adaptada a la carga 13. Dichos generadores de valor de referencia de gobierno son conocidos por el experto en la materia.

10

[0057] El órgano de transmisión 76 comprende una línea eléctrica 80 que conecta eléctricamente un borne 82 de salida del valor de referencia de gobierno del generador 74 a un borne 84 de recepción del valor de referencia de gobierno por el convertidor 9. El órgano de transmisión 76 comprende además un interruptor controlado 86 para abrir y cerrar, selectivamente, la línea eléctrica 80. El interruptor controlado 86 es normalmente un transistor, por ejemplo un fototransistor o un transistor con efecto de campo con rejilla de metal-óxido.

15

[0058] El comparador de tensión 7 está adaptado para transmitir una señal de control del interruptor controlado 86 al órgano de transmisión 76, consistiendo dicha señal en un valor de referencia de transmisión del valor de referencia de gobierno cuando la tensión en los bornes de cada célula 5 es superior a la tensión $V_{\min}-\Delta V$, y en un valor de referencia de bloqueo del valor de referencia de gobierno en cuanto una de las tensiones en los bornes de las células 5 es inferior o igual a la tensión $V_{\min}-\Delta V$, de modo que el órgano de transmisión 76 transmita el valor de referencia de gobierno al convertidor 9 cuando recibe el valor de referencia de transmisión, y bloquee el valor de referencia de gobierno cuando recibe el valor de referencia de bloqueo.

20

[0059] Para ello, la salida 62 del comparador de tensión 7 está conectada eléctricamente al órgano de transmisión 76.

25

[0060] En particular, en el caso en que el interruptor controlado 86 es un transistor con efecto de campo con rejilla de metal-óxido, la salida 62 del comparador de tensión 7 está conectada eléctricamente a la rejilla del transistor.

30

En el caso en que el interruptor controlado 86 es un fototransistor, la salida 62 está conectada eléctricamente a un diodo electroluminiscente (no representado) adaptado para emitir fotones cuando la tensión en sus bornes es superior a una tensión umbral inferior al potencial positivo $V+$, estando el diodo electroluminiscente acoplado ópticamente al fototransistor.

35

[0061] De este modo, cuando la salida 62 está en potencial positivo $V+$, el interruptor 86 está cerrado y el valor de referencia de gobierno es transmitido al convertidor 9 y, cuando la salida 62 está en el potencial de referencia V_0 , el interruptor 86 está abierto y el valor de referencia de gobierno no es transmitido al convertidor 9.

40

[0062] La señal transmitida por la salida 62 al órgano de transmisión 76 consiste, por lo tanto, en una alternancia de franjas con potencial positivo $V+$ y de franjas con potencial de referencia V_0 , constituyendo cada franja con potencial positivo $V+$ un valor de referencia de transmisión del valor de referencia de gobierno, y constituyendo cada franja con potencial de referencia V_0 un valor de referencia de bloqueo del valor de referencia de gobierno.

45

[0063] La carga 13 es, por ejemplo, un motor o una red eléctrica.

50

[0064] En la variante representada en la figura 1, el sistema eléctrico 1 comprende además un sensor de tensión 90, para medir la tensión en los bornes de la pila de combustible 3, y un módulo 92 de detección de un fallo de la pila de combustible 3.

55

[0065] El módulo de detección 92 tiene como entradas la tensión medida por el sensor de tensión 90 y la señal transmitida por el comparador de tensión 7 al órgano de transmisión 76. Está programado para comparar la tensión medida con una tensión máxima, y para emitir una señal de fallo de la pila 3 cuando la tensión medida es superior a la tensión máxima y la señal transmitida por el comparador de tensión 7 al órgano de transmisión 76 consiste en el valor de referencia de bloqueo. Esta señal de fallo es normalmente transmitida a un módulo de parada de emergencia (no representado), adaptado para ordenar la parada del sistema eléctrico 1 tras la recepción de la señal de fallo, o al dispositivo de presentación de informaciones (no representado) para informar a un usuario del fallo.

60

[0066] En la variante representada en la figura 6, el sistema eléctrico 1 comprende un sensor de corriente 94, para medir la intensidad de una corriente que sale de la pila de combustible 3, y un módulo 96 de detección de un fallo de la pila de combustible 3.

65

[0067] El módulo de detección 96 tiene, como entradas, la intensidad medida por el sensor de corriente 94 y la señal transmitida por el comparador de tensión 7 al órgano de transmisión 76. Está programado para comparar la intensidad medida con una intensidad mínima, y para emitir una señal de fallo de la pila 3 cuando la intensidad medida es inferior a la intensidad mínima y la señal transmitida por el comparador de tensión 7 al órgano de transmisión 76

consiste en el valor de referencia de bloqueo. Esta señal de fallo es normalmente transmitida a un módulo de parada de emergencia (no representado), adaptado para ordenar la parada del sistema eléctrico 1 tras la recepción de la señal de fallo, o al dispositivo de presentación de informaciones (no representado) para informar a un usuario del fallo.

5 **[0068]** A continuación, se describirá un procedimiento de gobierno del sistema eléctrico 1, en referencia a las figuras 1 y 6.

[0069] El sistema eléctrico 1 se pone en funcionamiento en primer lugar. Para ello, la pila de combustible 3 es alimentada con fluidos oxidante y reductor, y un valor de referencia de gobierno es generado por el generador de valor de referencia 74 para que la corriente de salida del convertidor 9 esté adaptada a la carga 13. Bajo el efecto de la reacción de oxidación-reducción que se produce en cada célula 5 de la pila 3, se establece una diferencia de potencial superior a $V_{\min} - \Delta V$ entre los bornes de la célula. Todos los fototransistores 36 del comparador de tensión 7 están entonces cerrados, de modo que la señal de salida del comparador de tensión 7 consiste en el valor de referencia de transmisión. El interruptor 86 está, por lo tanto, también cerrado, de modo que el valor de referencia de gobierno es transmitido al convertidor 9, que, de este modo, está en funcionamiento.

[0070] En un instante cualquiera, la tensión en los bornes de una de las células 5 de la pila 3 cae por debajo del valor $V_{\min} - \Delta V$. Esta caída de tensión es detectada gracias a la apertura del fototransistor 40 asociado a dicha célula 5, lo que tiene como efecto cambiar la salida 62 del comparador de tensión 7 al potencial de referencia V_0 . La señal de salida del comparador de tensión 7 consiste entonces en el valor de referencia de bloqueo. En consecuencia, el interruptor 86 se abre, y el valor de referencia de gobierno deja de ser transmitido al convertidor 9, que se para.

[0071] Estando parado el convertidor 9, ya no se extrae más energía de la pila 3. Siguiendo esta, no obstante, alimentada con fluidos oxidante y reductor, la tensión en los bornes de las células 5 asciende de modo que todos los valores de tensión vuelven por encima del valor $V_{\min} - \Delta V$. Esta subida de tensión es detectada gracias al cierre del fototransistor 40 que estaba abierto, lo que tiene como efecto hacer volver la salida 62 del comparador de tensión 7 al potencial positivo V^+ . El interruptor 86 se vuelve a cerrar también, y el valor de referencia de gobierno es transmitido de nuevo al convertidor 9, que se vuelve a poner en marcha.

[0072] Se observará que las tensiones en los bornes de las células 5 son susceptibles de ascender muy rápidamente después de la parada del convertidor 9, de modo que la parada del convertidor 9 generalmente dure solamente una fracción de segundo. La carga 13 no experimenta, de este modo, ningún corte de su alimentación eléctrica por el sistema eléctrico 1, sino simplemente una limitación de la potencia eléctrica que el sistema eléctrico 1 es susceptible de suministrarle.

[0073] Gracias a la invención descrita anteriormente, se evitan las paradas de seguridad intempestivas del sistema eléctrico 1. La potencia eléctrica distribuida por el sistema eléctrico 1 está simplemente limitada en función de las prestaciones de la pila de combustible 3.

[0074] Además, la pila de combustible 3 se puede aprovechar al máximo de sus capacidades, sin entrar nunca en una zona de funcionamiento en la que la degradación de las células electroquímicas 5 estaría acelerada. Del mismo modo se aprovechan las capacidades limitadas de la pila de combustible 3 al final de su vida, mientras que estas capacidades limitadas ocasionaban en los sistemas de producción del estado de la técnica múltiples paradas intempestivas que hacen a la pila inaprovechable.

[0075] Además, el sistema eléctrico 1 es simple y poco costoso de producir.

[0076] Finalmente, a pesar de una utilización diferente del comparador de tensión 7 con respecto a los sistemas de producción del estado de la técnica, los fallos de la pila 3 siguen estando vigilados, lo que permite de todas formas parar el sistema eléctrico 1 cuando es necesario.

[0077] El sistema eléctrico 100, representado en la figura 7, es un sistema de electrolisis. Comprende un electrolizador formado por un apilamiento 103 de células electroquímicas 105, para la producción de dióxígeno y de dihidrógeno por electrolisis del agua, un comparador de tensión 107 para comparar individualmente la tensión en los bornes de cada célula 105 del electrolizador 103 con una tensión umbral, un convertidor eléctrico 109 para la conversión de la corriente eléctrica de alimentación del electrolizador 103, y un módulo 111 de control del convertidor 109. El sistema eléctrico 100 está conectado eléctricamente a una fuente 113 para la producción de la energía eléctrica consumida por el sistema 100.

[0078] Una célula 105 del electrolizador 103 está representada en la figura 8. Esta comprende un conjunto membrana-electrodo 116 intercalado entre una placa anódica 118 y una placa catódica 122.

[0079] El conjunto membrana-electrodo 116 comprende una membrana 126 de intercambio de iones intercalada entre un ánodo 128a y un cátodo 128b.

65

- [0080]** La membrana 126 aísla eléctricamente el ánodo 128a del cátodo 128b.
- [0081]** La membrana 126 está adaptada para dejar que solamente iones cargados, preferentemente cationes, la atraviesen. La membrana 126 es generalmente una membrana de intercambio de protones, adaptada para dejar
5 solamente que la atraviesen protones. La membrana 126 es normalmente de material polímero.
- [0082]** El ánodo 128a y el cátodo 128b están dispuestos en caras opuestas de la membrana 126. Están formados, cada uno, por un medio poroso que comprende un catalizador, normalmente platino o una aleación de platino, para facilitar la reacción.
- 10 **[0083]** La placa anódica 118 delimita con el conjunto membrana-electrodo 116 un compartimento anódico 120 para la circulación del agua que será electrolizada y la recogida del dióxígeno proveniente de la reacción de electrolisis. Este compartimento anódico 120 se extiende a lo largo de la cara de la membrana 126 que porta el ánodo 128a.
- 15 **[0084]** El compartimento anódico 120 contiene una matriz porosa 121. Preferentemente, como se representa, la matriz porosa 121 tiene una forma sustancialmente complementaria a la del compartimento anódico 120.
- [0085]** La placa anódica 118 está formada por un material conductor de la electricidad, normalmente titanio.
- 20 **[0086]** La placa catódica 122 delimita con el conjunto membrana-electrodo 116 un compartimento catódico 124 para la recogida del dihidrógeno proveniente de la reacción de electrolisis. Este compartimento catódico 124 se extiende a lo largo de la cara de la membrana 126 que porta el cátodo 128b.
- [0087]** El compartimento catódico 124 contiene una matriz porosa 125. Preferentemente, como se representa,
25 la matriz porosa 125 tiene una forma sustancialmente complementaria a la del compartimento catódico 124.
- [0088]** La placa catódica 122 está formada por un material conductor de la electricidad, normalmente titanio.
- [0089]** La membrana 126 separa el dióxígeno del dihidrógeno producido por la electrolisis. Está dispuesta entre
30 la placa anódica 118 y la placa catódica 122 de la célula 105 y las aísla eléctricamente entre sí.
- [0090]** El ánodo 128a está en contacto eléctrico con la placa anódica 118. El cátodo 128b está en contacto eléctrico con la placa catódica 122. Durante el funcionamiento del electrolizador 3, se produce a nivel del ánodo 128a una electrolisis del agua bajo el efecto de la diferencia de potencial aplicada entre las placas anódica y catódica 118,
35 122. Los iones dióxígeno formados de este modo ceden un electrón a la placa anódica, para formar dióxígeno, mientras que los iones hidrógeno migran a través de la membrana 126 hacia el compartimento catódico 124, donde recuperan electrones y se ensamblan para formar dihidrógeno
- [0091]** La célula 105 está apilada con otras células similares, estando la placa anódica 118 de cada célula en
40 contacto con la placa catódica 122 de la célula vecina. Las placas anódica y catódica 118, 122 garantizan de este modo la transferencia de los electrones de los iones dióxígeno recogidos en el compartimento anódico 120 de una célula hacia los iones hidrógeno recogidos en el compartimento catódico 124 de otra célula. Las placas anódica 118 y catódica 122 de dos células vecinas del apilamiento son, preferentemente, integrales y forman juntas una placa bipolar.
- 45 **[0092]** Las células 105 están conectadas eléctricamente en serie entre sí, de modo que la tensión en los bornes del apilamiento 103 es igual a la suma de las tensiones en los bornes de las células 105.
- [0093]** En referencia a la figura 9, el comparador de tensión 107 comprende, para cada célula 105 del electrolizador 103, un dispositivo 130 de control de la tensión en los bornes de dicha célula 105. Comprende además
50 el dispositivo 132 regulador de tensión, dispuesto de modo que el dispositivo de control 130 mide la tensión V en los bornes de la célula 105, disminuida por una tensión de compensación ΔV fija.
- [0094]** La tensión V está normalmente comprendida entre 0,5 y 1,0 V, en funcionamiento normal de la célula 105. La tensión de compensación ΔV es la tensión en los bornes del dispositivo regulador 132. Preferentemente, la
55 tensión de compensación ΔV está comprendida entre 0,3 y 1 V.
- [0095]** El dispositivo de control 130 está constituido por un dispositivo óptico activo, normalmente un optoacoplador. Comprende una entrada 134, conectada eléctricamente a la célula 105, para la medida de su tensión V, y una salida 136, para la construcción de una imagen de la tensión medida V. La entrada 134 y la salida 136 están
60 aisladas eléctricamente.
- [0096]** La entrada 134 comprende un diodo electroluminiscente 138, adaptado para emitir fotones cuando la tensión en sus bornes es superior a una tensión umbral V_{\min} . En funcionamiento normal de la célula 105, la tensión umbral V_{\min} es superior a la diferencia de las tensiones V y ΔV , de modo que el diodo electroluminiscente 138 no emite
65 fotones. La tensión umbral V_{\min} está normalmente comprendida entre 0,8 y 1,2 V.

- 5 **[0097]** La salida 136 comprende un fototransistor 140 adaptado para estar en configuración cerrada, es decir conectando eléctricamente su colector 141A y su emisor 141B entre sí, cuando su base 141C recibe fotones, y para estar en configuración abierta, es decir aislando eléctricamente su colector 141A y su emisor 141B entre sí, cuando su base 141C no recibe fotones.
- 10 **[0098]** El fototransistor 140 está acoplado ópticamente al diodo electroluminiscente 138. En otras palabras, el diodo electroluminiscente 138 y el fototransistor 140 están dispuestos de modo que los fotones emitidos por el diodo 138 llegan a la base 141C del fototransistor 140. El paso del fototransistor 140 de su configuración abierta a su configuración cerrada está controlado, de este modo, por el estado del diodo electroluminiscente 138.
- 15 **[0099]** El dispositivo regulador 132 es un dispositivo eléctrico pasivo. En particular, el dispositivo regulador 132 es un diodo, normalmente un diodo Schottky, ventajoso porque es poco costoso y da una tensión de compensación fija y fácilmente controlable. El diodo está orientado para dejar pasar las corrientes de las zonas de potencial alto a las zonas de potencial inferior. De este modo, en funcionamiento normal, la tensión en los bornes del dispositivo regulador 132, que es también la tensión de compensación ΔV , es igual a la tensión umbral del diodo.
- 20 **[0100]** El dispositivo regulador 132 comprende un primer borne 142, conectado eléctricamente a un borne 144 de la entrada 134 del dispositivo de control 130. El primer borne 142 está en conexión eléctrica directa con el borne 144, es decir que no hay ningún componente eléctrico interpuesto ente los bornes 142 y 144. El otro borne 145 de la entrada 134 del dispositivo de control 130 está en conexión eléctrica directa con un borne de potencial bajo 147 de la célula 105.
- 25 **[0101]** El dispositivo regulador 132 comprende también un segundo borne 146, conectado eléctricamente a un borne de potencial alto 148 de la célula 105. En otras palabras, el segundo borne 146 está conectado eléctricamente a la placa anódica 118 de la célula 105. Una resistencia 150 está intercalada entre el segundo borne 146 y el borne 148, para limitar la intensidad de la corriente que atraviesa el dispositivo regulador 132.
- 30 **[0102]** Al medir el dispositivo de control 130 de este modo la tensión V de la célula 105 disminuida por la tensión de compensación ΔV , la tensión V puede variar en un intervalo más grande antes de que la tensión en los bornes de la entrada 134 del dispositivo de control 130 sube por encima de la tensión umbral V_{\min} .
- 35 **[0103]** En referencia a la figura 10, las tensiones V' , V'' , V''' en los bornes de células 105A, 105B, 105C del electrolizador 103 son medidas, cada una, por un dispositivo de control, respectivamente 130A, 130B, 130C del comparador de tensión 107. Al igual que para la célula 105 representada en la figura 9, se suministra un dispositivo regulador, respectivamente 132A, 132B, 132C, para cada célula 105A, 105B, 105C, de modo que el dispositivo de control 130A, 130B, 130C asociado mida la tensión V' , V'' , V''' disminuida por una tensión de compensación ΔV .
- 40 **[0104]** Cabe destacar que, por razones de claridad de la figura, el número de células del electrolizador 103 representadas se ha limitado a tres, pero que este número no es limitante en absoluto, pudiendo comprender el electrolizador 103 más o menos de tres células electroquímicas. Preferentemente, el electrolizador 103 comprende un gran número de células electroquímicas, por ejemplo superior a cien.
- 45 **[0105]** La tensión umbral V_{\min} es preferentemente sustancialmente la misma para todos los dispositivos de control 130A, 130B, 130C, y la tensión de compensación ΔV es preferentemente sustancialmente la misma para todos los dispositivos reguladores 132A, 132B, 132C. La tensión máxima de cada célula 105A, 105B, 105C más allá de la cual el fototransistor 140 asociado se cierra es, por lo tanto, sustancialmente la misma para todas las células 105A, 105B, 105C.
- 50 **[0106]** Las salidas 136 de los dispositivos de control 130A, 130B, 130C están conectadas en paralelo entre sí, entre una línea 160 de potencial positivo V_+ (normalmente 5 voltios) y una línea intermedia 162. Una resistencia 164 está interpuesta eléctricamente entre la línea 162 y una línea 165 de potencial de referencia V_0 .
- 55 **[0107]** De este modo, en tanto que todos los fototransistores 140 de los dispositivos de control 130A, 130B, 130C están abiertos, el potencial de la línea intermedia 162 es igual al potencial de referencia V_0 . Si, en cambio, el potencial de la línea intermedia 162 supera al potencial positivo V_+ , esto indica que uno de los fototransistores 140 está cerrado, y, por lo tanto, que se aplica una potencia excesiva al electrolizador 103.
- 60 **[0108]** Continuando con la referencia a la figura 10, el comparador de tensión 107 comprende también un inversor de tensión 166 interpuesto eléctricamente entre la línea intermedia y una línea de salida 167, para suministrar en la línea de salida 167 una tensión invertida con respecto a la tensión de la línea intermedia 162.
- 65 **[0109]** Para ello, el inversor de tensión 166 comprende un transistor 168 cuya base está conectada eléctricamente a la línea intermedia 162, el emisor está conectado eléctricamente a la línea 165 y el colector está conectado eléctricamente a la línea de salida 167 y, mediante una resistencia 169, a la línea 160. De este modo,

cuando la línea intermedia 162 está al potencial de referencia V_0 , el transistor 168 está abierto y la línea de salida 167 está, por lo tanto, al potencial positivo V_+ , y cuando la línea intermedia 162 está al potencial positivo V^+ , el transistor 168 está cerrado y la línea de salida 167 está, por lo tanto, al potencial de referencia V_0 .

- 5 **[0110]** Volviendo a la figura 7, el convertidor 109 está adaptado para dar forma a la energía eléctrica producida por la fuente 113 para su consumo por el sistema 100. Comprende una entrada 170 de corriente de corriente alterna conectada eléctricamente a los bornes de la fuente 113, y una salida 172 de corriente continua conectada eléctricamente a los bornes del electrolizador 103. El convertidor 109 es, en el ejemplo representado, un convertidor alterno/continuo. Como variante, el convertidor 109 es un convertidor continuo/continuo.
- 10 **[0111]** El convertidor 109 está gobernado por el módulo de control 111.
- [0112]** El módulo de control 111 comprende un generador de valor de referencia de gobierno 174 y un órgano 176 de transmisión del valor de referencia de gobierno al convertidor 109.
- 15 **[0113]** El generador de valor de referencia de gobierno 174 está programado para generar un valor de referencia de gobierno del convertidor 109, por ejemplo de tipo con modulación de anchura de impulso, adaptado para que la corriente que sale del convertidor 109 por su salida 172 esté adaptada al electrolizador 103. Dichos generadores de valor de referencia de gobierno son conocidos por el experto en la materia.
- 20 **[0114]** El órgano de transmisión 176 comprende una línea eléctrica 180 que conecta eléctricamente un borne 182 de salida del valor de referencia de gobierno del generador 174 a un borne 184 de recepción del valor de referencia de gobierno por el convertidor 109. El órgano de transmisión 176 comprende además un interruptor controlado 186 para abrir y cerrar, selectivamente, la línea eléctrica 180. El interruptor controlado 186 es normalmente un transistor, por ejemplo un fototransistor o un transistor con efecto de campo con rejilla de metal-óxido.
- 25 **[0115]** El comparador de tensión 107 está adaptado para transmitir una señal de control del interruptor controlado 186 al órgano de transmisión 176, consistiendo dicha señal en un valor de referencia de transmisión del valor de referencia de gobierno cuando la tensión en los bornes de cada célula 105 es inferior a la tensión $V_{\min} + \Delta V$, y en un valor de referencia de bloqueo del valor de referencia de gobierno en cuanto una de las tensiones en los bornes de las células 105 es superior o igual a la tensión $V_{\min} + \Delta V$, de modo que el órgano de transmisión 176 transmita el valor de referencia de gobierno al convertidor 109 cuando recibe el valor de referencia de transmisión, y bloquee el valor de referencia de gobierno cuando recibe el valor de referencia de bloqueo.
- 30 **[0116]** Para ello, la salida 167 del comparador de tensión 107 está conectada eléctricamente al órgano de transmisión 176.
- [0117]** En particular, en el caso en que el interruptor controlado 186 es un transistor con efecto de campo con rejilla de metal-óxido, la salida 162 del comparador de tensión 107 está conectada eléctricamente a la rejilla del transistor. En el caso en que el interruptor controlado 186 es un fototransistor, la salida 162 está conectada eléctricamente a un diodo electroluminiscente (no representado) adaptado para emitir fotones cuando la tensión en sus bornes es superior a una tensión umbral inferior al potencial positivo V_+ , estando el diodo electroluminiscente acoplado ópticamente al fototransistor.
- 40 **[0118]** De este modo, cuando la salida 167 está en potencial positivo V_+ , el interruptor 186 está cerrado y el valor de referencia de gobierno es transmitido al convertidor 109 y, cuando la salida 162 está en el potencial de referencia V_0 , el interruptor 186 está abierto y el valor de referencia de gobierno no es transmitido al convertidor 109.
- [0119]** La señal transmitida por la salida 162 al órgano de transmisión 176 consiste, por lo tanto, en una alternancia de franjas con potencial positivo V^+ y de franjas con potencial de referencia V_0 , constituyendo cada franja con potencial positivo V^+ un valor de referencia de transmisión del valor de referencia de gobierno, y constituyendo cada franja con potencial de referencia V_0 un valor de referencia de bloqueo del valor de referencia de gobierno.
- 50 **[0120]** La fuente 113 es, por ejemplo, una central o una red eléctrica.
- 55 **[0121]** A continuación se describirá, un procedimiento de gobierno del sistema eléctrico 100, en referencia a la figura 7.
- [0122]** El sistema eléctrico 100 se pone en funcionamiento en primer lugar. Para ello, el electrolizador 103 es alimentado con agua, y un valor de referencia de gobierno es generado por el generador de valor de referencia 174 para que la corriente de salida del convertidor 109 esté adaptada al electrolizador 103. Bajo el efecto de la corriente eléctrica proporcionada por la fuente 113, se establece una diferencia de potencial inferior a $V_{\min} + \Delta V$ entre los bornes de cada célula 105. Todos los fototransistores 136 del comparador de tensión 107 están entonces abiertos, de modo que la señal de salida del comparador de tensión 107 consiste en el valor de referencia de transmisión. El interruptor 186 está, por lo tanto, también cerrado, de modo que el valor de referencia de gobierno es transmitido al convertidor
- 60
65

109, que, de este modo, está en funcionamiento.

[0123] En un instante cualquiera, la tensión en los bornes de una de las células 105 del electrolizador 103 sube por encima del valor $V_{\min} + \Delta V$. Esta subida de tensión es detectada gracias al cierre del fototransistor 140 asociado a
5 dicha célula 105, lo que tiene como efecto cambiar la salida 167 del comparador de tensión 107 al potencial de referencia V_0 .

[0124] La señal de salida del comparador de tensión 107 consiste entonces en el valor de referencia de bloqueo. En consecuencia, el interruptor 186 se abre, y el valor de referencia de gobierno deja de ser transmitido al
10 convertidor 109, que se para.

[0125] Estando parado el convertidor 109, ya no se transmite más energía al electrolizador 103. Este sigue, no obstante siendo alimentado con agua, la tensión en los bornes de las células 105 baja de modo que todos los valores de tensión vuelven por debajo del valor $V_{\min} + \Delta V$. Esta caída de tensión es detectada gracias a la apertura del
15 fototransistor 140 que estaba cerrado, lo que tiene como efecto hacer volver a la salida 167 del comparador de tensión 107 al potencial positivo V^+ . El interruptor 186 se vuelve a cerrar, y el valor de referencia de gobierno es transmitido de nuevo al convertidor 109, que se vuelve a poner en marcha.

[0126] Se observará que las tensiones en los bornes de las células 105 son susceptibles de bajar muy rápidamente después de la parada del convertidor 109, de modo que la parada del convertidor 109 generalmente dure
20 solamente una fracción de segundo. La fuente 113 no experimenta, de este modo, ningún corte de su carga por el sistema eléctrico 100, sino simplemente una limitación de la potencia eléctrica que el sistema eléctrico 100 es susceptible de absorber.

[0127] Gracias a esta segunda realización, el electrolizador 103 puede ser aprovechado al máximo sus capacidades, sin entrar nunca en una zona de funcionamiento en la que la degradación de las células electroquímicas
25 105 estaría acelerada.

[0128] Además, el sistema eléctrico 100 es simple y poco costoso de producir.
30

REIVINDICACIONES

1. Sistema eléctrico (1, 100), que comprende:

- 5 - un apilamiento (3, 103) de células electroquímicas (5, 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F, 105, 105A, 105B, 105C) conectadas eléctricamente en serie entre sí, de modo que la tensión en los bornes del apilamiento (3, 103) es igual a la suma de las tensiones en los bornes de las células electroquímicas (5, 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F, 105, 105A, 105B, 105C),
- un convertidor eléctrico (9, 109) conectado eléctricamente a los bornes del apilamiento (3, 103),
- 10 - un comparador de tensión (7, 107) para comparar la tensión en los bornes de al menos un grupo de al menos una célula electroquímica (5, 105) del apilamiento (3, 103) con una tensión umbral, y
- un módulo (11, 111) de control del convertidor (9, 109),
- 15 **caracterizado porque** el módulo de control (11, 111) comprende un generador (74, 174) de un valor de referencia de gobierno del convertidor (9, 109) y un órgano (76, 176) de transmisión del valor de referencia de gobierno al convertidor (9, 109), estando el comparador de tensión (7, 107) adaptado para transmitir una señal al órgano de transmisión (76, 176), consistiendo dicha señal en un primer valor de referencia entre un valor de referencia de transmisión y un valor
- 20 de referencia de bloqueo del valor de referencia de gobierno cuando la tensión comparada es superior a la tensión umbral, y en el segundo valor de referencia entre los valores de referencia de transmisión y de bloqueo del valor de referencia de gobierno cuando la tensión comparada es inferior o igual a la tensión umbral, estando el órgano de transmisión (76, 176) adaptado para transmitir el valor de referencia de gobierno al convertidor (9, 109) cuando este recibe el valor de referencia de transmisión, y para bloquear el valor de referencia de gobierno cuando este recibe el
- 25 valor de referencia de bloqueo.

2. Sistema eléctrico (1, 100) según la reivindicación 1, en el que cada célula electroquímica (5, 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F, 105, 105A, 105B, 105C) del apilamiento (3, 103) pertenece a un grupo cuya tensión es comparada con una tensión umbral por el comparador de tensión (7, 107).

3. Sistema eléctrico (1, 100) según la reivindicación 1 o 2, en el que el comparador de tensión (7, 107) está adaptado para comparar la tensión en los bornes de cada grupo de una pluralidad de grupos de al menos una célula electroquímica (5, 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F, 105, 105A, 105B, 105C) con una tensión umbral asociada a dicho grupo, y para transmitir al órgano de transmisión (76, 176) el segundo valor de referencia en cuanto una de las tensiones

35 comparadas es inferior o igual a la tensión umbral asociada.

4. Sistema eléctrico (1, 100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el órgano de transmisión (76, 176) comprende un interruptor controlado (86, 186) gobernado por la señal transmitida por el comparador de tensión (7, 107), siendo el interruptor controlado (86, 186) en particular un transistor, por ejemplo un

40 fototransistor o un transistor con efecto de campo con rejilla de metal-óxido.

5. Sistema eléctrico (1, 100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el comparador de tensión (7, 107) está adaptado para comparar individualmente la tensión en los bornes de cada célula electroquímica (5, 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F, 105, 105A, 105B, 105C) del apilamiento (3, 103) con una tensión umbral

45 asociada a la célula electroquímica (5, 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F, 105, 105A, 105B, 105C), y para transmitir al órgano de transmisión (76, 176) el segundo valor de referencia en cuanto una de las tensiones comparadas es inferior o igual a la tensión umbral asociada.

6. Sistema eléctrico (100) según la reivindicación 5, en el que el comparador de tensión (107) comprende, para cada célula electroquímica (105, 105A, 105B, 105C) del apilamiento (103), un dispositivo (130, 130A, 130B, 130C) de control de la tensión en los bornes de dicha célula (105, 105A, 105B, 105C), y un dispositivo regulador de tensión (132A, 132B, 132C), conectado eléctricamente a dicha célula (105, 105A, 105B, 105C) de modo que el dispositivo de control (130A, 130B, 130C) mida la tensión en los bornes de la célula (105, 105A, 105B, 105C), disminuida por una

55 tensión de compensación en los bornes del dispositivo regulador (132, 132A, 132B, 132C).

7. Sistema eléctrico (1) según la reivindicación 5, en el que el comparador de tensión (7) comprende, para cada célula electroquímica (5, 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F) del apilamiento (3), un dispositivo (30, 30C, 30D, 30E, 30F) de control de la tensión en los bornes de dicha célula (5, 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F), y un dispositivo regulador de tensión (32, 32C, 32D, 32E, 32F), conectado eléctricamente a dicha célula (5, 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F) de modo que el

60 dispositivo de control (30, 30C, 30D, 30E, 30F) mida la tensión en los bornes de la célula (5, 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F), aumentada por una tensión de compensación en los bornes del dispositivo regulador (32, 32C, 32D, 32E, 32F).

8. Sistema eléctrico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sensor de tensión (90) para medir la tensión en los bornes del apilamiento (3) y un módulo (92) de detección de un fallo del

65 apilamiento (3), teniendo el módulo de detección (92), como entradas, la tensión medida por el sensor de tensión (90)

y la señal transmitida por el comparador de tensión (7) al órgano de transmisión (76).

9. Sistema eléctrico (1) según la reivindicación 8, en el que el módulo de detección (92) está programado para comparar la tensión medida con una tensión máxima, y para emitir una señal de fallo del apilamiento (3) cuando la tensión medida es superior a la tensión máxima y la señal transmitida por el comparador de tensión (7) al órgano de transmisión (76) consiste en el valor de referencia de bloqueo.

10. Sistema eléctrico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende un sensor de corriente (94) para medir la intensidad de la corriente que sale del apilamiento (3) y un módulo (96) de detección de un fallo del apilamiento (3), teniendo el módulo de detección (96), como entradas, la intensidad medida por el sensor de corriente (94) y la señal transmitida por el comparador de tensión (7) al órgano de transmisión (76).

11. Sistema eléctrico (1) según la reivindicación 10, en el que el módulo de detección (96) está programado para comparar la intensidad medida con una intensidad mínima, y para emitir una señal de fallo del apilamiento (3) cuando la intensidad medida es inferior a la intensidad mínima y la señal transmitida por el comparador de tensión (7) al órgano de transmisión (76) consiste en el valor de referencia de bloqueo.

12. Procedimiento de gobierno de un sistema eléctrico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas sucesivas siguientes:

20 - comparación de la tensión en los bornes de al menos un grupo de al menos una célula electroquímica (5, 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F) con una tensión umbral, siendo la tensión comparada superior a la tensión umbral, estando el convertidor (9) en funcionamiento,

25 - detección de la caída de la tensión comparada a un valor inferior al de la tensión umbral,

- parada del convertidor (9),

30 - detección del aumento de la tensión comparada a un valor superior al de la tensión umbral, y

- puesta en marcha de nuevo del convertidor (9).

13. Procedimiento de gobierno de un sistema eléctrico (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende las etapas sucesivas siguientes:

35 - comparación de la tensión en los bornes de al menos un grupo de al menos una célula electroquímica (105, 105A, 105B, 105C) con una tensión umbral, siendo la tensión comparada inferior a la tensión umbral, estando el convertidor (109) en funcionamiento,

40 - detección de la subida de la tensión comparada a un valor superior al de la tensión umbral,

- parada del convertidor (109),

- detección de la caída de la tensión comparada a un valor inferior al de la tensión umbral, y

45 - puesta en marcha de nuevo del convertidor (109).

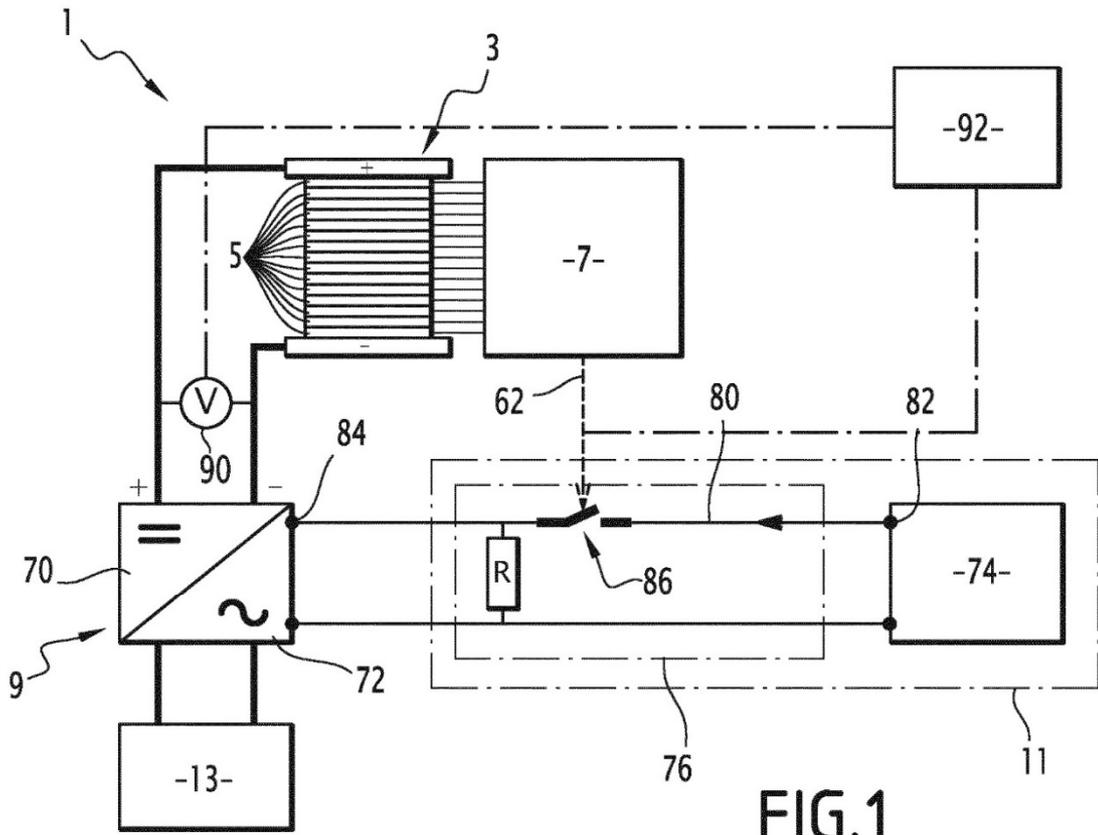


FIG. 1

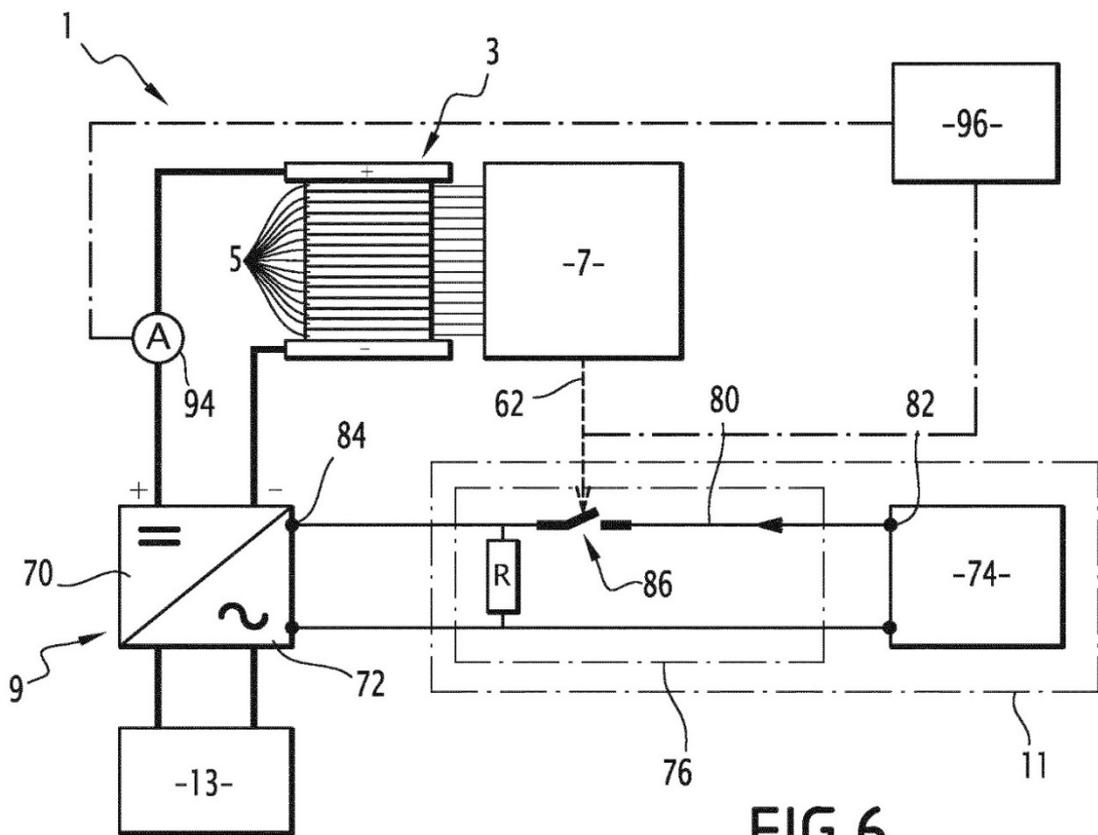


FIG. 6

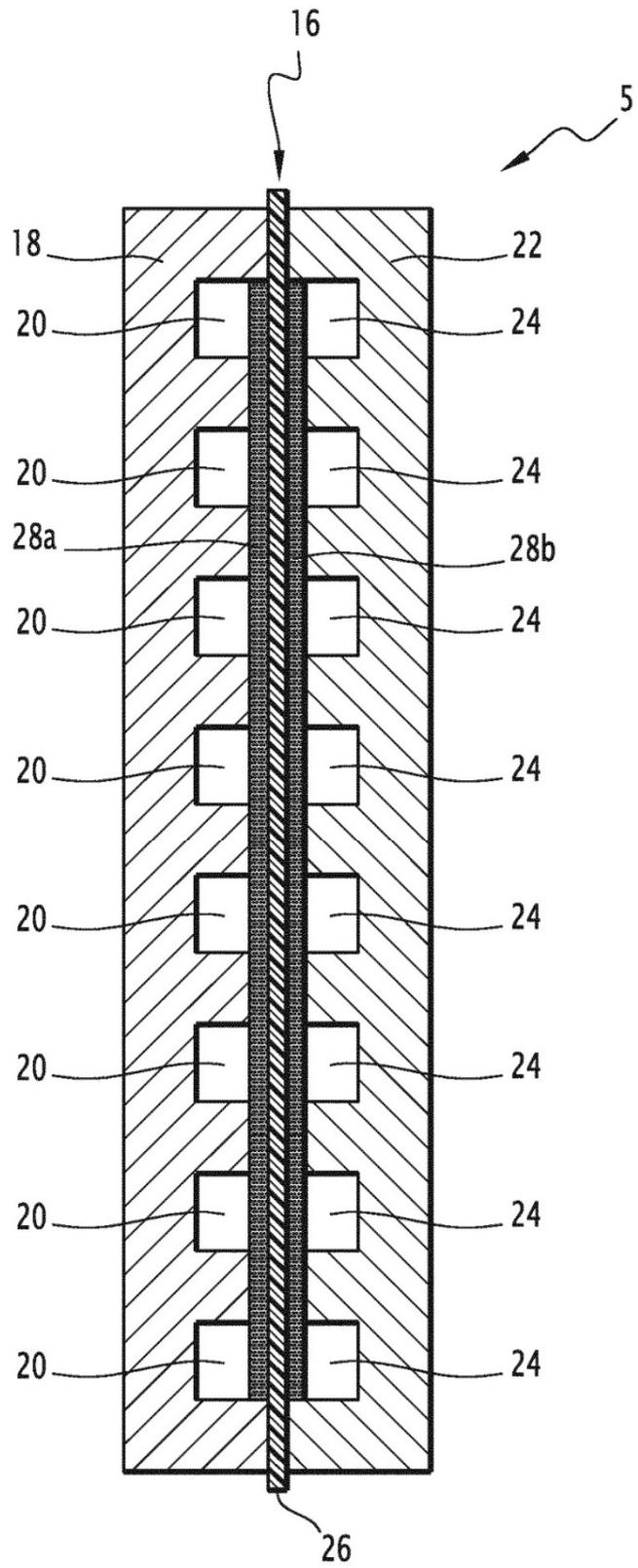


FIG. 2

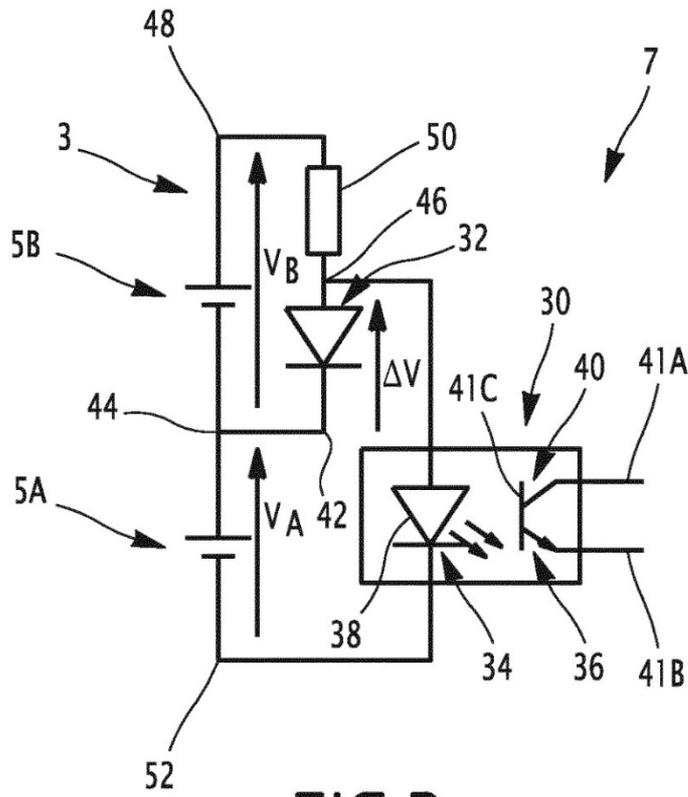


FIG.3

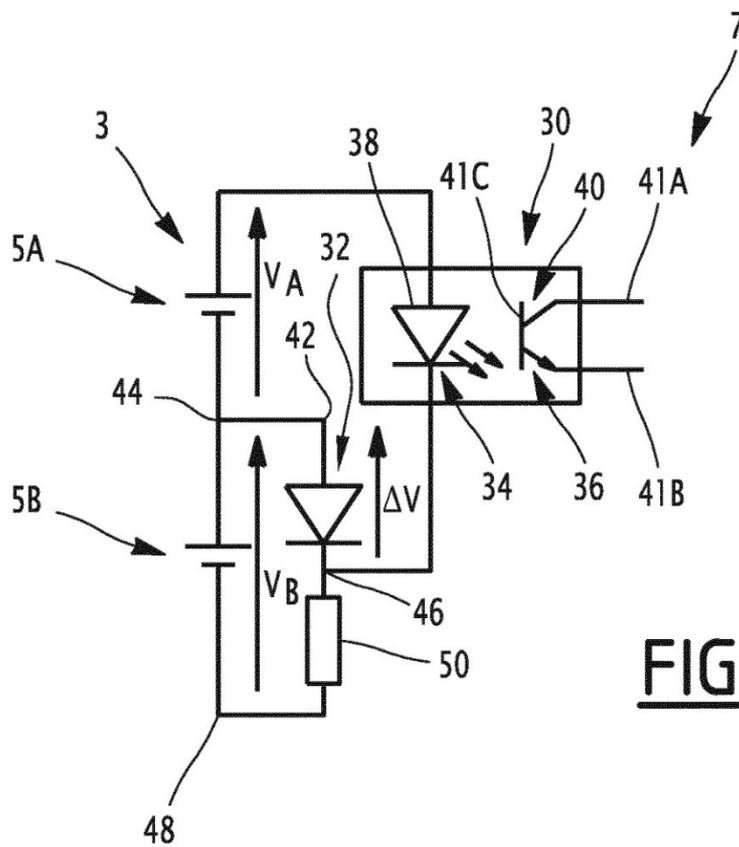


FIG.4

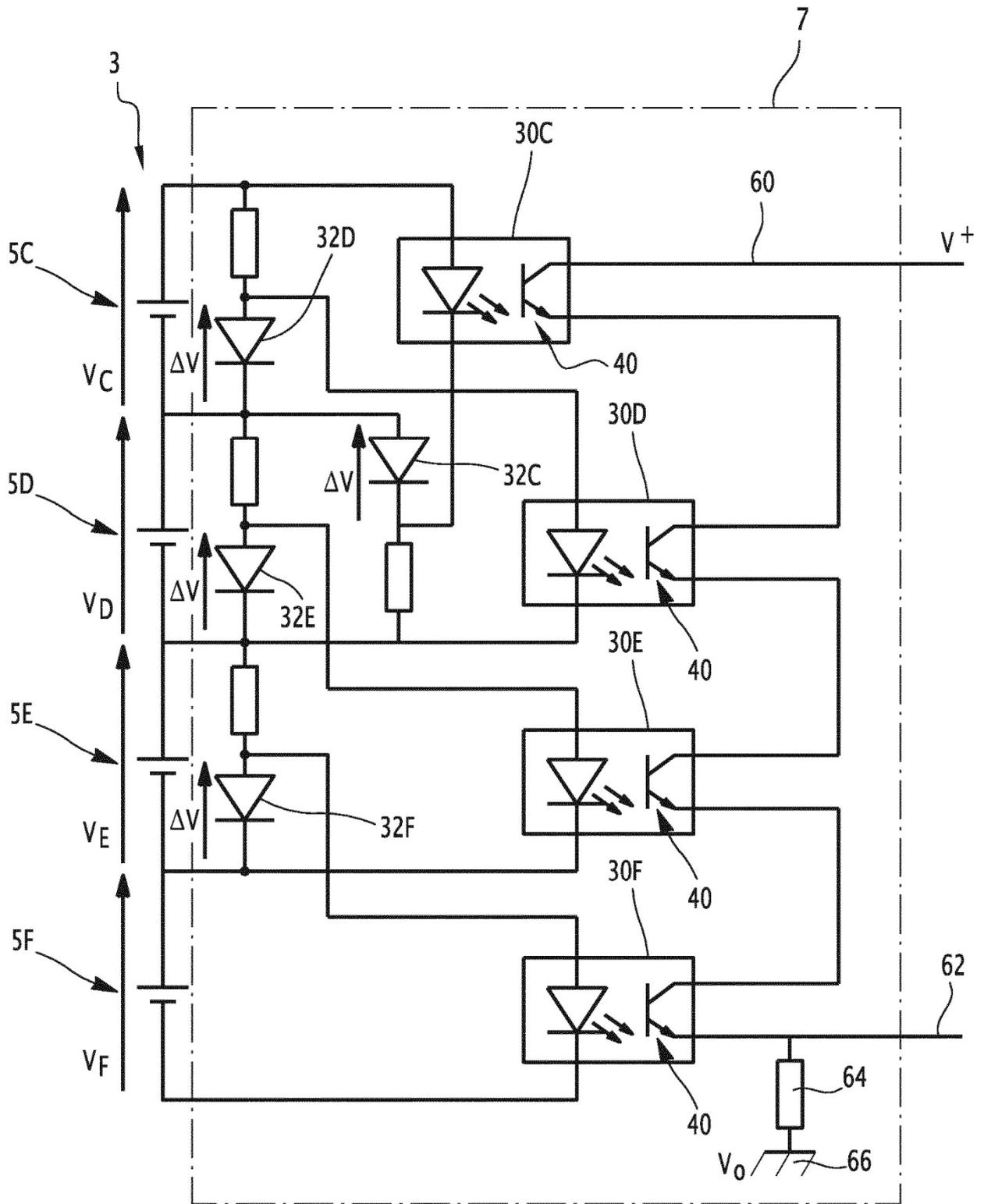


FIG. 5

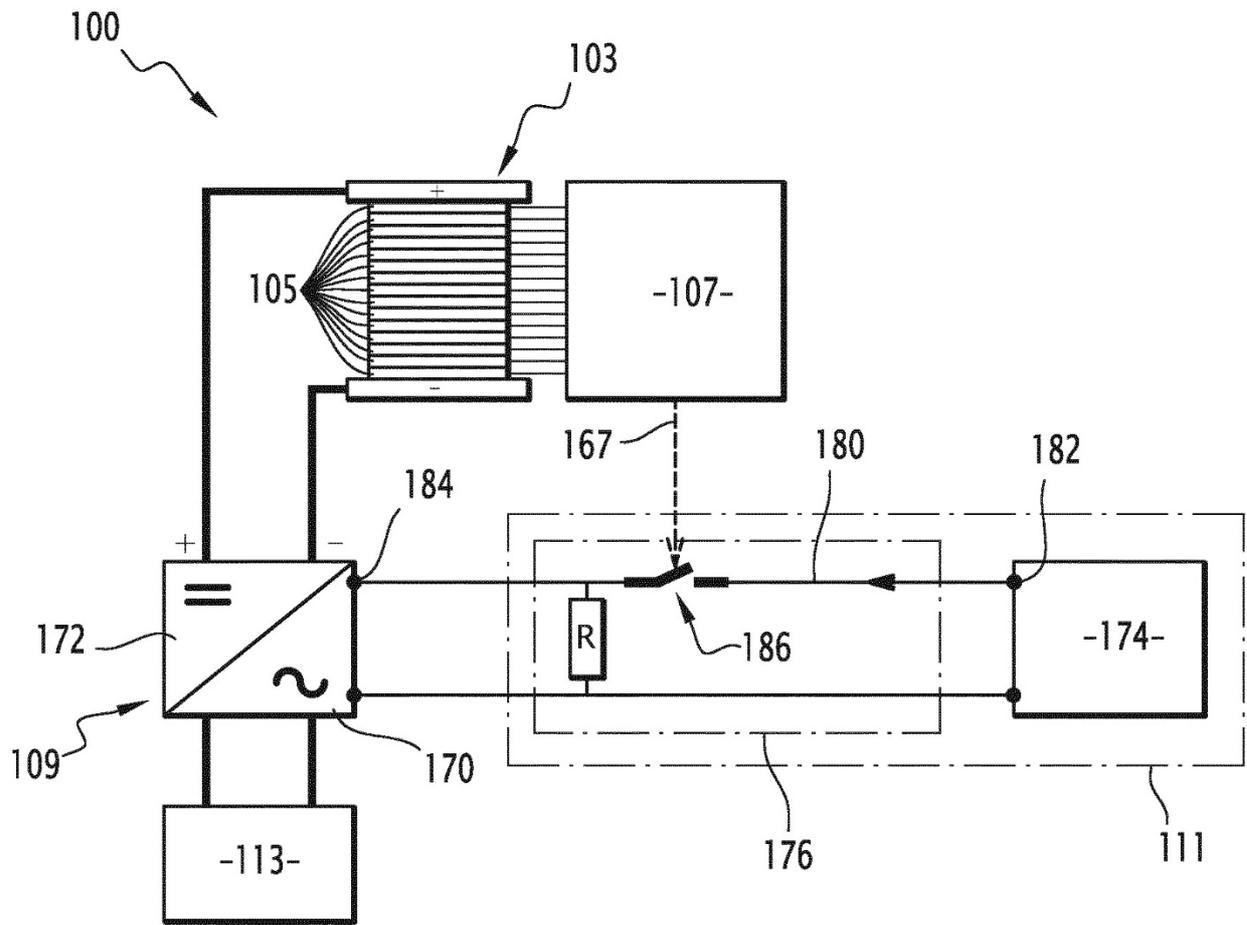


FIG. 7

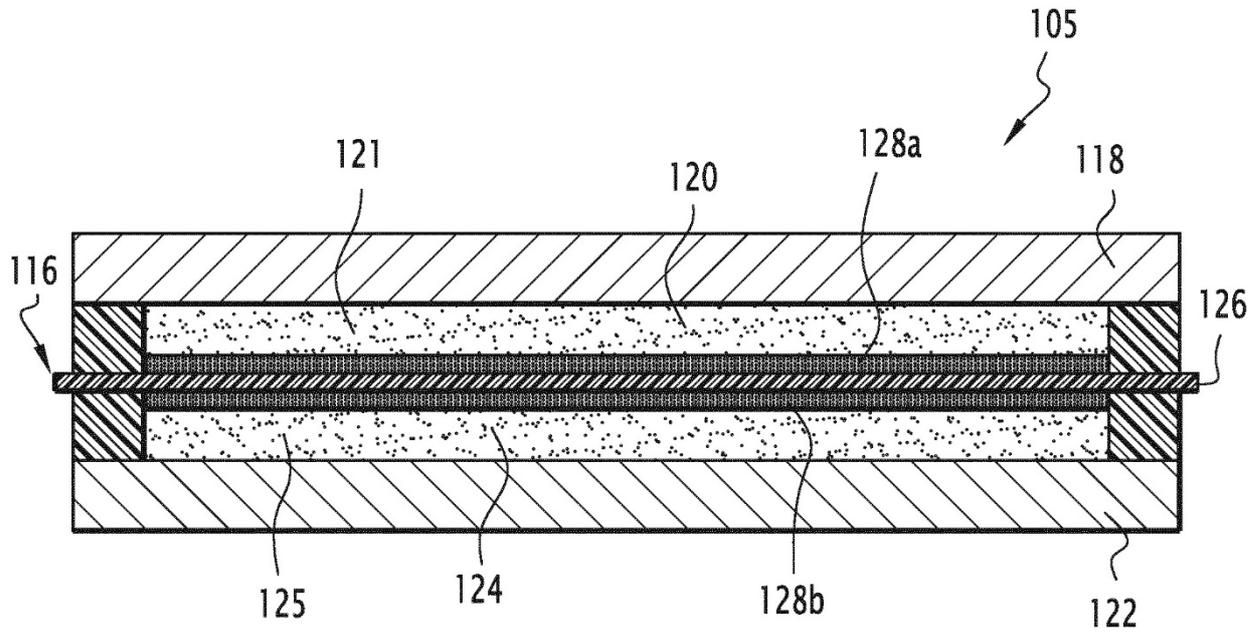


FIG.8

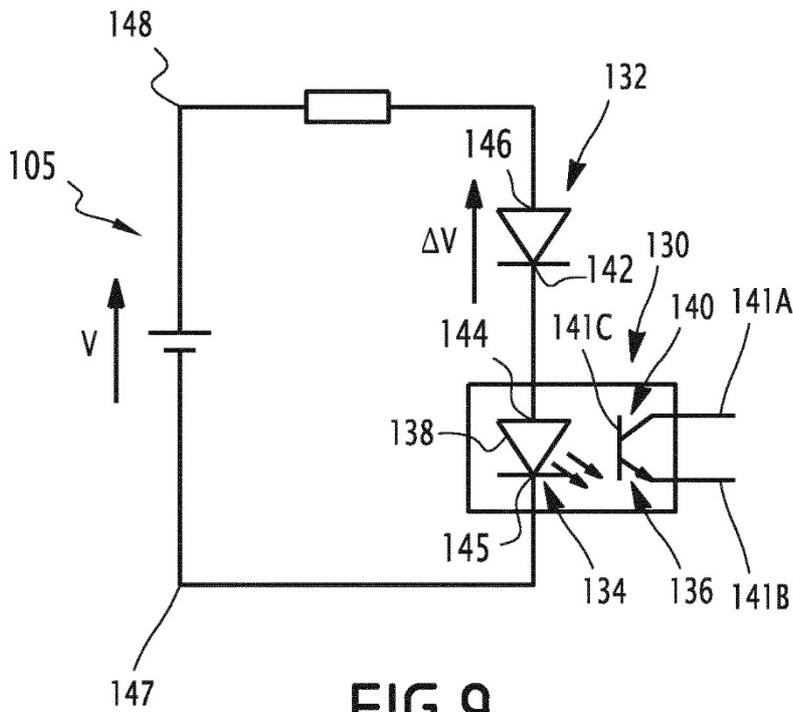


FIG.9

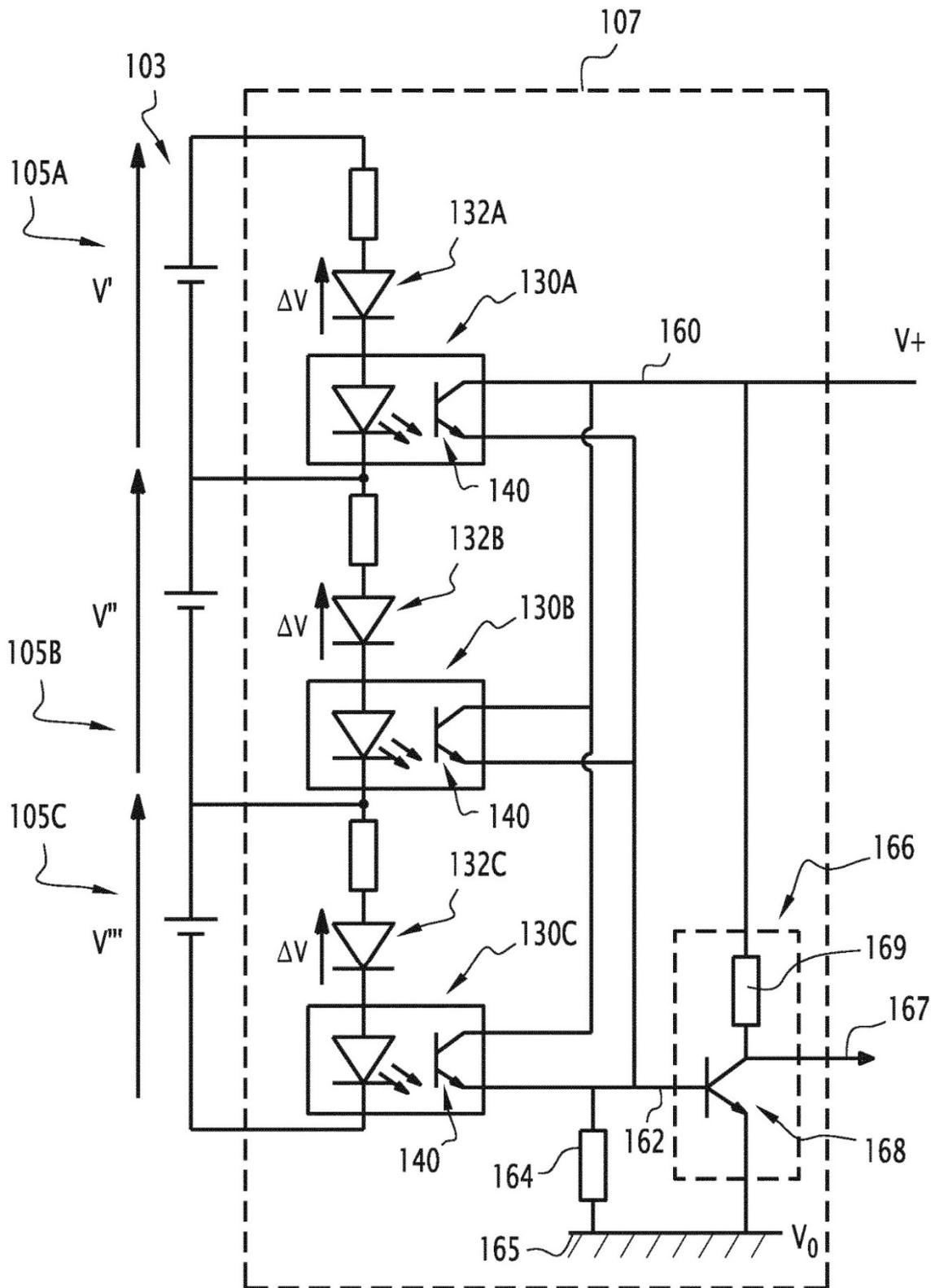


FIG. 10