

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 613**

51 Int. Cl.:

H01M 16/00 (2006.01)

H01M 8/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2011 E 11168535 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2015 EP 2530780**

54 Título: **Procedimiento de gestión del funcionamiento de un sistema híbrido**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.06.2015

73 Titular/es:

**BELENOS CLEAN POWER HOLDING AG (100.0%)
Seevorstadt 6
2502 Bienne, CH**

72 Inventor/es:

BERNARD, JÉRÔME

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 537 613 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de gestión del funcionamiento de un sistema híbrido

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de gestión del funcionamiento de una alimentación de corriente continua híbrida, comprendiendo dicha alimentación una pila de combustible, una batería y un convertidor CC/CCCC/CC que incluye una entrada y una salida, estando la entrada del convertidor conectada a la salida de la pila de combustible y estando la salida conectada a una carga variable en paralelo con la batería, estando la pila de combustible formada por una pluralidad de celdas electroquímicas adecuadas para producir electricidad a partir de un gas combustible y un gas oxidante.

CONTEXTO TECNOLÓGICO

15 Se conocen ensamblajes de bloques electroquímicos conectados en serie (a menudo denominados pilas). Los bloques electroquímicos así ensamblados pueden estar constituidos, por ejemplo, por elementos de acumulador, o también por celdas de combustible. Una celda de combustible es un dispositivo electroquímico previsto para convertir la energía química directamente en energía eléctrica. Por ejemplo, un tipo de celda de combustible incluye un ánodo y un cátodo entre los que se dispone una membrana intercambiadora de protones, a menudo denominada membrana electrolítica polimérica. Este tipo de membrana permite dejar pasar únicamente los protones entre el ánodo y el cátodo de la celda de combustible. Al nivel del ánodo, el hidrógeno diatómico experimenta una reacción con objeto de producir iones H^+ que van a atravesar la membrana electrolítica polimérica. Los electrones producidos por esta reacción se dirigen hacia el cátodo por un circuito externo a la celda de combustible, produciendo así una corriente eléctrica. Debido a que una única celda de combustible solo produce, en general, una pequeña tensión (alrededor de 1 voltio), se suelen ensamblar las celdas de combustible en serie para constituir pilas de celdas de combustible capaces de producir una tensión más elevada que es la suma de las tensiones de cada celda.

20 Estas pilas de combustible están habitualmente asociadas, en el caso de un uso en el sector del automóvil, a una batería con objeto de formar un sistema híbrido. Este sistema conecta en paralelo la pila de combustible y la batería, de manera que la pila de combustible y la batería alimentan simultáneamente o por separado el coche, a través de una sección común denominada bus. Esta hibridación permite asimismo a la pila de combustible recargar la batería. Un sistema híbrido se denomina "activo" cuando emplea un convertidor CC/CCCC/CC conectado a la salida de la pila de combustible, como se observa en la figura 1. Este convertidor CC/CC se utiliza para adaptar los niveles de tensión de la pila de combustible y de la batería, y para regular la potencia suministrada por la pila de combustible.

35 Ahora bien, esta regulación requiere la elaboración de una estrategia de control para repartir la potencia entre la pila de combustible y la batería en función de la demanda de potencia del motor eléctrico del coche y de las exigencias del sistema. Las exigencias del sistema que debe tener en cuenta la estrategia de control son las tensiones y las corrientes máximas de la pila de combustible y de la batería, las temperaturas límite que no se deben superar, el estado de carga de la batería, es decir, por ejemplo, que no se debe cargar la batería cuando ya está cargada al 100%, etc.

40 Una de las estrategias de control de dicho sistema híbrido consiste en regular el estado de carga de la batería alrededor de un valor nominal, sin alcanzar nunca el límite máximo o el límite mínimo de dicha batería. De este modo, la batería nunca necesita ser recargada desde el exterior, ya que su recarga está garantizada por la pila de combustible y, en su caso, por la recuperación de la energía cinética del vehículo cuando este último se encuentra en fase de frenado. Esto equivale a decir que la pila de combustible proporciona la potencia media consumida por el motor eléctrico del vehículo, mientras que la batería se utiliza como medio de tampón energético en carga o en descarga. Dicha estrategia se aplica regulando, por medio del convertidor CC/CC, la tensión del bus a un valor constante.

45 Un inconveniente de esta estrategia conocida es que no existe algo para impedir que la pila de combustible funcione en una zona de tensión denominada "en circuito abierto" u OCV (Open Circuit Voltage). Se entiende por zona de tensión "en circuito abierto" la zona de funcionamiento en la que la tensión por celda es superior a 0,85 – 0,9V/celda. Se sabe que semejante tensión reduce considerablemente la vida útil de la pila de combustible. Por lo tanto, no es deseable que la pila funcione en dicho modo.

50 Este modo de funcionamiento en zona denominada "en circuito abierto" puede producirse en el caso en que la pila es controlada únicamente con corriente a presión constante. Este procedimiento de control procede de la idea consistente en reducir la presión de funcionamiento de la pila de combustible a baja potencia para evitar la zona OCV. Sin embargo, hay que considerar que la dinámica de variación de la presión es mucho más lenta que la dinámica de variación de la corriente (del orden del segundo para la presión y del ms para la corriente). También cabe considerar que una disminución de la presión en la pila de combustible solo puede realizarse si se consume una corriente, y el valor de la corriente influye directamente en la velocidad de reducción de la presión. Por lo tanto,

si la potencia de la pila de combustible varía instantáneamente (o rápidamente) de algún kilovatio a 0 kW, no será posible evitar la zona OCV, ya que no quedará corriente para reducir la presión y se dañará la pila de combustible.

RESUMEN DE LA INVENCION

5 Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento de gestión del funcionamiento de un sistema híbrido, que comprende una pila de combustible y una batería, que permite optimizar las prestaciones del sistema híbrido y aumentar la vida útil de la pila de combustible.

10 A tal efecto, la invención tiene por objeto un procedimiento de gestión del funcionamiento de una alimentación de corriente continua híbrida de conformidad con la reivindicación 1 adjunta.

15 Una ventaja de la presente invención es permitir una mayor vida útil de la pila de combustible. En efecto, al optar por una regulación distinta según que el sistema híbrido se encuentra en modo de baja potencia o en modo de alta potencia, el sistema aprovecha las ventajas de ambos modos de regulación al mismo tiempo que descarta sus inconvenientes. Efectivamente, una regulación que emplea la variación de presión es ventajosa a baja potencia, ya que una baja potencia significa que la corriente es baja. Por lo tanto, la diferencia de reactividad entre la variación de corriente y la variación de presión no se deja sentir a baja potencia, mientras que a potencia elevada, es decir con una corriente elevada, esta diferencia puede implicar la entrada en zona OCV del sistema híbrido.

20 Unos modos de realización ventajosos del procedimiento según la presente invención son objeto de reivindicaciones dependientes adjuntas.

25 Un primer modo de realización ventajoso se define en la reivindicación 2.

En un segundo modo de realización ventajoso conforme a la reivindicación 3, la consigna representativa de la carga variable es la diferencia entre un tercer valor de referencia y la tensión de la batería medida.

30 En un tercer modo de realización ventajoso conforme a la reivindicación 4, la consigna representativa de la carga variable es la diferencia entre la potencia solicitada por la carga variable y la potencia de salida de la pila de combustible.

En otro modo de realización ventajoso, el segundo valor crítico es 2,45 bares.

35 En otro modo de realización ventajoso, el primer valor crítico predeterminado es 0,845 voltios.

En otro modo de realización ventajoso, el segundo valor de referencia es 0,85V por celda.

40 En otro modo de realización ventajoso, el primer valor de referencia es 2,5 bares.

En otro modo de realización ventajoso, la pila de combustible utiliza hidrógeno como gas combustible y oxígeno como gas oxidante.

45 La presente invención tiene asimismo por objeto un sistema híbrido que comprende una pila de combustible que comprende una pluralidad de celdas en serie que utilizan un combustible reductor y un oxidante para proporcionar una tensión de pila de combustible, y una batería que proporciona una tensión de batería, conectadas en paralelo a una carga variable, estando la pila de combustible conectada a la carga variable por medio de un convertidor CC/CC que pilota dicha pila de combustible. El sistema híbrido utiliza, para su funcionamiento, el procedimiento de funcionamiento objeto de la presente invención.

50 Los documentos EP 2 320 504 y EP 2441475 describen procedimientos de gestión del procedimiento de una alimentación de corriente continua híbrida.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

55 Los objetos, ventajas y características del sistema híbrido según la presente invención aparecerán con mayor claridad en la siguiente descripción detallada de al menos un modo de realización de la invención, proporcionada únicamente a modo de ejemplo no limitativo e ilustrada mediante los dibujos adjuntos, en los cuales:

- 60
- la figura 1 representa de manera esquemática un sistema híbrido conocido;
 - la figura 2 representa de manera esquemática el sistema híbrido que funciona según un primer modo de funcionamiento conforme a la presente invención;
 - la figura 3 representa de manera esquemática el sistema híbrido que funciona según un segundo modo de funcionamiento conforme a la presente invención;

- la figura 4 representa de manera esquemática condiciones de transición entre los dos modos de funcionamiento según un modo de aplicación de la presente invención;
- la figura 5 representa una simulación del funcionamiento del sistema híbrido con el procedimiento de la presente invención; y
- la figura 6 representa los puntos de funcionamiento de la pila de combustible durante el funcionamiento según el modo de aplicación de la presente invención que es objeto de la figura 4.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En la siguiente descripción, todas las partes de una pila de combustible conocidas por un experto en la materia en este ámbito técnico solo se explican de manera simplificada.

En la figura 1, se ha representado de manera esquemática un sistema híbrido 1 conforme a la presente invención. Este sistema híbrido 1 comprende una pila de combustible 2, es decir una pluralidad de celdas electroquímicas montadas en serie. Esta pila de combustible 2 está alimentada con un combustible reductor, como el hidrógeno, y con un oxidante, como el oxígeno. La reacción del combustible reductor y del oxidante provoca la generación de tensión de pila de combustible. Los gases resultantes de la reacción del combustible reductor y el oxidante pueden evacuarse mediante circuitos de recirculación equipados con bombas de recirculación. El sistema híbrido 1 comprende asimismo medios de almacenamiento de energía 6, como una o varias baterías. En el resto de la descripción, se considerará que estos medios de almacenamiento de energía eléctrica son una batería 6, pero nada impide disponer de varias baterías. Esta batería 6 proporciona una tensión de batería y está conectada en paralelo a la pila de combustible 2, de manera que la pila de combustible 2 y la batería 6 estén conectadas ambas a una carga variable 8. Esta carga variable 8 puede ser, por ejemplo, un motor de coche.

Este sistema híbrido 1 comprende asimismo un convertidor CC/CC 4 que incluye dos entradas y dos salidas. En las dos entradas del convertidor CC/CC 4 están conectadas las salidas de la pila de combustible 2, esto significa por lo tanto que la tensión proporcionada por la pila de combustible 2 entra en el convertidor CC/CC 4. En las dos salidas del convertidor CC/CC 4 están conectados los puntos de conexión de la carga variable 8 y de la batería 6.

El convertidor CC/CC 4 está asimismo dispuesto para controlar el sistema híbrido 1, ya que el convertidor CC/CC 4 es capaz de adaptar el nivel de tensión de la pila de combustible 2 así como el de la batería 6. Asimismo, el convertidor CC/CC puede regular la potencia suministrada por la pila de combustible 2.

En efecto, la función del convertidor CC/CC 4 es gestionar el sistema híbrido 1 de manera que la batería 6 y la pila de combustible 2 funcionen conjuntamente para alimentar la carga 8; el convertidor CC/CC tiene asimismo por objeto repartir la potencia suministrada por la pila de combustible entre la carga, que es el motor, en el marco de una aplicación en el ámbito del automóvil, y la batería. Esta gestión del sistema híbrido 1 está sometida, por supuesto, a exigencias, que son las tensiones y corrientes límites de la pila de combustible 2, las tensiones y corrientes límites de la batería 6, los estados de carga límites de la batería 6, las temperaturas límites que no se deben superar y otros.

Una estrategia de gestión es regular el estado de carga de la batería 6 alrededor de un valor nominal, sin nunca alcanzar su límite de carga máxima o mínima. Dicho de otro modo, la batería nunca necesita ser recargada de manera externa y su recarga está garantizada por medio de la pila de combustible y por la recuperación de la energía cinética durante las fases de frenado en el caso de un vehículo. Una consecuencia de esta estrategia es que la pila de combustible 2 responde a la demanda de potencia media del motor y que la batería 6 sirve de tampón energético en carga o en descarga. La aplicación de esta estrategia se lleva a cabo mediante el convertidor CC/CC 4.

Según la invención, el convertidor CC/CC 4 está dispuesto para que el sistema híbrido 1 funcione según dos modos de funcionamiento de manera a evitar el modo denominado "circuito abierto". Se recuerda que este modo se manifiesta cuando la potencia producida por la pila de combustible 2 es débil y se caracteriza por una tensión de celda superior a 0,85V. Este modo provoca entonces una degradación de las celdas de la pila de combustible 2 y una disminución de su vida útil.

Ahora bien, una pila de combustible se caracteriza por una relación entre la tensión en los bornes de las celdas que componen dicha pila y la corriente que produce. En efecto, cada pila de combustible 2 se caracteriza por una relación entre la corriente y la tensión de celda, es decir que para una corriente dada, cada celda produce una tensión cuyo valor está unido a dicha corriente dada. Se observa entonces que la tensión V_{cell} en los bornes de las celdas disminuye cuando aumenta la corriente. Esta relación de corriente/tensión de celda es tanto más compleja que depende también de la presión. Se entiende por esto que las prestaciones de la pila de combustible 2 dependen de la presión del combustible reductor y del oxidante inyectado en dicha pila de combustible. Esta variación de las prestaciones en función de la presión tiene como consecuencia que existe una relación de corriente/tensión de celda para cada presión. A partir de la figura 6, que representa la característica de la tensión de celda en función de la corriente para distintas presiones, se observa que cuanto más elevada es la presión más débil es la pendiente de la

curva de la tensión de celda en función de la corriente. Además, se observa que, para una corriente dada, cuanto más elevada es la presión P más elevada es la tensión de celda.

5 El primer modo de funcionamiento corresponde al modo de funcionamiento del sistema híbrido 1 a baja potencia. Este primer modo de funcionamiento posee su regulación específica que consiste en una regulación de la tensión de batería 6 y de la tensión de la pila de combustible 1. Esta regulación se lleva a cabo utilizando un primero 9 y un segundo 11 bucle de regulación visibles en la figura 2.

10 El primer bucle de regulación 9 comprende un primer comparador 10 que compara un segundo valor de referencia que hace las veces de consigna de tensión de pila de combustible Vcell0 con la tensión de pila de combustible Vcell medida, es decir la tensión de salida de la pila de combustible 2. Se entiende por esto que la consigna de tensión de pila de combustible Vcell0 está conectada a la entrada positiva del primer comparador 10 y que la tensión de pila de combustible Vcell medida está conectada a la entrada negativa del primer comparador 10. La salida de este primer comparador 10 está conectada a un primer controlador de tensión 12. Este primer controlador de tensión 12 está
15 dispuesto para controlar y analizar el dato resultante de la comparación entre la consigna de tensión de pila de combustible Vcell0 y la tensión de pila de combustible Vcell medida y para proporcionar una consigna Signal-1 al convertidor CC/CC 4. Esta consigna Signal-1 controla el valor de la corriente suministrada en la pila de combustible 2. Esta corriente actúa sobre la impedancia del convertidor CC/CC 4 que actúa, a su vez, sobre la tensión de cada celda de la pila de combustible 2. Por ello, la regulación de la corriente del convertidor CC/CC 4 permite regular la
20 tensión de cada celda de la pila de combustible 2 a un valor predeterminado. En el presente ejemplo, se regulará la tensión de cada celda a un segundo valor de referencia de 0,85V por celda que es un valor nominal de funcionamiento. Por supuesto, este valor puede ser distinto según el tipo de pila de combustible utilizado. Esta regulación permite proteger la pila de combustible de la zona de tensión denominada "en circuito abierto".

25 El segundo bucle de regulación 11 se utiliza para la variación de la potencia. Este segundo bucle 11 comprende un segundo comparador 14 que compara una consigna de tensión de batería Vbatt0 con una tensión de batería medida Vbatt. Se entiende por esto que la consigna de tensión de batería Vbatt0 está conectada a la entrada positiva del segundo comparador 14 y que la tensión de batería medida Vbatt está conectada a la entrada negativa del segundo comparador. La salida de este segundo comparador 14 está conectada a un segundo controlador de tensión 16.
30 Este segundo controlador de tensión 16 está dispuesto para analizar el dato resultante de la comparación entre la consigna de tensión de batería Vbatt0 y la tensión de batería medida Vbatt y para actuar sobre la presión de la pila de combustible. Para ello, el segundo controlador de tensión 16 proporciona una señal Signal-P que actúa sobre unas válvulas para aumentar o reducir la presión. El hecho de actuar sobre la presión permite controlar la potencia de la pila de combustible 2 ya que con una tensión de celda constante, el cambio de presión implica el cambio de
35 curva que da la relación entre la tensión en los bornes de las celdas en función de la corriente. Aumentando la presión, se aumenta la corriente y a la inversa. La regulación de la tensión de batería Vbatt es útil para la estrategia de control del sistema híbrido 1. En efecto, la tensión de batería se regula a su valor nominal de manera que la batería 6 nunca necesita ser recargada desde el exterior, ya que su recarga queda garantizada mediante la pila de combustible 2 y la recuperación de la energía cinética del vehículo cuando este se encuentra en fase de frenado. La
40 consecuencia es que la pila de combustible 2 proporciona la potencia media del motor eléctrico 8 del vehículo, mientras que la batería 6 se utiliza como medio de tampón energético en carga o en descarga.

45 Por lo tanto, durante el funcionamiento en modo de baja potencia o Modo 1, la tensión de celda Vcell de la pila de combustible se regula a un segundo valor de referencia que vale 0,85V por celda y la variación de la potencia se efectúa mediante variación de la presión. Se obtiene por lo tanto un modo de funcionamiento que permite a la tensión de celda no ser superior a 0,85V por celda y, por ello, no dañar estas últimas ya que la pila de combustible no entra en una zona de tensión denominada "en circuito abierto".

50 Sin embargo, esta regulación de la tensión de celda de pila de combustible Vcell a un valor constante disminuye el rendimiento ya que la tensión en los bornes de cada celda está limitada. El rendimiento de la pila de combustible es máximo cuando la presión P es máxima. En el presente caso, un descenso del rendimiento es aceptable ya que este primer modo de funcionamiento se caracteriza por una escasa potencia. Se vuelve aceptable tener un rendimiento más débil en este primer modo de regulación dado que la degradación del rendimiento tiene consecuencias limitadas. Por ejemplo, para una potencia máxima teórica de 500W en este primer modo de funcionamiento, un
55 rendimiento que pasara del 90% al 85% reduciría la potencia suministrada de 450W a 425W.

El segundo modo de funcionamiento o modo 2 corresponde al modo de funcionamiento del sistema híbrido 1 cuando este último funciona a potencia elevada. Este segundo modo de funcionamiento consiste en imponer la presión P de la pila de combustible y en regular la tensión de celda Vcell de la pila de combustible 2 visible en la figura 3.

60 En este segundo modo de funcionamiento, se dispone un tercer bucle de regulación 13, visible en la figura 3. Comprende un tercer comparador 18 que compara una consigna de tensión de batería Vbatt0 con una tensión de batería medida Vbatt, es decir la tensión de salida de la batería. Se entiende por esto que la consigna de tensión de batería Vbatt0 está conectada a la entrada positiva del tercer comparador 18 y que la tensión de batería medida Vbatt está conectada a la entrada negativa del tercer comparador 18. La salida de este tercer comparador 18 está
65

conectada a un tercer controlador de tensión 20. Este tercer controlador de tensión 20 está dispuesto para analizar el dato resultante de la comparación entre la consigna de tensión de batería Vbatt0 y la tensión de batería Vbatt medida y para proporcionar una señal Signal-2 al convertidor CC/CC 4. Esta señal Signal-2 tiene por objeto hacer variar la corriente de la pila de combustible 2 actuando sobre la tensión de cada celda de la pila de combustible 2. En consecuencia, esto permite proteger la batería 6. Este bucle de regulación 13 es similar al segundo bucle de regulación 11 utilizado para la variación de presión P y, por lo tanto, de potencia en el primer modo de funcionamiento. En una variante, se puede plantear que el segundo bucle de regulación 11 y el tercer bucle de regulación 13 posean, como elementos comunes, el comparador de tensión 18 o 14 y el controlador de tensión 16 o 20. Este último comprende medios de selección para proporcionar bien la señal Signal-1 en el caso en que el sistema funciona según el primer modo de funcionamiento, bien la señal Signal-2 en el caso en que el sistema 1 funciona según el segundo modo de funcionamiento. Esta disposición permite tener menos componentes. Paralelamente a este control, la presión P del combustible reductor, es decir el hidrógeno, y la presión del oxidante, es decir el oxígeno, se mantienen constantes a un nivel de presión máximo Pmax. Esta presión máxima Pmax permite obtener de este modo un rendimiento máximo de la pila de combustible 2.

Por supuesto, se pueden utilizar otros tipos de regulación para realizar el procedimiento según la presente invención y los ejemplos citados no son, en ningún caso, limitativos.

Se obtiene por lo tanto un sistema híbrido 1 que funciona en dos modos de funcionamiento: un primer modo de funcionamiento en el que la tensión es constante y la presión P es variable y un segundo modo de funcionamiento en el que la tensión es variable y la presión P es constante. Este sistema 1 permite, al mismo tiempo, proteger la pila de combustible 2 de una zona de tensión denominada "en circuito abierto" durante el primer modo de funcionamiento, pero también proteger la batería 6 de una sobrecarga durante el segundo modo de funcionamiento. Por el contrario, preferiblemente, la protección de la batería 6 será prioritaria respecto de la protección de la pila de combustible 2, de manera que en caso de retorno de corriente desde la carga variable 8 hacia el sistema híbrido 1, esta corriente se enviará hacia la pila de combustible 2 en lugar de hacia la batería 6. Esto se explica por el peligro que representa la sobrecarga de una batería 6. Especialmente, para una batería 6 utilizada en un sistema híbrido 1 para automóvil, una sobrecarga de la batería 6 puede implicar la explosión de la misma. Por lo tanto, por motivos de seguridad, es preferible dañar la pila de combustible 2 en lugar de la o las baterías 6.

Este sistema híbrido 1, según la presente variante, pasa de un modo de funcionamiento a otro cuando se cumplen condiciones de transición. Existen por lo tanto dos condiciones de transición, una primera que, cuando se cumple, hace pasar el sistema híbrido 1 del primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento, y una segunda que, cuando se cumple, hace pasar el sistema híbrido 1 del segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento.

La primera transición utiliza dos variables que deben cumplir dos condiciones para que el sistema híbrido 1 pueda pasar del primero al segundo modo de funcionamiento. La primera de estas condiciones es una condición de presión. Esta condición de presión solo se cumple cuando la presión P en la pila de combustible es superior o igual a un segundo valor crítico 2,45 bares. En efecto, en el primer modo de funcionamiento, denominado de baja potencia, la variación de la potencia de efectúa mediante variación de la presión P, de manera que un aumento de la presión P implica un aumento de la potencia y a la inversa. Ahora bien, dado que la tensión en los bornes de cada celda está ajustada al segundo valor de referencia, en este caso 0,85V, se llega a un límite de potencia cuando la presión P se vuelve máxima. Sin embargo, este límite no es la potencia máxima que la pila de combustible 2 puede suministrar. Por ello, se debe cambiar de modo de funcionamiento para ir a un modo de funcionamiento que permite suministrar más potencia. Se trata del segundo modo de funcionamiento descrito anteriormente.

Sin embargo, es necesario tener una señal que permita indicar que se solicita más potencia. Efectivamente, si el paso del primer modo de funcionamiento hacia el segundo modo de funcionamiento se efectuase simplemente cuando la presión P alcanza la presión máxima, podría existir riesgo de paso indeseado de un modo a otro cuando el sistema híbrido 1 desea funcionar para una potencia suministrada cuando la tensión es igual a 0,85V y para una presión P con el valor de la presión máxima. Un pico de presión P implicaría dicho paso. Por lo tanto, es necesario implantar una condición adicional representativa de la necesidad de potencia. Esta condición indica que el sistema híbrido 1 debe suministrar más o menos potencia. Esta condición puede consistir en la diferencia de tensión ϵ entre el valor de la tensión de batería de consigna Vbatt0 y el valor de la tensión de batería medida Vbatt. Esta condición de tensión es representativa de la potencia deseada ya que la carga de la batería 6 está controlada de manera que esta no esté nunca demasiado cargada. Por lo tanto, si la batería 6 está suficientemente cargada, su necesidad de potencia es menor, incluso nula, por lo que se debe reducir la potencia. En el caso de la primera transición, la condición de tensión que se convierte en una condición de potencia se cumplirá si la diferencia ϵ entre la tensión de batería de consigna Vbatt0 y la tensión de batería medida Vbatt es superior a cero. Esto significa que el sistema híbrido 1 requiere el aumento de la potencia. Por lo tanto, cuando se cumplen la primera y la segunda condición se realiza la transición entre el primer modo de funcionamiento y el segundo modo de funcionamiento, el sistema híbrido 1 empieza a funcionar según el segundo modo de funcionamiento que permite suministrar más potencia al sistema híbrido 1.

En el caso de la segunda transición, existen siempre dos condiciones. Una primera condición es la condición representativa de la necesidad de potencia, es decir que la diferencia ϵ entre la tensión de batería 6 de consigna V_{batt0} y la tensión de batería medida V_{batt} es inferior a cero. Esto significa que el sistema híbrido 1 intenta reducir la potencia. Esta condición de tensión está asociada a una segunda condición que es una condición de tensión. Esta condición de tensión solo se cumple cuando la tensión de cada una de las celdas de la pila de combustible es superior o igual a un primer valor crítico que es de 0,85V. En efecto, en modo de alta potencia, la variación de la potencia se realiza disminuyendo la tensión en los bornes de cada celda. En este modo, la pila de combustible 2 funciona siguiendo la curva de la tensión de celda en función de la corriente para la presión máxima P_{max} . En este caso, cuanto más disminuye la tensión en los bornes de cada celda, más aumenta la corriente y, por lo tanto, la potencia. Por el contrario, cuando aumenta la tensión en los bornes de cada celda, la corriente disminuye y la potencia disminuye asimismo. En caso de descenso de la potencia, la tensión en los bornes de cada celda aumenta y dicho descenso puede llegar a implicar una tensión en los bornes de cada celda próxima a 0,85V, que es el límite que no se desea superar. Si el sistema híbrido 1 requiere una potencia aún menor, debe pasar al primer modo de funcionamiento. De este modo, cuando se cumplen la primera y la segunda condición, se efectúa la transición entre el segundo modo de funcionamiento y el primer modo de funcionamiento, con el sistema híbrido 1 funcionando según el primer modo de funcionamiento.

Por el contrario, si la diferencia ϵ entre la tensión de batería de consigna V_{batt0} y la tensión de batería medida V_{batt} es igual a cero, el sistema híbrido entiende que la potencia suministrada es necesaria. En consecuencia, el sistema híbrido 1 hace que el valor de la corriente y el valor de la presión se congelen y mantengan constantes mientras la diferencia ϵ entre la tensión de batería de consigna V_{batt0} y la tensión de batería medida V_{batt} sea igual a cero.

Los valores del primero y el segundo valor crítico, que son 0,845V y 2,45 bares, se eligen distintos de 0,85V y 2,5 bares por motivos de seguridad. Efectivamente, se crea una histéresis artificialmente para evitar un cambio de modo de funcionamiento indeseado. En efecto, si el valor de presión P de umbral se elige de 2,5 bares, habría un cambio de modo de funcionamiento si la presión descendiera hasta 2,495 bares. Se considera entonces que la tensión de 0,845V y la presión de 2,45 bares pueden escribirse $0,85V - x$ y $2,5 \text{ bares} - x$, siendo x un valor regulable. La histéresis permite librarse de estas pequeñas variaciones y, por lo tanto, hacer que el proceso de funcionamiento sea más estable. Se entiende que los valores del primero y el segundo valor crítico, respectivamente 0,845V y 2,45 bares, no son limitativos y que se pueden elegir otros valores.

Por supuesto, la consigna de potencia no es forzosamente la diferencia ϵ entre la tensión de batería de consigna V_{batt0} y la tensión de batería medida V_{batt} es igual a cero. Esta consigna de potencia puede ser una consigna ligada a la potencia medida en función de la corriente y de la tensión producida por la pila de combustible 2. Se puede imaginar asimismo que esta consigna representativa de la necesidad de potencia sea la posición del pedal. De este modo, si el sistema detecta que el pedal de acelerador no se encuentra en su posición de reposo, deduce que se necesita potencia. Al contrario, si el sistema detecta que el pedal de acelerador se encuentra en su posición de reposo, el sistema 1 concluye que la necesidad de potencia es nula y que esta última puede reducirse.

Las distintas etapas del procedimiento de gestión del funcionamiento según la invención son:

a) Proporcionar un flujo de gas combustible y un flujo de gas oxidante a cada una de las celdas electroquímicas, con el fin de que pueda realizarse la reacción química que produce electricidad.

b) Definir una consigna representativa de la carga variable o de la necesidad de potencia. Esta consigna puede ser la diferencia entre un valor o consigna de tensión de batería predeterminada y la tensión de batería medida.

c) Vigilar la presión de gas combustible y la presión de gas oxidante en la pila de combustible 2 con la ayuda de un detector de presión. Esto permite conocer constantemente la presión en la pila de combustible 2. Varios sensores permiten obtener un valor medio de esta presión y, por lo tanto, obtener valores de presión más fiables.

d) Regular la presión en la pila de combustible 2 a un primer valor de referencia. La presión P en la pila de combustible 2 se mantiene en su valor máximo P_{max} con objeto de poder obtener su potencia máxima de la pila de combustible. El primer valor de referencia es de 2,5 bares.

e) Repartir la carga variable entre la pila de combustible 2 y la batería 6 en función de la consigna, haciendo variar la tensión de salida (V_{cell}) del convertidor CC/CC 4. El convertidor CC/CC 4 actúa sobre los niveles de tensión de la pila de combustible 2 y especialmente sobre la tensión de salida V_{cell} de la pila de combustible 2, que es la suma de las tensiones en los bornes de cada celda. La variación de la tensión en los bornes de cada celda permite obtener una corriente definida y, por lo tanto, una potencia definida.

f) Vigilar una tensión representativa de la tensión en los bornes de al menos una de las celdas electroquímicas de la pila de combustible o se puede asimismo controlar si la tensión de salida de la pila de combustible supera un primer valor crítico predeterminado. Aquí, se controla si la tensión en los bornes de cada celda se aproxima al valor de 0,85V, que es el valor máximo deseado para esta tensión. En el presente caso, el primer valor crítico es de 0,845V.

5 g) Vigilar si la consigna representativa de la necesidad de potencia indica que se solicita menos potencia. Se trata de ver si el sistema reclama más potencia o menos potencia. Esta consigna puede ser la diferencia entre un valor de la tensión de batería de consigna V_{batt0} y la tensión de batería medida V_{batt} o la diferencia entre un valor de potencia de consigna y el valor de la potencia medida.

Si la tensión representativa de la tensión en los bornes de al menos una de las celdas supera un primer valor crítico predeterminado y si la consigna indica una disminución de la carga variable:

10 h) Interrumpir la etapa de mantener la presión en la pila de combustible a un valor de referencia e interrumpir la etapa de hacer variar y regular la potencia de salida de la pila de combustible haciendo variar la tensión de salida de la pila de combustible mediante el convertidor CC/CC.

15 i) Regular la tensión representativa de la tensión en los bornes de al menos una de las celdas a un segundo valor de referencia adaptando la impedancia de entrada del convertidor CC/CC. El segundo valor de referencia es 0,85V.

20 j) Repartir la carga variable entre la pila de combustible y la batería haciendo variar la presión, es decir hacer variar la potencia de salida de la pila de combustible haciendo variar la presión. Cuando la tensión en los bornes de cada celda es constante, el ajuste de la corriente que permite regular la potencia es dependiente de la presión. En cada presión, existe una curva de la tensión en los bornes de cada celda en función de la corriente. Sabiendo que con corriente fija la tensión en los bornes de cada celda aumenta con la presión y, por lo tanto, con tensión fija en los bornes de cada celda, la corriente aumenta con la presión.

25 Si la presión en la pila de combustible supera un segundo valor crítico predeterminado y si la consigna indica un aumento de la carga variable:

k) Interrumpir la operación (i) e interrumpir la operación (j) y reanudar la operación (d) y la operación (e).

30 Se pueden observar entonces en la figura 5 curvas que representan las distintas variables características del sistema híbrido 1 durante una simulación de funcionamiento.

35 Se entiende que se pueden aportar diversas modificaciones y/o mejoras y/o combinaciones evidentes para el especialista en la materia, a los distintos modos de realización de la invención explicada anteriormente, sin salir del marco de la invención definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de gestión del funcionamiento de una alimentación en corriente continua híbrida, comprendiendo dicha alimentación una pila de combustible (2), una batería (6) y un convertidor CC/CC (4) que incluye una entrada y una salida, estando la entrada del convertidor (4) conectada a la salida de la pila de combustible y estando la salida conectada a una carga variable (8) en paralelo con la batería, estando la pila de combustible formada por una pluralidad de celdas electroquímicas adaptadas para producir electricidad a partir de un gas combustible y un gas oxidante, caracterizado porque dicho procedimiento comprende las siguientes operaciones:
- 5 a) Proporcionar un flujo de gas combustible y un flujo de gas oxidante a cada una de las celdas electroquímicas;
 b) Definir una consigna representativa de la carga variable;
 c) Vigilar la presión de gas combustible y la presión de gas oxidante en la pila de combustible;
 d) Regular la presión (P) en la pila de combustible a un primer valor de referencia;
 e) Repartir la carga variable entre la pila de combustible (2) y la batería (6) en función de la consigna, haciendo
 15 variar la tensión de salida (Vcell) del convertidor CC/CC (4);
 f) Vigilar una tensión representativa de la tensión en los bornes de al menos una de las celdas electroquímicas de la pila de combustible;
 g) Vigilar la consigna;
 si la tensión representativa de la tensión en los bornes de al menos una de las celdas supera un primer valor crítico
 20 predeterminado y si la consigna indica una disminución de la carga variable:
 h) Interrumpir la operación (d) e interrumpir la operación (e); y
 i) Regular la tensión representativa de la tensión en los bornes de al menos una de las celdas a un segundo valor de referencia adaptando la impedancia de entrada del convertidor CC/CC;
 j) Repartir la carga variable entre la pila de combustible y la batería haciendo variar la presión.
- 25 2. Procedimiento de gestión según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además las operaciones de:
 si la presión en la pila de combustible supera un segundo valor crítico predeterminado y si la consigna indica un
 30 aumento de la carga variable:
 k) Interrumpir la operación (i) e interrumpir la operación (j) y reanudar la operación (d) y la operación (e).
3. Procedimiento de gestión según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la consigna representativa de la
 35 carga variable es la diferencia (ϵ) entre un tercer valor de referencia y la tensión de batería medida (Vbatt).
4. Procedimiento de gestión según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la consigna representativa de la
 carga variable es la diferencia entre la potencia solicitada por la carga variable y la potencia de salida de la pila de
 combustible.
- 40 5. Procedimiento de gestión según una de las reivindicaciones 2, 3 dependientes de 2 o 4 dependientes de 2,
 caracterizado porque el segundo valor crítico es de 2,45 bares.
6. Procedimiento de gestión según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el primer valor crítico
 45 predeterminado es de 0,845 voltios.
7. Procedimiento de gestión según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el segundo valor de
 referencia es el valor de 0,85V por celda.
8. Procedimiento de gestión según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el primer valor de
 50 referencia es de 2,5 bares.
9. Procedimiento de gestión según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la pila de
 combustible (2) utiliza hidrógeno como gas combustible y oxígeno como gas oxidante.
- 55 10. Sistema de gestión de una alimentación de corriente continua híbrida, comprendiendo dicha alimentación una
 pila de combustible (2), una batería (6) y un convertidor CC/CC (4) que incluye una entrada y una salida, estando la
 entrada del convertidor conectada a la salida de la pila de combustible y estando la salida conectada a una carga
 variable en paralelo con la batería (6), estando la pila de combustible formada por una pluralidad de celdas
 60 electromagnéticas adaptadas para producir electricidad a partir de un gas combustible y de un gas oxidante,
 caracterizado porque dicho sistema es apto para funcionar bajo un primer modo de funcionamiento en el que la
 regulación se lleva a cabo mediante un primer bucle de regulación (9) que proporciona una primera consigna
 (Signal-1) al convertidor CC/CC (4) que controla el valor de la corriente suministrada en la pila de combustible,
 comprendiendo dicho primer bucle un primer comparador (10) que compara una consigna de tensión de pila de
 combustible (Vcell0) con una tensión de pila de combustible (Vcell) medida, estando la salida de este primer
 65 comparador conectada a un primer controlador de tensión (12), y un segundo bucle de regulación (11) que

5 suministra una segunda consigna (Signal-P) para hacer variar la presión de la pila de combustible, comprendiendo dicho segundo bucle de regulación un segundo comparador (14) que compara una consigna de tensión de batería (Vbatt0) con una tensión de batería (Vbatt), estando la salida de este segundo comparador conectada a un segundo controlador de tensión (16), y porque dicho sistema es capaz de funcionar en un segundo modo de funcionamiento en el que se lleva a cabo la regulación mediante un tercer bucle de regulación (13) que suministra una tercera consigna (Signal-2) al convertidor CC/CC para hacer variar la corriente de la pila de combustible (2), comprendiendo el tercer bucle de regulación un tercer comparador (18) que compara una consigna de tensión de batería (Vbatt0) con una tensión de batería medida (Vbatt), estando la salida de este tercer comparador (18) conectada a un tercer controlador de tensión (20).

10

Fig. 1

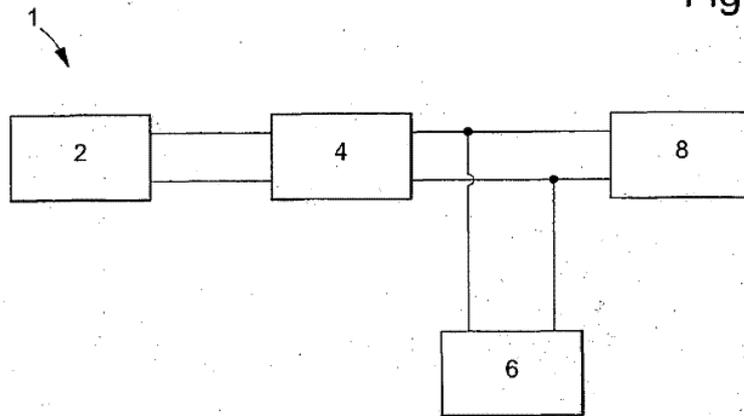
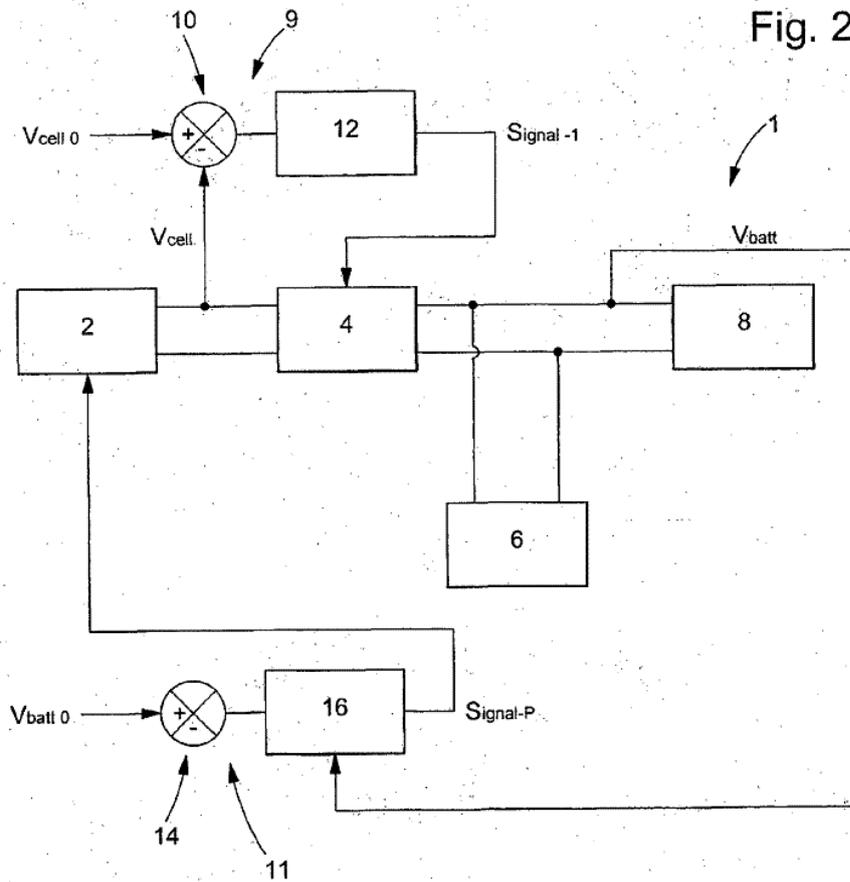


Fig. 2



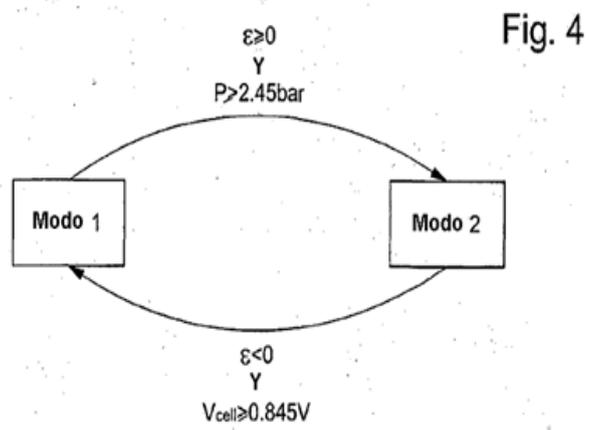
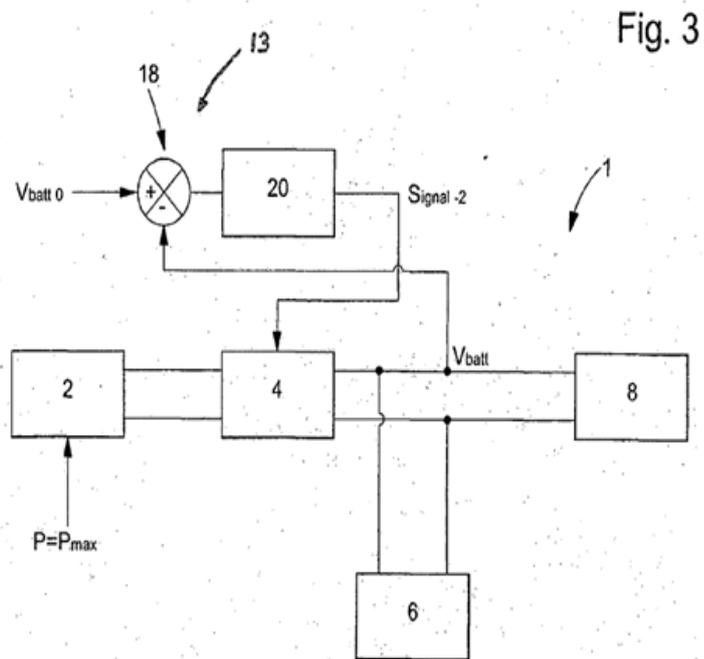


Fig. 5

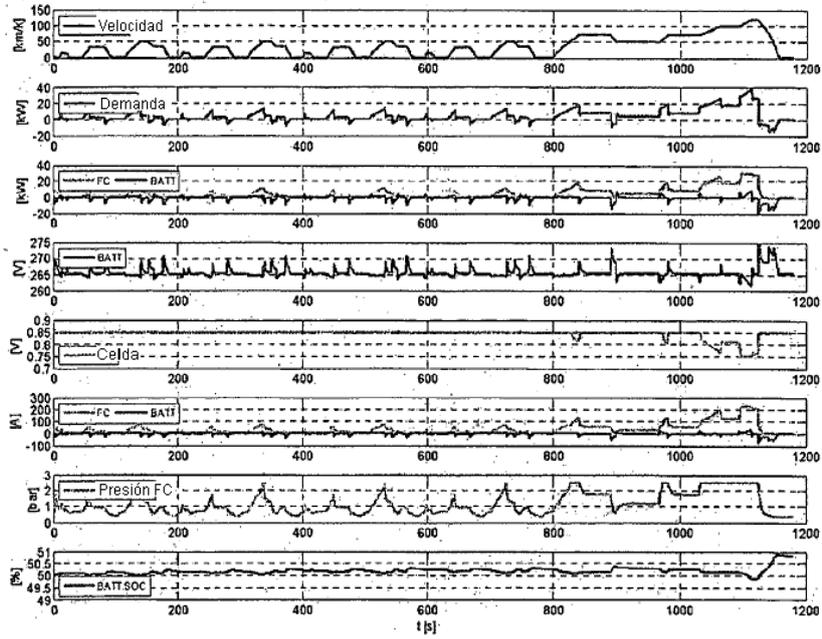


Fig. 6

