



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 318 894**

51 Int. Cl.:  
**H01M 8/04** (2006.01)  
**B60L 11/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **99922616 .0**  
96 Fecha de presentación : **31.05.1999**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1091437**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.04.2001**

54 Título: **Sistema de pila de combustible y método de control de la pila.**

30 Prioridad: **25.06.1998 JP 10-196763**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.05.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.05.2009**

73 Titular/es: **Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha  
1, Toyota-cho  
Toyota-shi, Aichi-ken 471-8571, JP**

72 Inventor/es: **Iwase, Masayoshi**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

**ES 2 318 894 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema de pila de combustible y método de control de la pila.

5 **Campo técnico**

El presente invento se refiere a un sistema de pilas de combustible que hace posible que las pilas de combustible sean activadas con un alto rendimiento de la conversión de energía, así como a un método para controlar tales pilas.

10 **Antecedentes en la técnica**

Como se ha ilustrado en un ejemplo de la Fig. 5, en un sistema de pilas de combustible de la técnica anterior montado sobre un vehículo eléctrico, una unidad reformadora 128 recibe el suministro de combustible 124, por ejemplo de metanol y agua, alimentado por medio de una bomba 126, y produce un combustible gaseoso que contiene hidrógeno a partir del combustible 124, a través de una reacción de reforma del metanol con vapor de agua. Las pilas de combustible 136 reciben flujos del combustible gaseoso producido y del aire 130 y generan una fuerza electromotriz a través de reacciones electroquímicas del combustible gaseoso y el aire 130. La energía eléctrica generada por las pilas de combustible 136 y la salida de energía eléctrica de una batería 140, la cual está conectada en paralelo con las pilas de combustible 136, son suministradas a un inversor 144 para accionar un motor 146 y obtener una fuerza de accionamiento del vehículo eléctrico.

Una unidad de control 120 calcula una salida requerida (energía eléctrica requerida) del inversor 144 a partir de un recorrido del acelerador del vehículo medido por un sensor 122 de la posición del pedal del acelerador, y regula el inversor 144 en base a la salida requerida calculada. Tal regulación hace que la energía eléctrica correspondiente a la salida requerida sea suministrada al motor 146 por medio del inversor 144.

Las pilas de combustible 136 producen la energía eléctrica para cubrir la salida requerida del inversor 144. Cuando la salida de energía eléctrica procedente de las pilas de combustible 136 es insuficiente para la salida requerida, la batería 140 proporciona energía eléctrica al inversor 144 para compensar esa insuficiencia. La salida de energía eléctrica de las pilas de combustible 136 depende, por consiguiente, de la salida requerida del inversor 144.

En respuesta a un requisito de salida de energía eléctrica del inversor 144, las pilas de combustible 136 no pueden dar salida a la energía eléctrica requerida en caso de que el combustible gaseoso suministrado desde la unidad reformadora 128 a las pilas de combustible 136 no sea suficiente para la salida de energía eléctrica requerida. Es decir, que la salida de energía eléctrica de las pilas de combustible 136 depende también de la cantidad de combustible gaseoso (es decir, del caudal de gas) alimentada a las pilas de combustible 136.

La unidad de control 120 acciona a la bomba 126 en base a la salida requerida del inversor 144, y regula las cantidades de combustible 124 alimentadas a la unidad reformadora 128, con objeto de regular la cantidad de combustible gaseoso suministrado a las pilas de combustible 136 de acuerdo con la salida requerida del inversor 144.

La cantidad de combustible gaseoso producido por la unidad reformadora 128 no aumenta (o disminuye) inmediatamente al aumentar (o disminuir) las cantidades suministradas del combustible 124, sino que aumenta o disminuye después de transcurrido un tiempo  $d$  de retardo de 2 a 20 segundos. La cantidad de combustible gaseoso requerida para las pilas de combustible 136 no es por lo tanto siempre idéntica al suministro real del combustible gaseoso (el caudal de gas) a las pilas de combustible 136.

Como se ha descrito en lo que antecede, en los sistemas de pilas de combustible de la técnica anterior, la producción de energía eléctrica de las pilas de combustible depende de la salida requerida del inversor y de la cantidad de combustible gaseoso (el caudal de gas) suministrado a las pilas de combustible. El punto de trabajo de las pilas de combustible 136 varía por consiguiente al variar la salida requerida del inversor y el caudal de gas.

La Fig. 6 es un gráfico de curvas características en el que se muestran las variaciones en el rendimiento de la generación de energía eléctrica frente a la salida de energía eléctrica de las pilas de combustible en general, al variar, como parámetro, la cantidad de combustible gaseoso (el caudal de gas) suministrado a las pilas de combustible. La Fig. 7 es un gráfico de curvas características en el que se muestra la variación en la producción de energía eléctrica frente a la cantidad requerida de combustible gaseoso en las pilas de combustible en general.

En el sistema de pilas de combustible de la técnica anterior descrito en lo que antecede, como se ha ilustrado en la Fig. 6, aunque las pilas de combustible son susceptibles de ser activadas en un punto de trabajo "a" de alto rendimiento de generación de energía eléctrica, las pilas de combustible pueden ser activadas, por ejemplo, en un punto de trabajo "b" de bajo rendimiento de la generación de energía eléctrica, dado que el punto de trabajo real varía al variar el caudal de gas.

En el sistema de pilas de combustible de la técnica anterior descrito en lo que antecede, como se ha ilustrado en la Fig. 7, incluso cuando se suministra una cantidad  $Q_c$  suficiente de combustible gaseoso desde la unidad reformadora a las pilas de combustible para generar una salida de energía eléctrica  $W_c$ , las pilas de combustible pueden ser activadas, por ejemplo, en un punto de trabajo "d" para generar solamente una salida  $W_d$  de energía eléctrica, ya que el punto de

## ES 2 318 894 T3

trabajo real varía al variar la salida requerida del inversor. En este caso, la cantidad de combustible gaseoso requerida para generar la salida de energía eléctrica  $W_d$  es igual a solamente  $Q_d$ , y la cantidad de combustible gaseoso que se desperdicia es  $(Q_c - Q_d)$ . Esto disminuye el factor de utilización del combustible gaseoso.

5 Como se ha descrito en lo que antecede, en los sistemas de pilas de combustible de la técnica anterior, el punto de trabajo de las pilas de combustible varía al variar la salida requerida del inversor y el caudal de gas. Las pilas de combustible son por lo tanto activadas no siempre en el punto de trabajo de alto rendimiento de generación de energía eléctrica ni en el punto de trabajo de alto factor de utilización del gas.

10 El rendimiento de la generación de energía eléctrica y el factor de utilización del gas guardan una relación de compensación entre sí, de tal modo que es difícil mejorar ambos: el rendimiento de la generación de energía eléctrica y el factor de utilización del gas. Haciendo máximo el producto del rendimiento de la generación de energía eléctrica por el factor de utilización del gas, se mejoran tanto como es posible el rendimiento de la generación de energía eléctrica y el factor de utilización del gas. El producto del rendimiento de la generación de energía eléctrica por el factor de utilización se expresa como un rendimiento de conversión de energía de las pilas de combustible.

15 El objeto del presente invento es por lo tanto resolver los problemas de la técnica anterior y proporcionar un sistema de pilas de combustible que haga posible que las pilas de combustible tenga un mejor rendimiento de conversión de la energía.

20 El sistema que se describe en el documento JP 04 082 169 detecta los valores como una concentración de hidrógeno descargado desde un cuerpo principal de pila de combustible y lleva a cabo un control de la realimentación en una válvula de ajuste del caudal, para así suministrar una cantidad apropiada de combustible nuevo a un reformador de gas combustible nuevo. El sistema del documento JP 04 082 169 activa un intercambiador ortogonal para desconectar una carga del cuerpo principal de la pila de combustible cuando la concentración de hidrógeno detectada sea baja. En otras palabras, el documento JP 04 082 169 da a conocer un control de "CONEXIÓN/DESCONEXIÓN" para la conexión entre la pila de combustible y la carga.

25 En el documento JP 63 236 269, que se considera como la técnica anterior más próxima que forma la base del preámbulo de la reivindicación 1, se describe el cambio de una corriente eléctrica de salida de las pilas de combustible correspondiente a una cantidad relacionada de flujo de gas. El sistema que se describe en el documento JP 63 236 269 cambia realmente la corriente eléctrica de salida de las pilas de combustible de acuerdo con el voltaje de salida de las pilas de combustible.

### 35 Descripción del invento

Al menos una parte de los anteriores y demás objetivos relacionados se obtienen mediante un primer sistema de pilas de combustible que tiene pilas de combustible que reciben un suministro de gas y generan energía eléctrica, y que suministra la energía eléctrica generada a una carga. El primer sistema de pilas de combustible incluye: una unidad de medida de una cantidad que guarda relación con el caudal de gas, que mide una cantidad que guarda relación con el caudal de gas, la cual está en relación con el caudal de gas suministrado a las pilas de combustible; y una unidad de control que especifica un punto de trabajo asociado con una curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de las pilas de combustible correspondiente a la cantidad observada que guarda relación con el caudal de gas, y regula la energía eléctrica a ser extraída de las pilas de combustible, para así hacer que las pilas de combustible sean activadas en el punto de trabajo especificado.

45 El presente invento está también dirigido hacia un primer método de control de las pilas de combustible que reciben un suministro de un gas y generan energía eléctrica. El primer método incluye los pasos de: (a) medir una cantidad que guarda relación con el caudal de gas, la cual está en relación con el caudal del gas suministrado a las pilas de combustible; (b) especificar un punto de trabajo asociado con una curva de curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de las pilas de combustible, correspondiente a la cantidad que guarda relación con el caudal de gas observado; y (c) regular la energía eléctrica a ser extraída de las pilas de combustible, para así hacer que las pilas de combustible sean activadas en el punto de trabajo especificado.

50 Con la técnica del primer sistema de pilas de combustible y el correspondiente primer método del presente invento, se mide la cantidad que guarda relación con el caudal de gas, la cual está en relación con el caudal de gas suministrado a las pilas de combustible, y especifica un punto de trabajo asociado a la curva característica de curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de las pilas de combustible correspondiente a la cantidad que guarda relación con el caudal de gas observado. La técnica regula entonces la energía eléctrica a ser extraída de las pilas de combustible, para así hacer que las pilas de combustible sean activadas en el punto de trabajo especificado.

55 En el primer sistema de pilas de combustible y según el correspondiente primer método del presente invento, el punto de trabajo del más alto rendimiento de la conversión de energía en la curva característica de curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida, se especifica como el punto de trabajo asociado con la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente a la cantidad que guarda con el caudal de gas observado. Esta disposición hace posible que las pilas de combustible sean activadas en el punto de trabajo del más alto rendimiento de la conversión de energía, mejorándose así tanto como es posible el rendimiento de la generación de energía eléctrica y el factor de utilización del gas de las pilas de combustible.

## ES 2 318 894 T3

El presente invento está dirigido hacia un segundo sistema de pilas de combustible que tiene pilas de combustible que reciben un suministro de un gas y generan energía eléctrica, y una batería secundaria, la cual acumula en la misma la energía eléctrica y da salida a la energía eléctrica acumulada. El segundo sistema de pilas de combustible suministra a una carga al menos una de la energía eléctrica generada por las pilas de combustible y la salida de energía eléctrica de la batería secundaria. El segundo sistema de pilas de combustible incluye: una unidad de medición de la cantidad que guarda relación con el caudal de gas, que mide una cantidad que guarda relación con el caudal de gas, la cual guarda una relación con el caudal de gas suministrado a las pilas de combustible; y una unidad de control que especifica un punto de trabajo asociado con una curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de las pilas de combustible correspondiente a la cantidad que guarda relación con el caudal de gas observado, determina una cantidad de energía eléctrica a ser extraída de las pilas de combustible que se requiere para activar las pilas de combustible en el punto de trabajo especificado, así como una cantidad de energía eléctrica a ser suministrada a la carga, y regula al menos una de la energía eléctrica a ser extraída de la batería secundaria y de la energía eléctrica a ser acumulada en la batería secundaria, en base a las dos cantidades de energía eléctrica así determinadas.

El presente invento está también dirigido hacia un segundo método de control de una batería secundaria en un sistema de pilas de combustible que tiene pilas de combustible que retienen un suministro de un gas y generan energía eléctrica, y la batería secundaria que acumula la energía eléctrica en la misma y da salida a la energía eléctrica acumulada, y suministra al menos una de la energía eléctrica generada por las pilas de combustible y de la energía eléctrica de salida de la batería secundaria, a una carga. El segundo método incluye los pasos de: (a) medir una cantidad que está relacionada con el caudal de gas, la cual relaciona guarda una relación con el caudal del gas suministrado a las pilas de combustible; (b) especificar un punto de trabajo asociado con una curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de las pilas de combustible correspondiente a la cantidad que está en relación con el caudal de gas observado; (c) determinar una cantidad de energía eléctrica a ser extraída de las pilas de combustible, que se requiere para activar las pilas de combustible en el punto de trabajo especificado, así como la cantidad de energía eléctrica a ser suministrada a la carga; y (d) regular al menos una de la energía eléctrica a ser extraída de la batería secundaria y de la energía eléctrica a ser acumulada en la batería secundaria, en base a las dos cantidades de energía eléctrica así determinadas.

Con la técnica del segundo sistema de pilas de combustible y el correspondiente segundo método del presente invento se mide la cantidad que está en relación con el caudal de gas, la cual está en relación con el caudal del gas suministrado a las pilas de combustible, y se especifica un punto de trabajo asociado con la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de las pilas de combustible correspondiente a la cantidad que está en relación con el caudal de gas observado. La técnica determina a continuación la cantidad de energía eléctrica a ser extraída de las pilas de combustible, que se requiere para activar las pilas de combustible en el punto de trabajo especificado, así como la cantidad de energía eléctrica a ser suministrada a la carga, y regula la energía eléctrica a ser extraída de la batería secundaria o la energía eléctrica a ser acumulada en la batería secundaria, en base a las dos cantidades de energía eléctrica así determinadas. La regulación de la energía eléctrica de la batería secundaria de esta manera hace que sea extraída de las pilas de combustible la cantidad determinada de energía eléctrica y hace posible que las pilas de combustible sean activadas en el punto de trabajo especificado.

En el segundo sistema de pilas de combustible y en el correspondiente segundo método del presente invento, el punto de trabajo del máximo rendimiento de la conversión de energía se especifica como el punto de trabajo asociado con la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente a la cantidad que está en relación con el caudal de gas observado. Esta disposición hace posible que las pilas de combustible sean activadas en el punto de trabajo de máximo rendimiento de la conversión de energía, a través de la regulación antes considerada, mejorándose así todo lo que es posible tanto el rendimiento de la generación de energía como el factor de utilización del gas de las pilas de combustible.

De acuerdo con una aplicación preferible del presente invento, el segundo sistema de pilas de combustible incluye además un sensor del estado de carga que mide un estado de carga de la batería secundaria. En esta aplicación, la unidad de control regula al menos una de la energía eléctrica a ser extraída de la batería secundaria y de la energía eléctrica a ser acumulada en la batería secundaria, en base al estado observado de la carga además de las dos cantidades de energía eléctrica determinadas.

De una manera similar, es preferible que el segundo método del presente invento incluya además el paso de (e) medir un estado de carga de la batería secundaria. En esta aplicación, el paso (d) incluye el paso de regular al menos una de la energía eléctrica a ser extraída de la batería secundaria y de la energía eléctrica a ser acumulada en la batería secundaria, en base al estado observado de la carga, además de las dos cantidades de energía eléctrica determinadas.

En general, la extracción de energía eléctrica de la batería secundaria depende del estado de carga de la batería secundaria. En caso de que el estado de carga de la batería secundaria esté próximo al nivel de plena carga, es imposible acumular más energía eléctrica en la batería secundaria. En tales casos, se requiere por consiguiente que el control impida que siga siendo acumulada energía eléctrica.

En ya sea el primer sistema de pilas de combustible o ya sea el segundo sistema de pilas de combustible del presente invento, es preferible que la unidad de control especifique un punto de máximo rendimiento de conversión de la energía en la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida como punto de trabajo.

## ES 2 318 894 T3

De una manera similar, en ya sea el primer método o ya sea el segundo método del presente invento, es preferible que el paso (b) incluya el paso de especificar un punto de máximo rendimiento de la conversión de energía en la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida como punto de trabajo.

5 Especificando el punto de trabajo de esta manera, se hace posible que las pilas de combustible sean activadas en el punto de trabajo de más alto rendimiento de la conversión de energía.

El presente invento está también dirigido hacia un tercer sistema de pilas de combustible, el cual incluye: pilas de combustible que reciben suministros de combustible gaseoso y de un gas oxidante, y generan energía eléctrica a través de una reacción electroquímica del combustible gaseoso con el gas oxidante; un sensor del flujo que mide el caudal de al menos uno del combustible gaseoso y el gas oxidante suministrados a las pilas de combustible; una batería secundaria que acumula la energía eléctrica en la misma y da salida a la energía eléctrica acumulada; un sensor del estado de carga que mide un estado de carga de la batería secundaria; un inversor que recibe un suministro de energía eléctrica desde al menos una de las pilas de combustible y la batería secundaria para accionar un motor; un convertidor que varía una salida de voltaje de las pilas de combustible y aplica el voltaje hecho variar en paralelo a la batería secundaria y al inversor; y una unidad de control que especifica un punto de trabajo asociado con una curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de las pilas de combustible correspondiente al caudal observado, determina una cantidad de energía eléctrica a ser extraída de las pilas de combustible, que se requiere para activar las pilas de combustible en el punto de trabajo especificado, determina una cantidad de energía eléctrica a ser suministrada al inversor en base a información externa, y regula la salida de voltaje del convertidor, en base a las dos cantidades de energía eléctrica así determinadas y del estado de carga observado.

En el tercer sistema de pilas de combustible del presente invento, el sensor del flujo mide el caudal de al menos el combustible gaseoso o el gas oxidante suministrados a las pilas de combustible. El sensor del estado de carga mide el estado de carga de la batería secundaria. El inversor recibe un suministro de energía eléctrica desde al menos una de las pilas de combustible y de la batería secundaria, para accionar el motor. El convertidor aumenta o disminuye el voltaje de salida de las pilas de combustible y aplica el voltaje hecho variar en paralelo a la batería secundaria y al inversor. La unidad de control especifica un punto de trabajo asociado con la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de las pilas de combustible correspondiente al caudal observado por el sensor del flujo, y determina la cantidad de energía eléctrica a ser extraída de las pilas de combustible que se requiere para activar las pilas de combustible en el punto de trabajo especificado. La unidad de control determina también la cantidad de energía eléctrica a ser suministrada al inversor en base a información externa. La unidad de control regula entonces la salida de voltaje del convertidor, en base a las dos cantidades de energía eléctrica así determinadas y al estado de carga observado por el sensor del estado de carga. Esta disposición regula la energía eléctrica de la batería secundaria (ya sea la energía eléctrica de salida o ya sea la energía eléctrica acumulada), a la que se aplica el voltaje regulado, hasta un nivel deseado. Tal regulación hace que se extraiga de las pilas de combustible la cantidad determinada de energía eléctrica, y hace posible que las pilas de combustible sean activadas en el punto de trabajo especificado.

En el tercer sistema de pilas de combustible del presente invento, el punto de trabajo de máximo rendimiento de conversión de energía está especificado como el punto de trabajo asociado con la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente al caudal de gas observado. Esta disposición permite que las pilas de combustible sean activadas en el punto de trabajo de más alto rendimiento de la conversión de energía, a través de la regulación antes considerada, mejorándose así todo lo que es posible tanto el rendimiento de la generación de energía eléctrica como el factor de utilización del gas de las pilas de combustible.

La técnica del presente invento puede ser también materializada por un vehículo eléctrico que tenga montado en el mismo uno cualquiera de los sistemas de pilas de combustible primero a tercero. El vehículo eléctrico tiene un motor como carga, el cual recibe un suministro de energía eléctrica desde las pilas de combustible y que es accionado para proporcionar la fuerza de propulsión del vehículo eléctrico.

50 El montaje de cualquiera de los sistemas de pilas de combustible primero a tercero en el vehículo eléctrico mejora el rendimiento de la conversión de energía del vehículo eléctrico.

### Breve descripción de los dibujos

55 La Fig. 1 ilustra la estructura de un sistema de pilas de combustible en una realización del presente invento;

La Fig. 2 es un organigrama en el que se muestra una rutina de procesamiento ejecutada en el sistema de pilas de combustible de la Fig. 1;

60 La Fig. 3 es un gráfico de las curvas características, en el que se muestran las variaciones de la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida al variar el caudal de gas, como parámetro, en las pilas de combustible 36 representadas en la Fig. 1;

65 La Fig. 4 es un gráfico de las curvas características en las que se muestran las variaciones en la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida al variar el SOC (estado de carga) como parámetro en la batería 40 representada en la Fig. 1;

## ES 2 318 894 T3

La Fig. 5 ilustra la estructura de un sistema de pilas de combustible de la técnica anterior;

La Fig. 6 es un gráfico de las curvas características en el que se muestran las variaciones en el rendimiento de la generación de energía eléctrica frente a la energía eléctrica de salida de las pilas de combustible en general, al variar, como parámetro, la cantidad de combustible gaseoso (el caudal de gas) suministrado a las pilas de combustible, y

La Fig. 7 es un gráfico de la curva característica en el que se muestra la variación en la energía eléctrica de salida frente a la cantidad requerida de combustible gaseoso en las pilas de combustible en general.

### 10 Los mejores modos de llevar a cabo el invento

En lo que sigue se describe como una realización un modo de puesta en práctica del presente invento. En la Fig. 1 se ha ilustrado la estructura de un sistema de pilas de combustible en una realización del presente invento. El sistema de pilas de combustible del presente invento está montado en un vehículo eléctrico.

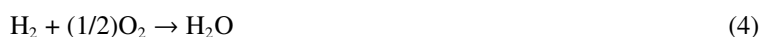
En lo que sigue se describe la estructura del sistema de pilas de combustible representado en la Fig. 1 y las operaciones generales del mismo. El sistema de pilas de combustible representado en la Fig. 1 incluye una unidad de control 20, un sensor 22 de la posición del pedal del acelerador, una bomba 26, una unidad reformadora 28, sensores de flujo 32 y 34, pilas de combustible 36, un convertidor de c.c.-c.c 38, una batería 40, un sensor 42 del SOC (estado de carga), un inversor 44 y un motor 46, como constituyentes principales.

La bomba 26 se controla en respuesta a una señal de control de salida de la unidad de control 20 a los suministros de alimentación de combustible 24, por ejemplo, de metanol y de agua, a la unidad reformadora 28.

La unidad reformadora 28 produce un gas rico en hidrógeno (gas reformado) que contiene hidrógeno procedente de los suministros de agua y de metanol alimentados como combustible 24 a través de una sección de reforma con vapor de agua del metanol, expresada por la Ecuación (1)



Las pilas de combustible 36 reciben un suministro del gas rico en hidrógeno producido por la unidad reformadora 28 como combustible gaseoso y un suministro de aire 30 como un gas oxidante que contiene oxígeno, y generan energía eléctrica a través de reacciones electroquímicas expresadas por las Ecuaciones (2) a (4):



En esta realización, las pilas de combustible 36 son pilas de combustible de electrolito de polímero y tienen una estructura de apilamiento obtenida por disposición en capas de una pluralidad de pilas unidad (no representadas), una sobre otra, en donde cada pila unidad incluye una membrana de electrolito, un ánodo, un cátodo, y un par de separadores. El suministro del gas rico en hidrógeno se alimenta al ánodo de cada pila unidad por medio de un camino del flujo de combustible gaseoso (no representado) a ser sometido a la reacción expresada por la Ecuación (2). El suministro de aire se alimenta al cátodo de cada pila unidad por medio de un camino del flujo de gas oxidante (no representado) a ser sometido a las reacciones expresadas por la Ecuación (3). La Ecuación (4) representa la reacción total que tiene lugar en las pilas de combustible.

El sensor de flujo 32 mide el caudal del gas rico en hidrógeno que fluye a través de un conducto de suministro de gas rico en hidrógeno a las pilas de combustible 36, mientras que el sensor de flujo 34 mide el caudal del aire que fluye a través de un conducto de suministro de aire a las pilas de combustible 36. Los resultados de las mediciones se envían, respectivamente, a la unidad de control 20. No se requiere que los sensores de flujo 32 y 34 midan directamente los caudales del gas rico en hidrógeno y del aire, pero pueden medir cualesquiera cantidades que guarden relación con los caudales del gas rico en hidrógeno y del aire.

La batería 40 y el inversor 44 están conectados en paralelo con las pilas de combustible 36 por medio del convertidor 38 de c.c.-c.c. La energía eléctrica generada por las pilas de combustible 36 es suministrada al inversor 44 por medio del convertidor 38 de c.c.-c.c, y también a la batería 40, de acuerdo con los requisitos.

El convertidor 38 de c.c.-c.c aumenta o disminuye la salida de voltaje de las pilas de combustible 36 y aplica el voltaje que se haya variado en paralelo al inversor 44 y a la batería 40, por medio de un diodo 39. El convertidor 39 de c.c.-c.c regula el voltaje aumentado o disminuido, en respuesta a una señal de control procedente de la unidad de control 20.

El diodo 39 hace que la corriente eléctrica circule solamente en una dirección, desde el convertidor 38 de c.c.-c.c al inversor 44 de la batería 40.

## ES 2 318 894 T3

La batería 40 acumula en la misma la energía eléctrica suministrada desde las pilas de combustible 36 y la energía eléctrica regenerada por el motor 46 por medio del inversor 44 de acuerdo con los requisitos, y suministra la energía eléctrica acumulada al inversor 44. En esta realización, como batería 40 se aplica una batería de ácido y plomo, como batería secundaria. Para la batería 40 son también aplicables una diversidad de otras baterías secundarias, tales como las baterías de níquel-cadmio, las baterías de níquel-hidrógeno, y las baterías secundarias de litio. La batería 40 tiene una capacidad como fuente de energía eléctrica que depende de un estado de accionamiento esperado del vehículo eléctrico, es decir, de una magnitud esperada de la carga, y una capacidad como fuente de energía eléctrica de las pilas de combustible 36.

El sensor 42 del SOC mide un estado de carga (SOC) de la batería 40, y envía los resultados de la medición a la unidad de control 20. En un ejemplo concreto, el sensor 42 del SOC incluye un medidor del SOC que acumula los productos de la corriente eléctrica de carga o de descarga y el tiempo en la batería 40. La unidad de control 20 calcula el estado de carga de la batería 40 en base al valor acumulativo. El sensor 42 del SOC puede incluir un sensor de voltaje que mide el voltaje de salida de la batería 40, o bien un sensor de la gravedad específica, que mide la gravedad específica de una solución electrolítica en la batería 40, en vez del medidor del SOC. En tales casos, la unidad de control 20 calcula el estado de carga de la batería 40 a partir de los correspondientes valores observados.

El inversor 44 acciona al motor 46 con la energía eléctrica suministrada desde las pilas de combustible 36 y la batería 40. Más concretamente, el inversor 44 convierte un voltaje de c.c. aplicado desde el convertidor 38 de c.c.-c.c. o de la batería 40, en voltajes de corriente alterna trifásica, y aplica los voltajes de corriente alterna trifásica al motor 46. El inversor 44 regula la amplitud (más concretamente, la anchura del impulso y la frecuencia de los voltajes de corriente alterna trifásica aplicados a un motor 46 en respuesta a una señal de control procedente de la unidad de control 20, regulando así el par de torsión producido por el motor 46.

El inversor 44 incluye realmente seis elementos de conmutación (por ejemplo, de MOSFET (Transistor de Efecto de Campo de Semiconductor de Óxido Metálico) bipolar (IGBT) (Transistor Bipolar de Puerta Aislada)) como elementos de circuito principal. Las operaciones de conmutación de estos elementos de conmutación son controladas en respuesta a la señal de control procedente de la unidad de control 20, para así convertir el voltaje de c.c. aplicado en voltaje de c.a. trifásica de la amplitud y la frecuencia deseadas.

El motor 46 está construido, por ejemplo, como un motor síncrono trifásico, y es accionado con la energía eléctrica suministrada desde las pilas de combustible 36 y el motor 46, por medio del inversor 44, para aplicar un par de torsión a un eje de accionamiento (no representado). El par de torsión producido es transmitido a un eje (no representado) del vehículo eléctrico por medio de engranajes (no representados) para comunicar una fuerza de rotación de accionamiento a las ruedas. El vehículo eléctrico recibe en consecuencia la fuerza de accionamiento para marchar.

El sensor 22 de la posición del pedal del acelerador mide el recorrido del acelerador del vehículo eléctrico y envía los resultados de la medición a la unidad de control 20.

La unidad de control 20 incluye una CPU 20a, una ROM 20b, una RAM 20c, y un puerto de entrada-salida 20d. La CPU 20a realiza las operaciones deseadas de acuerdo con programas de control para obtener una serie de procesado y control. Los programas de control, controlan los datos usados en el curso de la ejecución de las operaciones, los datos que representan la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida a los respectivos caudales de gas suministrados a las pilas de combustible 36 como parámetro, y los datos que representan las curvas características de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida a los respectivos estados de carga (SOCs) de la batería 40 como parámetro, de los cuales los dos últimos se analizarán más adelante, son almacenados de antemano en la ROM 20b. Una diversidad de datos obtenidos en el curso de la ejecución de las operaciones se almacenan temporalmente en la RAM 20c. El puerto de entrada-salida 20d da entrada a los resultados de las mediciones enviados desde los diversos sensores para dar las entradas a la CPU 20a, y las señales de control de salidas a los respectivos constituyentes en respuesta a las instrucciones procedentes de la CPU 20a.

La serie del procesado ejecutado en el sistema de pilas de combustible de la realización se describe en detalle en el organigrama de la Fig. 2.

La Fig. 2 es un organigrama en que se muestra una rutina de procesado ejecutada en el sistema de pilas de combustible de la Fig. 1. Cuando el programa entra en la rutina de la Fig. 2, la unidad de control 20 recibe primero el recorrido del acelerador medido por el sensor 22 de la posición del pedal del acelerador (paso S10). Este paso hace que la unidad de control 20 detecte un requisito del conductor, es decir, cuánta energía eléctrica ha de ser suministrada al motor 46 a través del inversor 44 para accionar el vehículo eléctrico. La unidad de control 20 calcula entonces la energía eléctrica a ser suministrada al inversor 44 (es decir, la salida requerida del inversor 44) a partir del recorrido del acelerador entrado (paso S12).

La unidad de control 20 da también entrada al caudal del gas rico en hidrógeno o del combustible gaseoso medido por el sensor de flujo 32 como caudal de gas (paso S14). Se mantiene una relación fija entre las cantidades de hidrógeno y de oxígeno que son sometidas a las reacciones electroquímicas, como se ha ilustrado mediante la Ecuación (4). La unidad de control 20 puede en consecuencia dar entrada al caudal del aire o del gas oxidante, medido por el sensor de

## ES 2 318 894 T3

flujo 34 como caudal de gas, en lugar del caudal del gas rico en hidrógeno o del combustible gaseoso. La unidad de control 20 puede, como alternativa, dar entrada tanto a los caudales del gas rico en hidrógeno como del aire.

5 Como se ha mencionado en lo que antecede, los datos que representan las curvas características de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida para los respectivos caudales de gas como parámetro en las pilas de combustible 36, son almacenados en la ROM 20b incluida en la unidad de control 20.

10 La Fig. 3 es un gráfico de curva características en el que se muestran las variaciones en la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida al variar el caudal de gas como parámetro, en las pilas de combustible 36 representadas en la Fig. 1. En el gráfico de la Fig. 3, el voltaje de salida de las pilas de combustible 36 se ha representado en el eje de ordenadas, y la corriente eléctrica de salida en el de abscisas.

15 Como se ha ilustrado en la Fig. 3, la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de las pilas de combustible 36 varía al variar el caudal del combustible gaseoso que ha fluido a las pilas de combustible 36 (el caudal de gas). El proceso de especificación del caudal de gas determina inequívocamente la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente al caudal de gas especificado. En el gráfico de la Fig. 3, la curva característica cambia como F1, F2, F3, a F4, en una secuencia del caudal de gas.

20 Las curvas características de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida para los respectivos caudales de gas se almacenan en la ROM 20B. La unidad de control 20 lee la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente al caudal de gas de entrada desde la ROM 20b en la unidad de control 20. La unidad de control 20 calcula a continuación un punto de máximo rendimiento de la conversión de energía de las pilas de combustible 36 a partir de la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida (paso S16).

25 El rendimiento de la conversión de energía de las pilas de combustible 36 se obtiene como producto del rendimiento de la generación de energía eléctrica por el factor de utilización de gas (rendimiento de generación de energía eléctrica x factor de utilización de gas) de las pilas de combustible 36. Como es conocido en general, en las pilas de combustible el rendimiento de la generación de energía eléctrica es proporcional al voltaje de salida, y la cantidad requerida del combustible gaseoso es proporcional a la corriente eléctrica de salida. El producto del rendimiento de la generación de energía eléctrica por el factor de utilización de gas de las pilas de combustible está por lo tanto sustituido por el producto del voltaje de salida por la corriente eléctrica de salida. En otras palabras, el rendimiento de la conversión de energía de las pilas de combustible se expresa como el producto del voltaje de salida por la corriente eléctrica de salida (voltaje de salida x corriente eléctrica de salida) de las pilas de combustible.

35 Cuando la curva característica F2 representada en la Fig. 3 es leída como la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente al caudal de gas observado, por ejemplo, la unidad de control 20 calcula un punto Pm que tiene el máximo producto del voltaje de salida por la corriente eléctrica de salida en la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida F2, y especifica el punto Pm como el punto de máximo rendimiento de la conversión de energía.

40 El producto del voltaje de salida por la corriente eléctrica de salida de las pilas de combustible corresponde a la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible. El punto de la máxima potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible es equivalente al punto de máximo rendimiento de la conversión de energía.

45 Después de calcular el punto del máximo rendimiento de la conversión de energía, la unidad de control 20 especifica el punto calculado como el punto de trabajo de las pilas de combustible (paso S18) y estima la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36 que son activadas en el punto de trabajo especificado (paso S20).

50 La unidad de control 20 puede llevar a cabo el procesado de los pasos S10 y S12 simultáneamente con el procesado de los pasos S14 a S20, o bien puede empezar, como alternativa, la otra serie de procesado después de completar una serie de procesado.

55 La unidad de control 20 resta a continuación la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36 estimada en el paso S20 de la salida requerida del inversor 44 calculada en el paso S12, para determinar una diferencia (paso S22). Cuando la diferencia no es menor que cero, el programa procede al procesado del paso S24 y siguientes. Cuando la diferencia es menor que cero, por otra parte, el programa procede al procesado del paso S32 y siguientes. En el estado en que la diferencia no sea menor que cero, la salida requerida del inversor 44 no es suministrada en la medida suficiente por la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36. En el estado en que la diferencia es menor que cero, la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36 tiene exceso después del suministro al inversor 44.

60 En el caso en que la diferencia no sea menor que cero, la unidad de control 20 da primero entrada al estado de carga (SOC) de la batería 40 medido por el sensor 42 del SOC (paso S24).

65 Como se ha descrito en lo que antecede, los datos que representan las curvas características de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de los respectivos SOC's como parámetros, en la batería 40, son almacenados en la ROM 20b incluida en la unidad de control 20.

## ES 2 318 894 T3

La Fig. 4 es un gráfico de curvas características en el que se muestran las variaciones en la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida al variar el SOC, como parámetro, en la batería 40 representada en la Fig. 1. En el gráfico de la Fig. 4, el voltaje de salida de las pilas de combustible 36 está representado gráficamente en ordenadas y la corriente eléctrica en abscisas.

5

Como se ha ilustrado en la Fig. 4, la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de las pilas de combustible 36 varía al variar el SOC en la batería 40. El proceso de especificación del SOC determina inequívocamente la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente al SOC especificado. En el gráfico de la Fig. 4, la curva característica cambia como G1, G2,... G5, en una secuencia del SOC. Las curvas características de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida en los respectivos SOC's son almacenadas en la ROM 20b.

10

La unidad de control 20 lee la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente a la entrada del SOC desde la ROM 20b en la unidad de control 20. La unidad de control 20 determina a continuación el voltaje de salida requerido para la batería 40 de la diferencia entre la salida requerida del inversor 44 y la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36 obtenida en el paso S22, en base a la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida leída de salida (paso S26).

15

En un ejemplo concreto, cuando se lee la curva característica G3 representada en la Fig. 4 como la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente al SOC observado, la unidad de control 20 calcula un punto en el que el producto del voltaje de salida por la corriente eléctrica de salida (es decir, la potencia eléctrica de salida de la batería 40) es sustancialmente igual a la diferencia entre la salida requerida del inversor 44 y la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36 en la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida leída de salida G3. Se ha supuesto aquí que el punto calculado es Pn, representado en la Fig. 4. Entonces se determina un voltaje de salida Vn de la pila 40 en el punto calculado Pn, como el voltaje de salida requerido para la batería 40.

20

25

La unidad de control 20 controla entonces el convertidor 38 de c.c.-c.c. y regula con ello el voltaje de salida del convertidor 38 de c.c.-c.c. para el voltaje de salida determinado en el paso S26 (paso S28). El voltaje de salida del convertidor 39 de c.c.-c.c. se aplica respectivamente a la batería 40 y al inversor 44. Regulando el voltaje de salida del convertidor 38 de c.c.-c.c. de esta manera, se hace que el voltaje de salida de la batería 40 sea igual al voltaje de salida determinado en el paso S26. La regulación hace que la potencia eléctrica correspondiente a la diferencia entre la salida requerida del inversor 44 y la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36, obtenida en el paso S22, sea dada de salida de la batería 40 como la potencia eléctrica de salida.

30

35

La unidad de control 20 controla a continuación al inversor 44, para así hacer que el motor 46 consuma a través del inversor 44 la potencia eléctrica correspondiente a la salida requerida del inversor 44, calculada en el paso S12. La salida de potencia eléctrica de la batería 40 es por consiguiente suministrada al inversor 44, y la insuficiencia de potencia eléctrica (es decir, la diferencia entre la salida requerida del inversor 44 y la potencia eléctrica de salida de la batería 40, se toma de las pilas de combustible 36 y se suministra al inversor 44 (paso S30).

40

La unidad de control 20 controla el convertidor 38 de c.c.-c.c. y el inversor 44 de la manera indicada en lo que antecede, para así hacer posible que la potencia eléctrica de salida estimada en el paso S20 sea tomada de las pilas de combustible 36, las cuales son activadas en el punto de trabajo del máximo rendimiento de la conversión de energía.

45

En el caso de que la diferencia entre la salida requerida del inversor 44 y la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36 obtenida en el paso S22, sea menor que cero, por otra parte, la unidad de control 20 da entrada al SOC de la batería 40 medido mediante el sensor 42 del SOC (paso S32), de la misma manera que en el procesado del paso S24, y determina si la entrada del SOC es, o no, menor que el 100% (paso S34). Cuando la entrada del SOC es menor que el 100%, el programa determina que la batería 40 tiene todavía un margen de acomodación de más potencia eléctrica, y procede al procesado del paso S36 y siguientes. Cuando la entrada del SOC es igual al 100%, por otra parte, el programa determina que la batería 40 no tiene margen alguno de acomodación de más potencia eléctrica, y procede al procesado del paso S42 y siguientes.

50

En el caso de que la entrada del SOC sea menor que el 100%, de la misma manera que en el procesado del paso S26 la unidad de control 20 lee la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente a la entrada del SOC y determina el voltaje de salida requerido para la batería 40 de la diferencia entre la salida requerida del inversor 44 y la potencia eléctrica de salida de la pila de combustible 36 obtenida en el paso S22, en base a la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida leída de salida (paso S36).

55

En un ejemplo concreto, como se ha descrito en lo que antecede, cuando la curva característica G3 es leída como la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente a la entrada del SIC, la unidad de control 20 calcula un punto en donde el producto del voltaje de salida por la corriente eléctrica de salida es sustancialmente igual a la diferencia entre la salida requerida del inversor 44 y la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36 en la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida G3 leída de salida. A diferencia del procesado del paso S26, puesto que la diferencia entre la salida requerida del inversor 44 y la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36 es menor que cero (es decir, que es negativa), el procesado del paso

60

## ES 2 318 894 T3

S36 calcula el punto en donde el producto del voltaje de salida y la corriente eléctrica de salida (es decir, la potencia eléctrica de salida de la batería 40) es negativo. La expresión de que la salida de potencia eléctrica de la batería es negativa significa que la potencia eléctrica se acumula en la batería 40. Como se ha ilustrado en la Fig. 4, el voltaje de salida de la batería 40 no toma valor alguno negativo, de modo que el procesado calcula el punto de la corriente eléctrica de salida negativa.

Se ha supuesto aquí que el punto calculado es Pr representado en la Fig. 4. Entonces se determina un voltaje de salida Vr de la batería 40 en el punto calculado Pr como el voltaje de salida requerido para la batería 40.

La unidad de control 20 controla a continuación el convertidor 38 de c.c.-c.c. y regula con ello el voltaje de salida del convertidor 38 de c.c.-c.c. para el voltaje de salida determinado en el paso S36 (paso S38). Tal regulación hace que el voltaje de salida de la batería 40 sea igual al voltaje de salida determinado en el paso S26, y la potencia eléctrica se acumula en la batería 40. Es decir, que este proceso de control hace que la potencia eléctrica sea tomada de las pilas de combustible 36 y hace posible que la potencia eléctrica correspondiente al valor absoluto de la diferencia entre la salida requerida del inversor 44 y la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36, obtenida en el paso S22, tomada de la potencia eléctrica de salida total, se acumule en la batería 40.

La unidad de control 20 controla entonces al inversor 44, para así hacer que el motor 46 consuma por medio del inversor 44 la potencia eléctrica correspondiente a la salida requerida del inversor 44, calculada en el paso S12. La potencia eléctrica correspondiente a la salida requerida calculada del inversor 44 (es decir, la potencia eléctrica residual que no ha sido acumulada en la batería 40), tomada de la potencia eléctrica total de las pilas de combustible 36, es suministrada en consecuencia al inversor 44 y consumida por el motor 46 (paso S40).

La unidad de control 20 controla el convertidor 38 de c.c.-c.c. y el inversor 44, de la manera expuesta en lo que antecede, para así hacer posible que la potencia eléctrica de salida estimada en el paso S20 sea tomada de las pilas de combustible 36, las cuales son activadas en el punto de trabajo del máximo rendimiento de la conversión de energía.

En el caso de que la entrada del SOC sea igual al 100%, por otra parte, la unidad de control 20 lee la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente al SOC=100%, y determina el voltaje de salida requerido para la batería 40 en el caso de que la potencia eléctrica de salida de la batería 40 sea igual a cero, en base a la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida leída de salida (paso S42).

En el ejemplo de la Fig. 4, la curva característica G5 representa la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente al SOC=100%, y se lee aquí de salida. La unidad de control 20 calcula en consecuencia un punto en donde la potencia eléctrica de salida de la batería 40 (es decir, el producto del voltaje de salida por la corriente eléctrica de salida) sea igual a cero en la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida G5 leída de salida. Puesto que el voltaje de salida de la batería 40 no toma valor alguno negativo, como se ha ilustrado en la Fig. 4, la unidad de control 20 calcula el punto en donde la corriente eléctrica de salida es igual a cero.

En el ejemplo de la Fig. 4, en un punto Ps la potencia eléctrica de salida de la batería 40 es igual a cero. En consecuencia, se determina un voltaje de salida Vs de la batería 40 en el punto Ps como el voltaje de salida requerido para la batería 40.

La unidad de control 20 controla a continuación el convertidor 38 de c.c.-c.c., y regula con ello el voltaje de salida del convertidor 38 de c.c.-c.c. al voltaje de salida determinado en el paso S42 (paso S44). Tal regulación hace que el voltaje de salida de la batería 40 sea igual al voltaje de salida determinado en el paso S42. La potencia eléctrica de salida de la batería 40 es en consecuencia igual a cero. La potencia eléctrica de salida no es ni dada de salida de la batería 40 ni acumulada en la batería 40.

La unidad de control 20 controla entonces al inversor 44, para así hacer que el motor 46 consuma por medio del inversor 44 la potencia eléctrica correspondiente a la salida requerida del inversor 44 calculada en el paso S12. La potencia eléctrica correspondiente a la salida requerida del inversor 44 es en consecuencia tomada de las pilas de combustible 36 y suministrada al inversor 44, para que sea consumida por el motor 46 sin que se acumule en la batería 40 (paso S46).

En este caso, la potencia eléctrica tomada de salida de las pilas de combustible 36 corresponde a la salida requerida del inversor 44, y puede no ser coincidente con la potencia eléctrica de salida estimada en el paso S20. Hay, en consecuencia, una posibilidad razonable de que las pilas de combustible 36 sean activadas en un punto de trabajo distinto al punto de trabajo especificado en el paso S18.

La anterior descripción no se refiere específicamente al procedimiento de control ejecutado por la unidad de control 20 para controlar la bomba 26. La unidad de control 20 controla la bomba 26 de acuerdo con cualquiera de los siguientes procedimientos para ajustar las cantidades de combustible suministradas a la unidad reformadora 28. Por ejemplo, la unidad de control 20 regula las cantidades de combustible suministradas a la unidad reformadora 28 de acuerdo con el valor medio de la potencia eléctrica de salida real del inversor 44 al motor 46 en los varios últimos segundos. En otros ejemplos, las cantidades de combustible se regulan de acuerdo con el recorrido del acelerador (es decir, con la salida requerida del inversor 44), o bien de acuerdo con el SOC de la batería 40. Las cantidades de

## ES 2 318 894 T3

combustible pueden regularse mediante una combinación de los mismos. Según otro procedimiento, se controla la bomba 26 para simplemente suministrar cantidades fijas de combustible a la unidad reformadora 28.

5 Como se ha descrito en lo que antecede, la técnica de la realización hace posible que las pilas de combustible 36 sean activadas en el punto de trabajo de máximo rendimiento de la conversión de energía en un caso que no sea el de la operación del paso S46. Esta disposición aumenta preferiblemente el rendimiento de la conversión de energía de las pilas de combustible 36 y mejora por consiguiente todo cuanto es posible tanto el rendimiento de la generación de energía como el factor de utilización del gas de las pilas de combustible.

10 El presente invento no queda limitado a la anterior realización ni a sus modificaciones, sino que puede haber otras muchas modificaciones, cambios y alteraciones, sin rebasar el alcance ni desviarse del espíritu de las características principales del presente invento.

15 En la disposición de la realización descrita en lo que antecede, los datos que representan las curvas características de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida para los respectivos caudales de gas como parámetros en las pilas de combustible 36 se almacenan de antemano en la ROM 20b incluida en la unidad de control 20. La unidad de control 20 lee la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondiente al caudal de gas de entrada, y calcula el punto específico de máximo rendimiento de la conversión de energía de las pilas de combustible 36 en la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida leída de salida. La unidad de control 20 especifica entonces el punto específico calculado como punto de trabajo de las pilas de combustible 36 y estima la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36 que son activadas en el punto de trabajo especificado. La técnica del presente invento no queda sin embargo limitada a esta disposición. De acuerdo con una disposición modificada, los datos que representan los puntos de máximo rendimiento de la conversión de energía en las curvas características de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida correspondientes a los respectivos caudales de gas se almacenan de antemano en la ROM 20b incluida en la unidad de control 20. En este caso, la unidad de control 20 lee el punto del máximo rendimiento de la conversión de energía correspondiente al caudal de gas de entrada de la ROM 20b en la unidad de control 20. De acuerdo con otra disposición modificada, los datos que representan las potencias eléctricas de salida de las pilas de combustible 36 que son activadas en los punto de trabajos de máximo rendimiento de la conversión de energía correspondientes a los respectivos caudales de gas, son almacenados de antemano en la ROM 20b incluida en la unidad de control 20. En este caso, la unidad de control 20 lee la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible 36 correspondiente al caudal de gas de entrada de la ROM 20b en la unidad de control 20.

35 Como se ha descrito en lo que antecede, los datos que representan el punto del máximo rendimiento de la conversión de energía y los datos que representan la potencia eléctrica de salida de las pilas de combustible que son activadas en el punto de trabajo de máximo rendimiento de la conversión de energía, son almacenados en la ROM 20b incluida en la unidad de control 20. Esta disposición alivia deseablemente la carga del procesado ejecutado por la unidad de control 20.

40 En la realización considerada en lo que antecede, los suministros de metanol y de agua son alimentados como combustible 24 a la unidad reformadora 28. La técnica del presente invento, sin embargo, no queda limitada a ese combustible, sino que se puede sustituir el metanol por metano, etanol, gas natural, gasolina, y aceite ligero.

### **Aplicabilidad industrial**

45 La técnica del presente invento no queda limitada a los vehículo eléctricos con el sistema de pilas de combustible montado en los mismos, sino que es aplicable industrialmente a cualquier otro medio de transporte con el sistema de pilas de combustible montado en el mismo, por ejemplo, a vehículos, barcos y aviones, y a cualquier equipo eléctrico comercial y doméstico al que se aplique el sistema de pilas de combustible.

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

5 1. Un sistema de pilas de combustible que tiene pilas de combustible (36, 136), las cuales reciben un suministro de un gas y generan potencia eléctrica, y que suministran la potencia eléctrica generada a una carga (46, 146), comprendiendo dicho sistema de pilas de combustible:

10 una unidad (32, 34) de medición de una cantidad que está en relación con el caudal de gas, que mide una cantidad que está en relación con el caudal de gas, la cual guarda relación con un caudal del gas suministrado a dichas pilas de combustible, y estando **caracterizado** el sistema porque comprende, además

15 una unidad de control (20, 120) que especifica un punto de trabajo asociado con una curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de dichas pilas de combustible correspondiente a la cantidad que está en relación con el caudal de gas observado, y que regula la potencia eléctrica a ser tomada de dichas pilas de combustible (36, 136) para así hacer que dichas pilas de combustible sean activadas en el punto de trabajo especificado.

20 2. Un sistema de pilas de combustible de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una batería secundaria (40, 140), la cual acumula en la misma la potencia eléctrica y da salida a la potencia eléctrica acumulada, suministrando dicho sistema de pilas de combustible al menos una de la potencia eléctrica generada por dichas pilas de combustible (36, 136) y la salida de potencia eléctrica de dicha batería secundaria (40, 140) a una carga (46, 146) en que la unidad de control (20, 120) determina una cantidad de potencia eléctrica a ser tomada de dichas pilas de combustible, que se requiere para activar dichas pilas de combustible en el punto de trabajo especificado, así como una cantidad de potencia eléctrica a ser suministrada a la carga, y regula al menos una de la potencia eléctrica a ser dada de salida de dicha batería secundaria/40, 140) y la potencia eléctrica a ser acumulada en dicha batería secundaria, en base a las dos cantidades d potencia eléctrica así determinadas.

25 3. Un sistema de pilas de combustible de acuerdo con la reivindicación 2, comprendiendo además dicho sistema de pilas de combustible un sensor (42) del estado de carga que mide un estado de carga de dicha batería secundaria (40, 140),

30 en que dicha unidad de control (20, 120) regula al menos una de la potencia eléctrica a ser dada de salida de dicha batería secundaria y la potencia eléctrica a ser acumulada en dicha batería secundaria, en base al estado de carga observado, además de las dos cantidades de potencia eléctrica determinadas.

35 4. Un sistema de pilas de combustible de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicha unidad de control (20, 120) especifica un punto de máximo rendimiento de la conversión de energía en la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida como el punto de trabajo.

40 5. Un sistema de pilas de combustible de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además:

un sensor del flujo como unidad (32, 34) de medición de la cantidad que guarda relación con el caudal de gas, que mide un caudal de al menos uno del combustible gaseoso y el gas oxidante suministrados a dichas pilas de combustible (36, 136);

45 un sensor (42) del estado de carga que mide un estado de carga (SOC) de dicha batería secundaria (40, 140);

un inversor (44, 144) que recibe un suministro de energía eléctrica desde al menos una de dichas pilas de combustible y de dicha batería secundaria para accionar un motor (46, 146);

50 un convertidor (38) que varía una salida de voltaje desde dichas pilas de combustible y aplica el voltaje hecho variar en paralelo a dicha batería secundaria y a dicho inversor; y

55 en que la unidad de control (20, 120) determina además una cantidad de potencia eléctrica a ser suministrada a dicho inversor (44, 144) en base a la información externa, y regula la salida de voltaje desde dicho convertidor (32), en base a las dos cantidades de potencia eléctrica así determinadas y al estado de carga observado.

60 6. Un método de control de un sistema de pilas de combustible que comprende pilas de combustible que reciben un suministro de un gas y generan potencia eléctrica, comprendiendo dicho método los pasos de:

(a) medir una cantidad (514) que guarda relación con el caudal de gas, la cual guarda relación con un caudal del gas suministrado a dichas pilas de combustible;

65 (b) especificar un punto de trabajo (516, 518) asociado con una curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida de dichas pilas de combustible (36, 136) correspondiente a la cantidad que guarda relación con el caudal de gas observado; y

(c) regular la potencia eléctrica (528, 538, 544) a ser tomada de dichas pilas de combustible, para así hacer que dichas pilas de combustible sean activadas en el punto de trabajo especificado.

## ES 2 318 894 T3

7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el sistema comprende además una batería secundaria (40, 140), la cual acumula en la misma potencia eléctrica y da salida a la potencia eléctrica acumulada, comprendiendo además dicho método los pasos de:

5 (c) determinar una cantidad (520) de potencia eléctrica a ser tomada de salida de dichas pilas de combustible, la cual se requiere para activar dichas pilas de combustible (36, 136) en el punto de trabajo especificado, así como una cantidad de potencia eléctrica a ser suministrada a la carga (46, 146); y

10 (d) regular al menos una de la potencia eléctrica (528, 536, 544) a ser dada de salida de dicha batería secundaria (40, 140) y la potencia eléctrica a ser acumulada en dicha batería secundaria, en base a las dos cantidades de potencia eléctrica así determinadas.

8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, comprendiendo además dicho método el paso de:

15 (e) medir un estado de carga (524, 532) de dicha batería secundaria (40, 140),

20 en que dicho paso (d) comprende el paso de regular al menos una de la potencia eléctrica a ser dada de salida de dicha batería secundaria y la energía eléctrica a ser acumulada en dicha batería secundaria, en base al estado de carga observado además de las dos cantidades de potencia eléctrica determinadas.

9. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que dicho paso (b) comprende el paso de especificar un punto de máximo rendimiento de la conversión de energía en la curva característica de corriente eléctrica de salida - voltaje de salida como el punto de trabajo.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

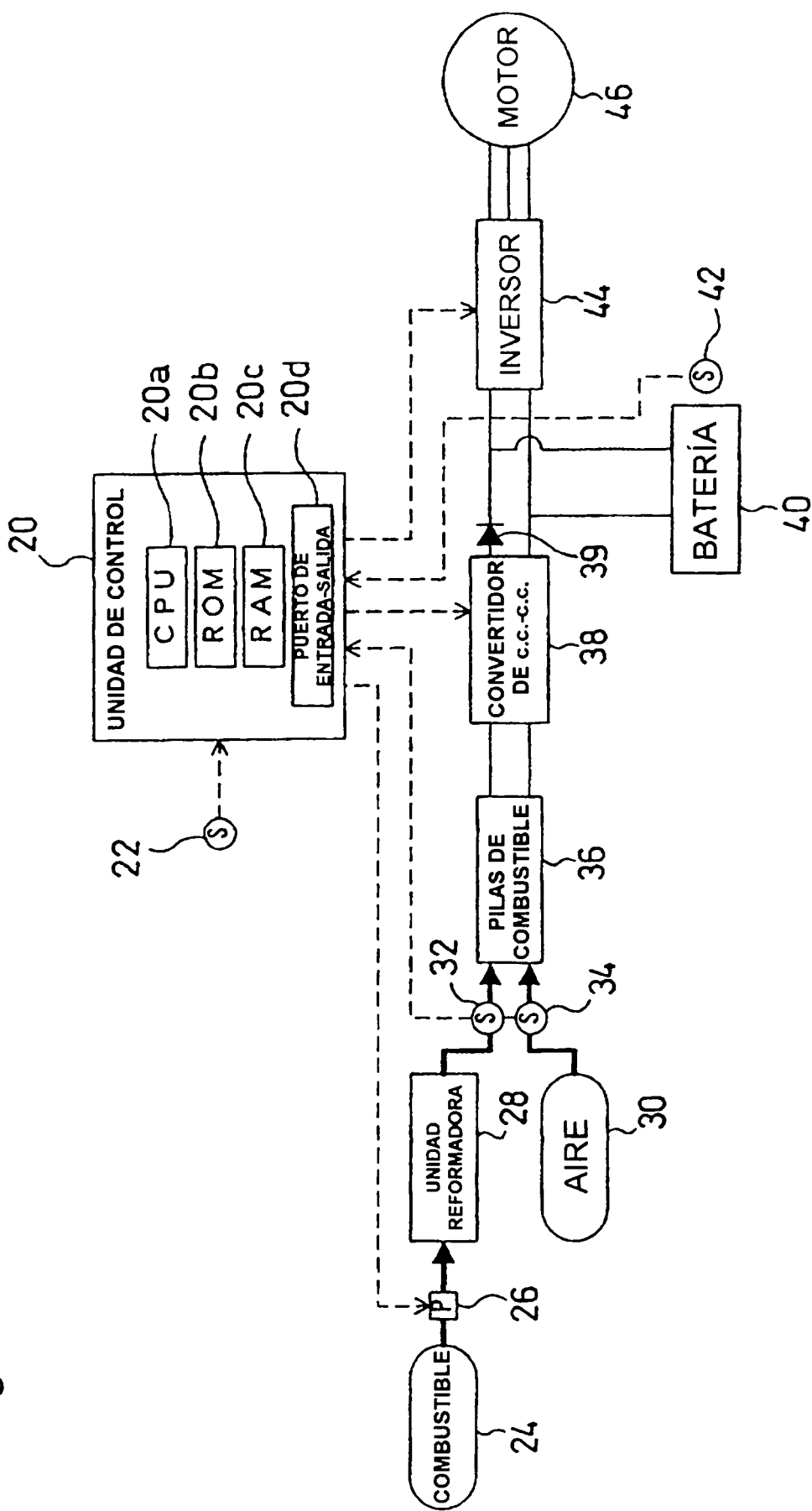


Fig. 2

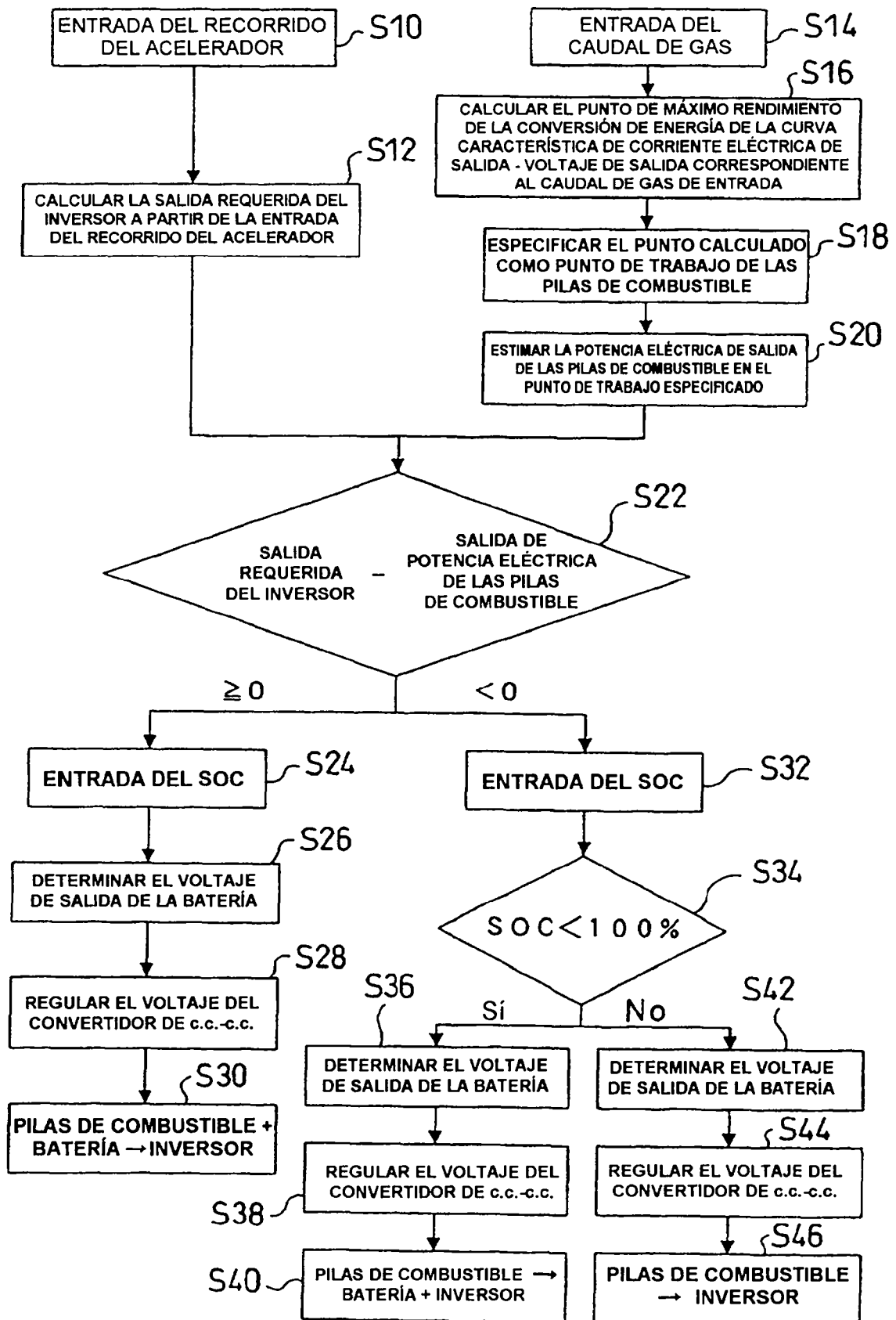


Fig. 3

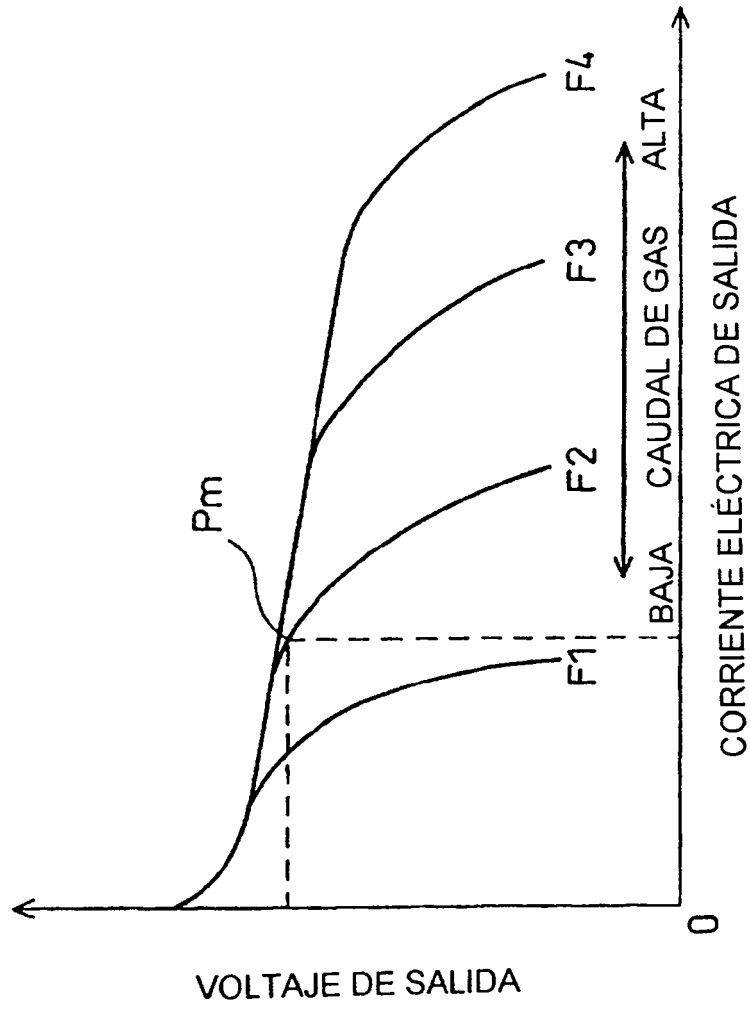


Fig. 4

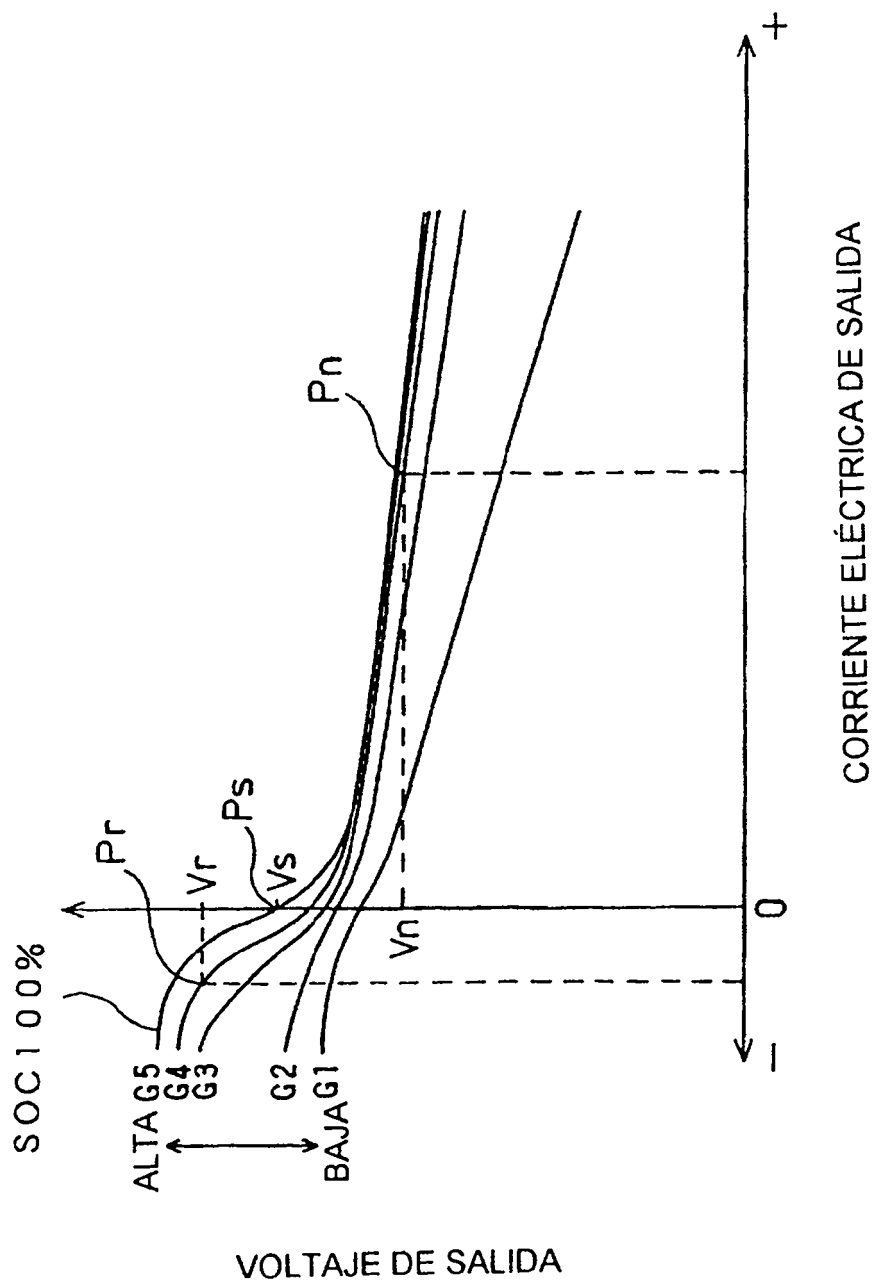


Fig. 5

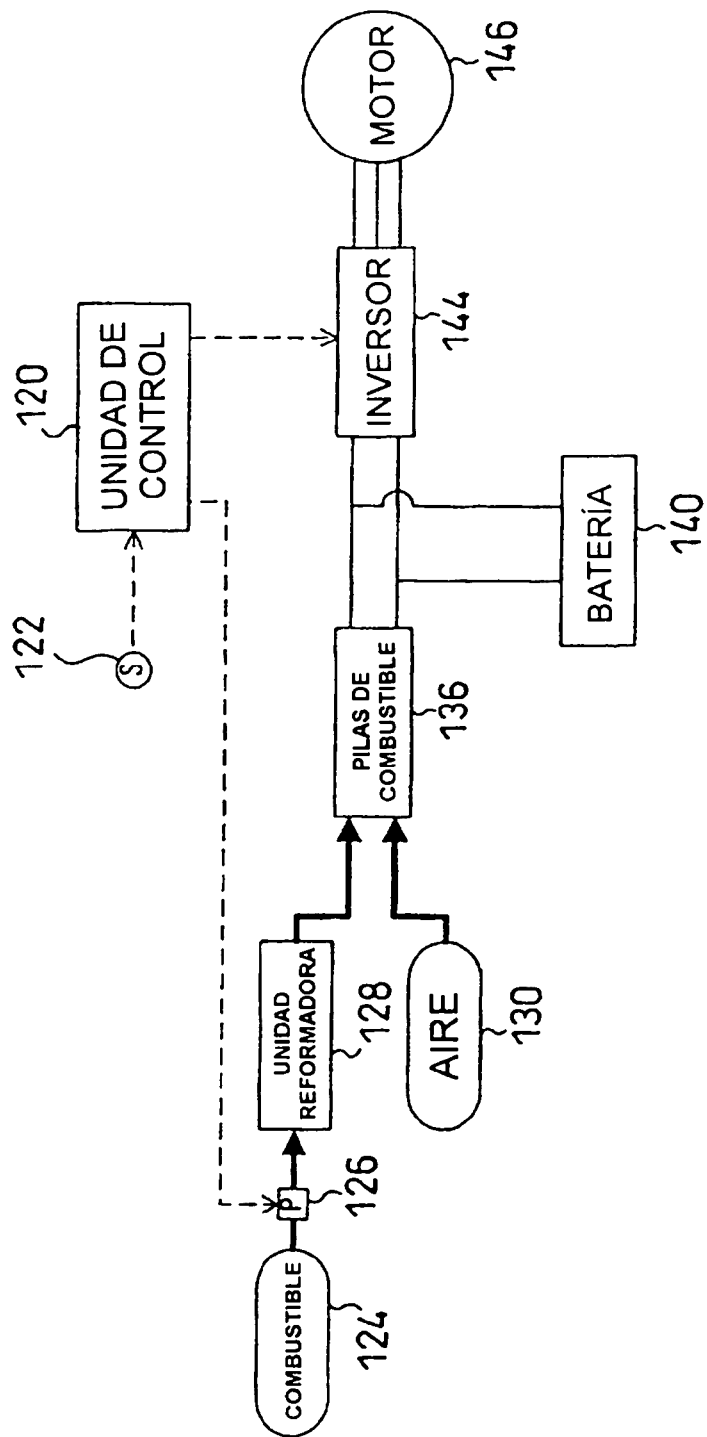


Fig. 6

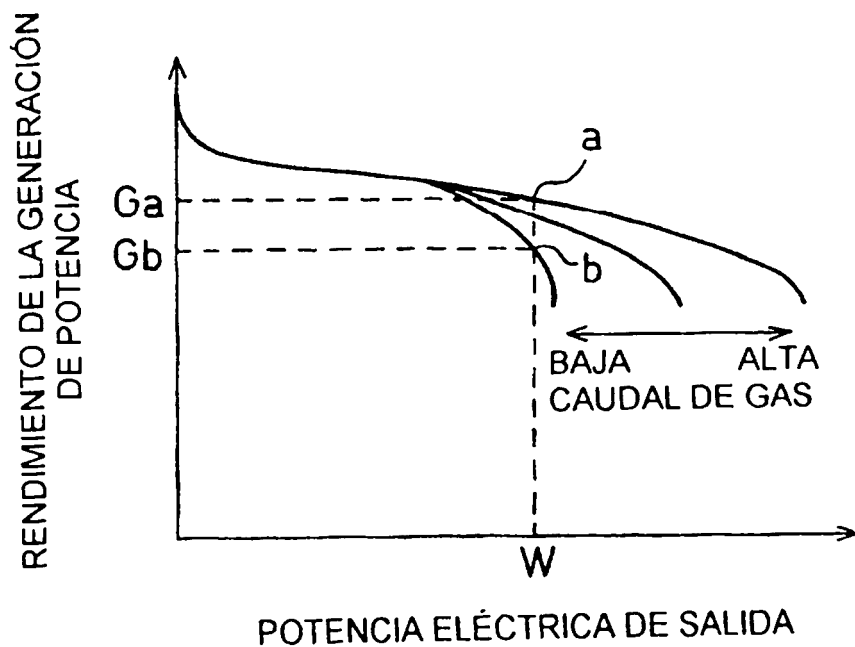


Fig. 7

