

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 652**

51 Int. Cl.:

**H01M 8/04** (2006.01)

**H01M 8/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.08.2012 PCT/IB2012/001489**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2013 WO13017940**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2012 E 12761801 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 2740174**

54 Título: **Sistema de células de combustible**

30 Prioridad:

**03.08.2011 IN 2658CH2011**

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

**17.04.2019**

73 Titular/es:

**TVS MOTOR COMPANY LIMITED (100.0%)  
Jayalakshmi Estate 24 (Old No 8) Haddows Road  
Chennai 600 006, IN**

72 Inventor/es:

**KONAGANTI, VINOD, KUMAR;  
GEDDADI, KRISHNAMOHAN y  
KHINAGAR, SAMRAJ, JABEZ**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 709 652 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 células de combustible

### Campo técnico

5 El objeto tal como se describe en el presente documento se refiere, de manera general, a células de combustible y, en particular, se refiere a sistemas de células de combustible de óxido sólido.

### Antecedentes

10 Una célula de combustible es un dispositivo electroquímico que genera corriente eléctrica mediante la combinación electroquímica de hidrógeno y oxígeno. La célula de combustible se considera como una fuente de energía prometedora debido a alta eficiencia, respeto medioambiental, flexibilidad para usar diferentes combustibles como una fuente de hidrógeno y modularidad. Los hidrocarburos se conocen como una buena fuente de hidrógeno y se usan generalmente para obtener hidrógeno para actuar como combustible para la reacción en las células de combustible. Durante el funcionamiento, las células de combustible consumen hidrógeno y oxígeno, producen electricidad y liberan agua y oxígeno sin utilizar como gases de escape.

15 Tradicionalmente, se han desarrollado sistemas de células de combustible para la generación de energía a partir de células de combustible a una escala utilizable. Un sistema de células de combustible incluye habitualmente una pluralidad de células de combustible conectadas entre sí para funcionar como una única unidad, denominada pila de células de combustible. El sistema de células de combustible incluye además un reformador que puede albergar una reacción de reformado de un compuesto hidrocarbonado y producir hidrógeno. El reformador está conectado a la pila de células de combustible para suministrar hidrógeno a la pluralidad de células de combustible para su funcionamiento. La reacción de reformado es habitualmente una reacción de reformado con vapor y el vapor necesario para el reformado con vapor del compuesto hidrocarbonado se suministra mediante un depósito.

20 Durante la reacción de reformado en el reformador, se produce monóxido de carbono como un subproducto junto con hidrógeno. El monóxido de carbono provoca la coquización en la pila de células de combustible, reduciendo de ese modo la eficiencia operacional de la célula de combustible. El sistema de células de combustible convencional incluye un sistema para tratar monóxido de carbono y reducir la coquización. Por ejemplo, en determinados casos, el sistema de células de combustible incluye un oxidador para oxidar el monóxido de carbono para dar dióxido de carbono. Por ejemplo, la patente estadounidense n.º 6.649.292 (a continuación en el presente documento Norbert) describe una unidad de reactor conectada aguas abajo del reformador y esta unidad de reactor oxida el monóxido de carbono para dar dióxido de carbono mientras se añade agua por medio de una denominada reacción de conversión tras lo cual se libera a su vez hidrógeno.

### Sumario

35 En el presente documento se describen un sistema de células de combustible de óxido sólido, un dispositivo de control para controlar el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido y un método para controlar el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido. En una realización, el sistema de células de combustible de óxido sólido incluye una pila de células de combustible que tiene un colector anódico y un colector catódico. El sistema de combustible incluye además un aparato de alimentación de combustible anódico conectado por conexión de fluido a la pila de células de combustible. El aparato de alimentación de combustible anódico tiene un reformador conectado al colector anódico de la pila de células de combustible. El reformador obtiene gases de escape del ánodo desde el colector anódico para reformar un compuesto hidrocarbonado para producir un combustible anódico intermedio. El aparato de alimentación de combustible anódico incluye además un reactor de conversión de gas de agua conectado al colector anódico y conectado al reformador. El reactor de conversión de gas de agua obtiene el combustible anódico intermedio desde el reformador y obtiene los gases de escape del ánodo desde el colector anódico para producir un combustible anódico. Además, el reactor de conversión de gas de agua suministra el combustible anódico al colector anódico.

45 Estas y otras características, aspectos y ventajas del presente objeto se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Este sumario se proporciona para introducir una selección de conceptos en una forma simplificada. No se pretende que este sumario identifique características clave o características esenciales del objeto reivindicado, ni se pretende que se use para limitar el alcance del objeto reivindicado.

### 50 Breve descripción de dibujos

La descripción detallada se describe con referencia a las figuras adjuntas. En las figuras, el/los dígito(s) más a la izquierda de un número de referencia identifican la figura en la que aparece por primera vez el número de referencia. Los mismos números se usan a lo largo de todos los dibujos para hacer referencia a características y componentes similares.

55 La figura 1 ilustra un sistema de células de combustible de óxido sólido, según una realización del presente objeto.

La figura 2 ilustra un dispositivo de control para controlar el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido, según una realización del presente objeto.

La figura 3 ilustra un método para controlar el funcionamiento de un sistema de células de combustible de óxido sólido, según una implementación del presente objeto.

## 5 Descripción detallada

El presente objeto se refiere a un sistema de células de combustible de óxido sólido de óxido sólido y a un dispositivo de control para regular el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido.

Una célula de combustible incluye habitualmente un cátodo, un ánodo y un electrolito entre el cátodo y el ánodo. Habitualmente, se hacen pasar hidrógeno y oxígeno sobre el ánodo y el cátodo, respectivamente, para llevar a cabo reacciones de oxidación y reducción dentro de la célula de combustible y para generar corriente eléctrica. Una única célula de combustible genera una tensión de aproximadamente 1 voltio y una potencia eléctrica en el intervalo de 0,5 a 2 vatios por centímetro cuadrado de superficie de la célula de combustible. Convencionalmente, los sistemas de células de combustible incorporan una pluralidad de células de combustible conectadas en serie para formar una pila de células de combustible para generar energía eléctrica utilizable. El hidrógeno se hace pasar sobre el ánodo de la pila de células de combustible y el oxígeno se hace pasar sobre el cátodo de la pila de células de combustible para llevar a cabo las reacciones de conversión.

El sistema de células de combustible incluye además un reformador conectado a la pila de combustible, en la que se usan hidrocarburos como la fuente de hidrógeno. El reformado de un compuesto hidrocarbonado se lleva a cabo en el reformador en presencia de vapor, y el hidrógeno y el monóxido de carbono producidos como resultado de la reacción de reformado, se suministran a la pila de células de combustible.

Cuando se suministra monóxido de carbono junto con el hidrógeno a la pila de células de combustible, provoca deposición de carbono en los electrodos de la pila de células de combustible. Debido a la deposición de carbono en la pila de células de combustible, el funcionamiento de la pila de células de combustible puede verse afectado de manera adversa y la capacidad de generación de energía eléctrica de la pila de células de combustible se reduce. Tradicionalmente, para superar el problema de deposición de carbono, la pila de células de combustible se dota de un sistema auxiliar para tratar el monóxido de carbono antes de que el monóxido de carbono entre en la pila de células de combustible. En un ejemplo, el sistema auxiliar puede ser un oxidador para oxidar monóxido de carbono para dar dióxido de carbono, el cual no provoca deposición de carbono dentro de la pila de células de combustible. Sin embargo, dichos sistemas auxiliares aumentan el coste de la pila de células de combustible. Además, en determinados casos, los sistemas auxiliares puede que no puedan tratar todo el monóxido de carbono y el problema de deposición de carbono puede persistir, pese a la presencia de los sistemas auxiliares en la pila de células de combustible.

Además, el sistema de células de combustible puede incluir también otros componentes, tales como válvulas de control del flujo para controlar el flujo en diversas partes del sistema de células de combustible y elementos de calentamiento para proporcionar calentamiento en diferentes partes del sistema de células de combustible. Por ejemplo, el sistema de células de combustible puede incluir diversas válvulas para controlar el flujo de compuesto hidrocarbonado al reformador, el flujo de hidrógeno a la pila de células de combustible y el flujo de oxígeno a la célula de combustible. El sistema de células de combustible puede incluir también un elemento de calentamiento para precalentar el aire o el oxígeno alimentado a la pila de células de combustible. Estos y otros componentes del sistema de células de combustible aumentan la complejidad del sistema de células de combustible y habitualmente implican rígidas restricciones de funcionamiento. Por lo tanto, el control de dichos componentes es difícil.

El presente objeto describe un sistema de células de combustible y un dispositivo de control para hacer funcionar el sistema de células de combustible de óxido sólido. Según una realización, el sistema de células de combustible de óxido sólido incluye una pluralidad de células de combustible conectadas en serie para formar una pila de células de combustible. En un ejemplo, las células de combustible pueden ser células de combustible de óxido sólido. La conexión de las células de combustible para formar una pila puede llevarse a cabo de un modo tal que los ánodos de las células de combustible se conectan entre sí para formar un colector anódico y los cátodos se conectan para formar un colector catódico de la pila de células de combustible.

Según una realización, el sistema de células de combustible de óxido sólido contiene además un aparato de alimentación de combustible anódico conectado al colector anódico de la pila de células de combustible. El aparato de alimentación de combustible anódico incluye un reformador y un reactor de conversión de gas de agua (WGS). El reformador está configurado para llevar a cabo un reformado de hidrocarburos en el mismo. Un depósito de hidrocarburos está conectado al reformador para suministrar un compuesto hidrocarbonado al reformador. El compuesto hidrocarbonado puede incluir hidrocarburos, tales como parafinas, naftenos, olefinas y arenos y derivados hidrocarbonados, tales como alcoholes, ésteres y ácidos carboxílicos o una mezcla de los mismos. En un ejemplo, se suministran hidrocarburos gaseosos al reformador. Además, el depósito de hidrocarburos puede conectarse al reformador a través de una válvula de derivación y un desulfurante. El desulfurante está configurado para retirar contenidos de azufre del compuesto hidrocarbonado antes de que se alimente el compuesto

hidrocarbonado al reformador.

En una implementación, el reformador está configurado para llevar a cabo un reformado con vapor del compuesto hidrocarbonado. En una reacción de reformado de este tipo, se usa vapor como un medio de reformado. En un ejemplo, se presurizan una mezcla del compuesto hidrocarbonado y agua y se calientan hasta una temperatura en el intervalo de aproximadamente 500°C a 600°C para llevar a cabo el reformado del compuesto hidrocarbonado.

Como resultado del reformado del compuesto hidrocarbonado, se produce un combustible anódico intermedio en el reformador. En un ejemplo, el combustible anódico intermedio incluye una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono. El combustible anódico intermedio se suministra además al reactor WGS en el que el monóxido de carbono se convierte en dióxido de carbono siguiendo una reacción de conversión de gas de agua en presencia de agua. En un ejemplo, la reacción de conversión de gas de agua se lleva a cabo en el reactor WGS a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 350°C a 400°C.

Junto con la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono, se produce hidrógeno adicional como resultado de la reacción de conversión de gas de agua. Por tanto, se obtiene una mezcla del hidrógeno en el combustible anódico intermedio, el hidrógeno adicional producido en el reactor WGS y dióxido de carbono, del aparato de alimentación de combustible anódico. La mezcla se denomina combustible anódico y se suministra al colector anódico durante el funcionamiento de la pila de células de combustible. Durante el funcionamiento, en un ejemplo, el hidrógeno en el combustible anódico se oxida para dar agua para producir energía eléctrica. Además, el agua producida como resultado de la reacción está a alta temperatura en el intervalo de aproximadamente 600°C a 800°C y se libera como gases de escape del ánodo.

Además, al colector catódico de la pila de células de combustible se le suministra combustible catódico mediante un aparato de alimentación de combustible catódico durante el funcionamiento de la pila de células de combustible. En una realización, el aparato de alimentación de combustible catódico incluye un filtro y un soplador. El combustible catódico, tal como aire, se aspira de la atmósfera mediante el soplador, se filtra mediante el filtro, se precalienta hasta una temperatura de aproximadamente 500°C, y entonces se suministra al colector catódico. El oxígeno en el aire se utiliza en la reacción en el colector catódico, en tándem con la reacción en el colector anódico, para producir energía eléctrica, y se libera el aire no usado desde el colector catódico como gases de escape del cátodo.

El sistema de células de combustible de óxido sólido incluye además un conjunto recuperador conectado a la pila de células de combustible para recibir gases de escape del cátodo y del ánodo de la pila de células de combustible. Una línea de suministro del aparato de alimentación de combustible catódico, que lleva el combustible catódico hacia el colector catódico de la pila de células de combustible, también pasa a través del conjunto recuperador. En una implementación, el conjunto recuperador sirve como un economizador en el sistema de células de combustible de óxido sólido. El conjunto recuperador, en dicha implementación, incluye un intercambiador de calor, en el que el calor de los gases de escape del ánodo y de los gases de escape del cátodo se usa para calentar el combustible catódico que entra al aparato de alimentación de combustible catódico.

Según un aspecto del objeto, el sistema de células de combustible de óxido sólido está configurado para funcionar en dos modos, a saber, modo de arranque y modo normal. Durante el modo de arranque, el aparato de alimentación de combustible anódico y el aparato de alimentación de combustible catódico funcionan con un suministro externo de energía y reactantes. Por ejemplo, durante el modo de arranque, un calentador de combustible catódico en el aparato de alimentación de combustible catódico precalienta el combustible catódico a la temperatura predeterminada antes de alimentarse a la pila de células de combustible. Además, en el modo de arranque, el aparato de alimentación de combustible anódico recibe el suministro de vapor desde un sistema de arranque de alimentación de combustible anódico. En el modo de arranque, el sistema de arranque de alimentación de combustible anódico proporciona suministro de vapor al reformador y al reactor WGS para su funcionamiento.

Por otro lado, en el modo normal el sistema de células de combustible de óxido sólido entra en un modo sustancialmente autosostenido en lo que respecta a suministro de energía externo y suministro de vapor. Durante el modo normal, se apagan sistemas auxiliares, tales como el sistema de arranque de alimentación de combustible anódico, del sistema de células de combustible de óxido sólido. Según una implementación, durante el modo normal de funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido, el sistema de alimentación de combustible anódico recibe una primera parte de los gases de escape del ánodo directamente desde la pila de células de combustible. La primera parte de los gases de escape del ánodo sirve como el medio de reformado para reformar el hidrocarburo en el reformador. Como se mencionó anteriormente, el resto de los gases de escape del ánodo se suministran al conjunto recuperador. Los gases de escape del ánodo que entran al conjunto recuperador se enfrían mediante el combustible catódico que entra al aparato de alimentación de combustible catódico. Durante el modo normal, una parte de los gases de escape del ánodo enfriados, denominados una segunda parte de gases de escape del ánodo, se suministra desde el conjunto recuperador hasta el reactor WGS para llevar a cabo la reacción de conversión de gas de agua en el reactor WGS. Además, durante el modo normal de funcionamiento, basándose en las temperaturas de los gases de escape del ánodo y del cátodo, puede apagarse el calentador de combustible catódico. Durante tal funcionamiento, el combustible catódico en la línea de suministro del aparato de alimentación de combustible catódico, que pasa a través del conjunto recuperador, se calienta mediante gases de escape del ánodo y del cátodo en el conjunto recuperador.

Además, según una implementación, el sistema de células de combustible de óxido sólido incluye además un dispositivo de control configurado para controlar un funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido. En una implementación, una pluralidad de sensores, tales como sensores de temperatura y sensores de velocidad de flujo, están provistos en el sistema de células de combustible de óxido sólido, los cuales interactúan con el dispositivo de control y facilitan el control del funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido. Además, el dispositivo de control está configurado para regular el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido en el modo de arranque y en el modo normal.

Durante el funcionamiento, el dispositivo de control determina diversos parámetros relacionados con el funcionamiento de la pila de células de combustible, por ejemplo, a través de los diversos sensores en el sistema de células de combustible de óxido sólido. En un ejemplo, el dispositivo de control puede obtener detalles sobre parámetros operacionales del sistema de células de combustible de óxido sólido, tales como composición del compuesto hidrocarbonado, temperatura de la pila de combustible, temperatura del conjunto recuperador, velocidad de flujo de vapor al reformador y velocidad de flujo de vapor al reactor WGS. Además, basándose en la composición del compuesto hidrocarbonado y la carga conectada a la pila de células de combustible, el dispositivo de control puede determinar parámetros necesarios para el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido. En un ejemplo, los parámetros necesarios pueden incluir una velocidad de flujo del hidrocarburo umbral del compuesto hidrocarbonado que va a suministrarse al reformador, una velocidad de flujo del medio de reformado necesaria que va a suministrarse al reformador y al reactor WGS, y una velocidad de flujo de combustible catódico necesaria que va a suministrarse al colector catódico mediante el aparato de alimentación de combustible catódico.

Basándose en los parámetros operacionales del sistema de células de combustible de óxido sólido, el dispositivo de control puede regular el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido. En una implementación, basándose en la velocidad de flujo del hidrocarburo umbral, el dispositivo de control puede controlar el suministro del compuesto hidrocarbonado al reformador. Además, basándose en la presencia de azufre en el compuesto hidrocarbonado, el dispositivo de control puede regular y cerrar la válvula de derivación y hacer pasar el compuesto hidrocarbonado a través del desulfurante para retirar azufre del compuesto hidrocarbonado antes de que se alimente al reformador.

Además, basándose en la temperatura de la pila de combustible, el dispositivo de control puede determinar la temperatura de los gases de escape del ánodo y también determinar si el sistema de células de combustible de óxido sólido puede hacerse funcionar en el modo normal con respecto al suministro de vapor al aparato de alimentación de combustible anódico. Por ejemplo, si la temperatura de la pila de combustible es de aproximadamente 800°C, entonces el dispositivo de control apaga el sistema de arranque de alimentación de combustible anódico y una parte de los gases de escape del ánodo se alimenta directamente desde la pila de células de combustible hasta el reformador y el resto de los gases de escape del ánodo se alimentan al conjunto recuperador. Además, el dispositivo de control puede determinar una temperatura de los gases de escape del ánodo en una salida del conjunto recuperador, y si la temperatura es aproximadamente la temperatura de funcionamiento del reactor WGS, por ejemplo, de aproximadamente 350°C a aproximadamente 400°C, entonces el dispositivo de control puede suministrar los gases de escape del ánodo que salen del conjunto recuperador al reactor WGS para llevar a cabo la reacción de conversión de gas de agua. De manera adicional, el dispositivo de control puede regular el flujo de los gases de escape del ánodo desde la pila de células de combustible y desde la salida del conjunto recuperador al reformador y al reactor WGS, respectivamente, basándose en la carga eléctrica en la pila de células de combustible.

En cambio, si la temperatura de la pila es sustancialmente menor que la temperatura predeterminada, el dispositivo de control puede hacer funcionar el aparato de alimentación de combustible anódico en el modo de arranque, regulando la temperatura de los elementos de calentamiento en las líneas de suministro desde el sistema de arranque de alimentación de combustible anódico al reformador y al reactor WGS, respectivamente. Además, el dispositivo de control puede controlar las válvulas en las líneas de suministro al reformador y al reactor WGS para regular la velocidad de flujo de vapor, basándose en la carga eléctrica en la pila de células de combustible.

Además, el dispositivo de control puede regular el aparato de alimentación de combustible catódico en un modo de arranque o en un modo normal. En una implementación, basándose en la temperatura de la pila de combustible y la temperatura del conjunto recuperador, el dispositivo de control puede determinar las temperaturas de los gases de escape del ánodo y los gases de escape del cátodo que entran al conjunto recuperador, y también una posible temperatura del combustible catódico que fluye hacia la pila de células de combustible a través del aparato de alimentación de combustible catódico. La posible temperatura del combustible catódico puede entenderse como la temperatura del combustible catódico que se logrará tras pasar a través del recuperador. Por ejemplo, si la temperatura de la pila de células de combustible está por debajo de 900°C o si la temperatura del conjunto recuperador está por debajo de 150°C, o si ambas condiciones son ciertas, entonces el dispositivo de control puede encender el calentador de combustible catódico para calentar el combustible catódico que entra a la pila de células de combustible desde el aparato de alimentación de combustible catódico, y por tanto, el aparato de alimentación de combustible catódico se hace funcionar en un modo de arranque. Por otro lado, si una o ambas de las dos condiciones son falsas, entonces el dispositivo de control puede apagar el calentador de combustible catódico y hacer funcionar el aparato de alimentación de combustible catódico en el modo normal.

El sistema de células de combustible de óxido sólido tal como se explicó anteriormente tiene la capacidad de usar diversos tipos de compuestos hidrocarbonados en el mismo sistema de células de combustible de óxido sólido. Como resultado, el sistema de células de combustible de óxido sólido también puede usar compuestos hidrocarbonados no convencionales basándose en su composición química. El dispositivo de control del sistema de células de combustible de óxido sólido puede mantener la temperatura de diversos componentes, tales como el reformador, el reactor WGS, el conjunto recuperador y la pila de células de combustible dentro de los límites, y por tanto, evitar el daño de los componentes. En consecuencia, se potencia la vida útil de los componentes y del sistema de células de combustible de óxido sólido. Además, el dispositivo de control puede configurarse para controlar las velocidades de flujo del combustible anódico y del combustible catódico a la pila de células de combustible basándose en las necesidades de carga, y hacer funcionar la pila de células de combustible dentro de un régimen eficiente determinado basándose, por ejemplo, en una curva de polarización del tipo de células de combustible usado en la pila de células de combustible. Además, el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido en dos modos de funcionamiento, a saber, modo de arranque y modo normal, proporciona flexibilidad y eficiencia al sistema de células de combustible de óxido sólido.

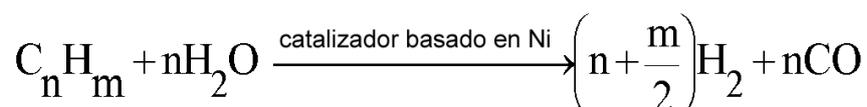
Estas y otras ventajas del presente objeto se describen en mayor detalle junto con las figuras.

La figura 1 ilustra un sistema de células de combustible de óxido sólido 100, según una realización del presente objeto. Según dicha realización, el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 puede incluir una pila de células de combustible 102, la cual puede, en una realización, estar formada por una única célula de combustible, o, en otra realización, estar formada por una pluralidad de células de combustible conectadas en serie. En el caso en el que la pila de células de combustible 102 incluye una pluralidad de células de combustible, las células de combustible están conectadas en serie, de tal manera que los ánodos de las células de combustible están conectados para formar un colector anódico 104 y los cátodos de las células de combustible están conectados para formar un colector catódico 106 de la pila de células de combustible 102. En un ejemplo, las células de combustible pueden ser una de una célula de combustible de óxido sólido, célula de combustible de ácido fosfórico, célula de combustible de membrana de intercambio protónico y célula de combustible alcalina. Con fines explicativos, se ha proporcionado la siguiente descripción con referencia a una célula de combustible de óxido sólido. Sin embargo, como resultará evidente para un experto en la técnica, el sistema puede adaptarse a cualquier tipo de célula de combustible, tal como célula de combustible de ácido fosfórico, célula de combustible de membrana de intercambio protónico y célula de combustible alcalina.

En una realización, el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 incluye además un aparato de alimentación de combustible anódico 108 y un aparato de alimentación de combustible catódico 110 conectados al colector anódico 104 y al colector catódico 106, respectivamente, de la pila de células de combustible 102. En una realización, el aparato de alimentación de combustible anódico 108 incluye un reformador 112 para llevar a cabo una reacción de reformado, en la que un compuesto hidrocarbonado se reforma para producir un combustible anódico intermedio. En una realización, el reformador 112 está conectado a un depósito de hidrocarburos 114. El depósito de hidrocarburos 114 sirve para almacenar y suministrar el compuesto hidrocarbonado al reformador 112. En una implementación, el depósito de hidrocarburos 114 incluye una bomba de fluido (no mostrada en la figura) para recoger y suministrar el compuesto hidrocarbonado desde el depósito de hidrocarburos 114 hasta el reformador 112. En una realización, el depósito de hidrocarburos 114 está conectado al reformador 112 a través de una válvula de derivación 116, un desulfurante 118 y una válvula de reformador 119.

La válvula de derivación 116 proporciona una trayectoria doble entre el depósito de hidrocarburos 114 y el reformador 112 de tal manera que, basándose en la composición del compuesto hidrocarbonado, el flujo del compuesto hidrocarbonado desde el depósito de hidrocarburos 114 hasta el reformador 112 puede proporcionarse o bien directamente o bien a través del desulfurante 118. El desulfurante 118 retira azufre del compuesto hidrocarbonado, si hay algo presente. Además, la válvula de reformador 119 regula el suministro del compuesto hidrocarbonado al reformador 112.

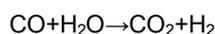
En un ejemplo, el reformador 112 es un reformador de vapor y el reformado del compuesto hidrocarbonado se lleva a cabo mediante tratamiento con vapor en presencia de un catalizador basado en níquel con promotores alcalinos u óxidos de metales alcalinos, para obtener el combustible anódico intermedio. La reacción de reformado que se produce en el reformador 112, según el ejemplo anterior, puede representarse mediante la siguiente ecuación:



En la relación anterior, el  $C_n H_m$  representa el compuesto hidrocarbonado que está reformándose en presencia de vapor para obtener el combustible anódico intermedio, que incluye principalmente hidrógeno y monóxido de carbono. El compuesto hidrocarbonado puede incluir hidrocarburos, tales como parafinas, naftenos, olefinas y arenos, y derivados hidrocarbonados, tales como alcoholes, ésteres y ácidos carboxílicos, o una mezcla de los mismos. En una implementación, el compuesto hidrocarbonado suministrado al reformador 112 es un compuesto hidrocarbonado gaseoso. Además, en un ejemplo, la reacción de reformado anterior puede tener lugar a una temperatura de

aproximadamente 500°C a 600°C y a una presión de aproximadamente 220 bar.

El aparato de alimentación de combustible anódico 108 incluye además un reactor de conversión de gas de agua (WGS) 120 conectado en serie al reformador 112. El combustible anódico intermedio producido en el reformador 112 se suministra al reactor WGS 120. En una implementación, el monóxido de carbono en el combustible anódico intermedio se somete a una reacción de conversión de gas de agua y se oxida y convierte en dióxido de carbono. La conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono antes de alimentarse a la pila de células de combustible 102 impide la deposición de carbono en la pila de células de combustible 102. La reacción de conversión de gas de agua llevada a cabo en el reactor WGS 120 puede ilustrarse mediante la siguiente ecuación:

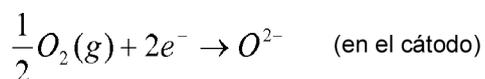
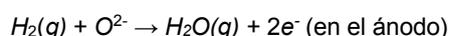


Tal como se observa a partir de la relación anterior, el monóxido de carbono se convierte en dióxido de carbono con producción adicional de hidrógeno a partir de la reacción. En un ejemplo, la reacción de conversión de gas de agua en el reactor WGS 120 se lleva a cabo a una temperatura de aproximadamente 350°C a 400°C.

Por tanto, el producto obtenido a partir del reactor WGS 120 incluye una gran cantidad de hidrógeno y alguna cantidad de dióxido de carbono, y se denomina combustible anódico. El combustible anódico se suministra desde el aparato de alimentación de combustible anódico 108 a la pila de células de combustible 102 durante el funcionamiento de la pila de células de combustible 102.

El aparato de alimentación de combustible catódico 110 del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 suministra combustible catódico al colector catódico 106 de la pila de células de combustible 102. En una implementación, el combustible catódico es oxígeno, que puede obtenerse del aire atmosférico aspirado mediante el aparato de alimentación de combustible catódico 110. Por tanto, se entenderá que el combustible catódico puede incluir aire. En una realización, el aparato de alimentación de combustible catódico 110 incluye un filtro 122, un soplador 124, un calentador de combustible catódico 126 y una válvula de combustible catódico 128. El soplador 124 aspira el combustible catódico, es decir, aire atmosférico, a través del filtro 122 y hace pasar el combustible catódico al calentador de combustible catódico 126. El calentador de combustible catódico 126 puede calentar el combustible catódico hasta una temperatura predeterminada antes de que el combustible catódico se alimente a la pila de células de combustible 102. Además, la válvula de combustible catódico 128 controla el suministro de combustible catódico al colector catódico 106 de la pila de células de combustible 102 basándose, por ejemplo, en una carga eléctrica en la pila de células de combustible 102. Además, el aparato de alimentación de combustible catódico 110 puede incluir un sensor de velocidad de flujo del combustible catódico 129 para determinar la velocidad de flujo másico del combustible catódico desde el aparato de alimentación de combustible catódico 110 al colector catódico 106 de la pila de células de combustible. En una implementación, el sensor de velocidad de flujo del combustible catódico 129 está provisto entre el soplador 124 y el calentador de combustible catódico 126.

Durante el funcionamiento, el colector anódico 104 de la pila de células de combustible 102 recibe combustible anódico desde el dispositivo de alimentación de combustible anódico 108 y recibe combustible catódico desde el dispositivo de alimentación de combustible catódico 110. Por ejemplo, el hidrógeno en el combustible anódico y el oxígeno en el combustible catódico reaccionan en la pila de células de combustible 102 y puede obtenerse energía eléctrica utilizable a partir de la pila de células de combustible 102. En un ejemplo, las reacciones en el colector anódico 104 y el colector catódico 106 de la célula de combustible 102 pueden ilustrarse mediante las siguientes ecuaciones:



Tal como puede observarse a partir de las ecuaciones anteriores, la oxidación de hidrógeno se lleva a cabo en el colector anódico 104 y los dos electrones producidos, como resultado, fluyen a través del circuito externo produciendo energía eléctrica. En cambio, en el colector catódico 106, el oxígeno se reduce para dar ion óxido el cual entra en un electrolito de la pila de células de combustible 102 y fluye hacia el ánodo. Según el ejemplo anterior, como resultado de la reacción electroquímica en la pila de células de combustible 102, se libera agua en el colector anódico 104 como gases de escape del ánodo y se expulsa combustible catódico no usado, es decir, aire no usado desde el colector catódico 106 como gases de escape del cátodo.

Además, una primera válvula de gases de escape del ánodo 130 puede estar provista en una línea de gases de escape del ánodo 132. La línea de gases de escape del ánodo 132 es el paso a través del cual salen los gases de escape del ánodo de la pila de células de combustible 102. En una realización, la primera válvula de gases de escape del ánodo 130 incluye una válvula de tres vías configurada para dividir el flujo de los gases de escape del ánodo desde el ánodo 104 de la pila de células de combustible 102. Uno de los conductos de salida de la primera válvula de gases de escape del ánodo 130 conecta la línea de gases de escape del ánodo 132 con el reformador 112 a través de una válvula de ánodo-reformador 134. En una implementación, la válvula de ánodo-reformador 134 es una válvula de control de flujo que regula la cantidad de flujo de los gases de escape del ánodo desde la línea de

gases de escape del ánodo 132 que va a suministrarse al reformador 112, durante un modo normal de funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido 100. En un ejemplo, los gases de escape del ánodo que fluyen desde la primera válvula de gases de escape del ánodo 130 al reformador están a una temperatura de aproximadamente 600°C a aproximadamente 800°C. El modo normal del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 se explica en detalle a continuación.

Según una realización, el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 incluye además un conjunto recuperador 136. En dicha realización, el conjunto recuperador 136 está conectado aguas abajo a la pila de células de combustible 102. En dicha realización, el conjunto recuperador 136 está conectado a la línea de gases de escape del ánodo 132 y a una línea de gases de escape del cátodo 135 que lleva los gases de escape del cátodo. Una parte de los gases de escape del ánodo, que fluyen a través de un segundo conducto de salida desde la válvula de gases de escape del ánodo 130, y los gases de escape del cátodo desde la pila de células de combustible 102 fluyen hacia el conjunto recuperador 136. Además, el conjunto recuperador 136 está conectado aguas arriba al aparato de alimentación de combustible catódico 110, de tal manera que el combustible catódico fluye desde el aparato de alimentación de combustible catódico 110 y al interior del conjunto recuperador 136 antes de fluir al interior de la pila de células de combustible 102.

Según una implementación, el conjunto recuperador 136 está diseñado como un intercambiador de calor a contracorriente en el que el flujo del combustible catódico es opuesto al flujo de los gases de escape del ánodo y los gases de escape del cátodo desde la pila de células de combustible 102. Durante el flujo contrario del aire y los gases de escape del ánodo y del cátodo, el combustible catódico absorbe calor a partir de los dos gases de escape y se precalienta antes de alimentarse a la pila de células de combustible 102. Como se explicó anteriormente, en el caso en el que el conjunto recuperador 136 está a baja temperatura y no puede precalentar el combustible catódico hasta la temperatura predeterminada, entonces el combustible catódico se precalienta hasta aproximadamente la temperatura predeterminada mediante el calentador de combustible catódico 126 antes de entrar en el conjunto recuperador 136.

En una realización, el conjunto recuperador 136 está provisto como un conjunto recuperador de dos etapas, que tiene un primer recuperador 138 y un segundo recuperador 140. Además, en dicha realización, la línea de gases de escape del ánodo 132 que pasa a través del conjunto recuperador 136 puede incluir una segunda válvula de gases de escape del ánodo 142. En una implementación, la segunda válvula de gases de escape del ánodo 142 es una válvula de tres vías, similar a la primera válvula de gases de escape del ánodo 130. La segunda válvula de gases de escape del ánodo 142 divide el flujo de los gases de escape del ánodo enfriados en la primera etapa del conjunto recuperador, es decir, el primer recuperador 138, en dos flujos: uno dirigido hacia el segundo recuperador 140 y el otro dirigido hacia el reactor WGS 120. Los gases de escape del ánodo que fluyen desde el primer recuperador 138 hasta el reactor WGS 120 se denominan una segunda parte de gases de escape del ánodo, y se usan en la reacción de conversión de gas de agua en el reactor WGS 120. Además, la segunda válvula de gases de escape del ánodo 142 puede usarse para purgar la parte restante de gases de escape del ánodo desde el sistema de células de combustible de óxido sólido 100. Para esto, los gases de escape del ánodo que salen del segundo recuperador pueden liberarse hacia la atmósfera.

En una implementación, el flujo de la segunda parte de gases de escape del ánodo desde la segunda válvula de gases de escape del ánodo 142 hasta el reactor de conversión WGS 120 puede proporcionarse a través de una válvula de ánodo-reactor WGS 144 durante el modo normal de funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido 100. En una implementación, la válvula de ánodo-reactor WGS 144 es una válvula de control de flujo y puede regular la cantidad de gases de escape del ánodo enfriados en una única etapa al reactor WGS 120. En un ejemplo, los gases de escape del ánodo enfriados en una única etapa que fluyen desde la segunda válvula de gases de escape del ánodo 142 al reactor WGS 120 están a una temperatura de aproximadamente 350°C a aproximadamente 400°C.

Además, según un aspecto del presente objeto, el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 está configurado para funcionar en dos modos: un modo de arranque y un modo normal. El modo normal de funcionamiento puede entenderse como el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 cuando el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 puede autosostener los requisitos de energía del funcionamiento. En un ejemplo, mientras funciona en el modo normal, el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 no necesita ningún suministro de energía externo para calentar los diversos fluidos, tales como el combustible catódico para el colector catódico 106, el medio de reformado para el reformador 112 y vapor para el reactor WGS 120. En cambio, puede entenderse que el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 funciona en el modo de arranque cuando el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 y los componentes dependen, para su funcionamiento, del suministro de energía externo.

El sistema de células de combustible de óxido sólido 100, en una implementación, incluye un sistema de arranque de alimentación de combustible anódico 146. En dicha implementación, el sistema de arranque de alimentación de combustible anódico 146 está provisto como una parte del aparato de alimentación de combustible anódico 108 y está conectado al reactor WGS 120 y al reformador 112 a través de una primera línea de suministro 148 y una segunda línea de suministro 150, respectivamente. El sistema de arranque de alimentación de combustible anódico 146 está conectado además a un depósito de agua 152, que almacena y suministra agua al reactor WGS 120 a

través de la primera línea de suministro 148 para la reacción de conversión de gas de agua, y además suministra agua al reformador 112 a través de la segunda línea de suministro 150 para la reacción de reformado.

En una implementación, la primera línea de suministro 148 incluye una primera bomba de agua 154 para recoger agua desde el depósito de agua 152 y proporcionar el agua al reformador 112. Además, la primera línea de suministro 148 incluye un primer elemento de calentamiento 156 para calentar el agua hasta la temperatura de reacción en un intervalo de aproximadamente, por ejemplo, 350°C a 400°C, para formar vapor, e incluye una primera válvula 158 para regular el suministro de vapor al reactor WGS 120. De manera similar, la segunda línea de suministro 150 incluye una segunda bomba de agua 160, un segundo elemento de calentamiento 162 y una segunda válvula 164 para suministrar vapor al reformador 112 a una temperatura operacional en un intervalo de aproximadamente, por ejemplo, 500°C a 600°C. Además, la primera línea de suministro 148 y la segunda línea de suministro 150 incluyen un primer sensor de velocidad de flujo 166 y un segundo sensor de velocidad de flujo 168, respectivamente, para determinar la velocidad de flujo de vapor a través de las respectivas líneas de suministro 148 y 150.

Según un aspecto del presente objeto, el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 incluye un dispositivo de control 170 para controlar un funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido 100. El dispositivo de control 170 está conectado de manera operativa a los componentes del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 para recibir entradas y además ejercer control basándose en las entradas. Por ejemplo, el dispositivo de control 170 está conectado al primer sensor de velocidad de flujo 166, al segundo sensor de velocidad de flujo 168, al sensor de velocidad de flujo del combustible catódico 129, a un sensor de temperatura del recuperador (no mostrado en la figura) provisto en el conjunto recuperador 136 para medir una temperatura del mismo, a un sensor de temperatura de la pila (no mostrado en la figura) provisto en la pila de células de combustible 102 para medir una temperatura de la misma y a sensores de temperatura (no mostrados) en los diversos calentadores y elementos de calentamiento 126, 156 y 162 en el sistema de células de combustible de óxido sólido 100. El dispositivo de control 170 y el funcionamiento del dispositivo de control 170 se comentan en detalle con referencia a la figura 2.

De manera adicional, el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 puede incluir un convertidor (no mostrado en la figura) y una fuente de alimentación (no mostrada en la figura), tal como una batería. El convertidor puede controlar la energía eléctrica de salida desde la pila de células de combustible 102. Además, la fuente de alimentación puede aumentar la energía eléctrica generada por la pila de células de combustible 102, en los casos en los que la carga eléctrica en la pila de células de combustible 102 supera un límite de carga predeterminado.

En el sistema de células de combustible de óxido sólido 100, como se explicó anteriormente, pueden emplearse diversos tipos de compuestos hidrocarbonados. Como resultado, el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 puede usar compuestos hidrocarbonados no convencionales basándose en la composición química del compuesto hidrocarbonado. Además, el dispositivo de control 170 del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 puede mantener la temperatura de diversos componentes, tales como el reformador 112, el reactor WGS 120, el conjunto recuperador 136 y la pila de células de combustible 102, en límites controlables, y por tanto, evita el daño de los componentes. Consecuentemente, se potencia la vida útil del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 y los componentes del mismo. Además, el dispositivo de control 170 puede configurarse para controlar las velocidades de flujo del combustible anódico y del combustible catódico a la pila de células de combustible 102, y hacer funcionar la pila de células de combustible 102 dentro de un régimen eficiente determinado basándose, por ejemplo, en una curva de polarización del tipo de células de combustible usado en la pila de células de combustible 102. Además, el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 en dos modos de funcionamiento, a saber, modo de arranque y modo normal, proporciona flexibilidad y eficiencia al sistema de células de combustible de óxido sólido 100. El sistema de células de combustible de óxido sólido 100 también reduce el desperdicio de energía y la dependencia del suministro de agua externo haciendo recircular los gases de escape del ánodo dentro del sistema de células de combustible de óxido sólido 100. Además, retirando monóxido de carbono usando el reactor WGS 120, se aumenta la vida de la pila de células de combustible 102 y se genera hidrógeno adicional en el procedimiento, reduciendo de esa manera la necesidad de hidrocarburos para el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido 100.

La figura 2 ilustra la arquitectura del sistema del dispositivo de control 170 del sistema de células de combustible de óxido sólido 100. Como se mencionó anteriormente, el dispositivo de control 170 está provisto para controlar el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido 100.

El dispositivo de control 170 puede implementarse como un microcontrolador, un microordenador y/o cualquier dispositivo que manipula señales basándose en instrucciones operacionales. Según una realización, el dispositivo de control 170 incluye un procesador 202 y una memoria de dispositivo 204. El procesador 202 puede ser una única unidad de procesamiento o varias unidades, todas las cuales pueden incluir múltiples unidades de cálculo. El procesador 202 puede implementarse como uno o más microprocesadores, procesadores de señales digitales, unidades de procesamiento centrales, máquinas de estado y conjuntos de circuitos lógicos. Entre otras capacidades, el procesador 202 está configurado para recuperar y ejecutar instrucciones legibles por ordenador y datos almacenados en la memoria de dispositivo 204.

En una realización, la memoria de dispositivo 204 incluye un módulo de control de alimentación de combustible anódico 206, un módulo de control de alimentación de combustible catódico 208 y otros módulos 210. Los otros módulos 210 pueden incluir programas o instrucciones codificadas que complementan las aplicaciones y funciones del dispositivo de control 170.

5 Además, el dispositivo de control 170 también puede incluir interfaces entrada-salida (I/O) (no mostradas en la figura). Las interfaces I/O pueden incluir una variedad de interfaces de software y hardware, que pueden permitir al dispositivo de control 170 comunicarse con otros componentes del sistema de células de combustible de óxido sólido 100, tales como los diversos sensores y válvulas en el sistema de células de combustible de óxido sólido.

10 Como se mencionó anteriormente, el dispositivo de control 170 está conectado operativamente a diversos componentes para obtener señales de entrada y ejercer control sobre el sistema de células de combustible de óxido sólido 100. En un ejemplo, el dispositivo de control 170 está conectado al sensor de velocidad de flujo del combustible catódico 129, al primer sensor de velocidad de flujo 166, al segundo sensor de velocidad de flujo 168, al sensor de temperatura de la pila, al sensor de temperatura del recuperador, al sensor de temperatura en el calentador de combustible catódico 126, al sensor de temperatura en el primer elemento de calentamiento 156 y al sensor de temperatura en el segundo elemento de calentamiento 162. El dispositivo de control 170 recibe diversas entradas desde los sensores y procesa la entrada para ejercer control sobre diversos componentes del sistema de células de combustible de óxido sólido 100, tales como el calentador de combustible catódico 126, el primer elemento de calentamiento 156, el segundo elemento de calentamiento 162, la primera válvula de gases de escape del ánodo 130, la segunda válvula de gases de escape del ánodo 142, la válvula de ánodo-reformador 134 y la válvula de ánodo-reactor WGS 144.

20 Durante el funcionamiento, el dispositivo de control 170 está configurado para hacer funcionar el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 y sus componentes en o bien un modo de arranque o bien un modo normal. En una implementación, el dispositivo de control 170 determina en primer lugar si el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 puede hacerse funcionar en un modo normal o no, y basándose en la determinación, el dispositivo de control 170 controla el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido y los componentes para funcionar o bien en el modo normal o bien en el modo de arranque.

25 Según una implementación, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 determina si el aparato de alimentación de combustible anódico 108 y el aparato de alimentación de combustible catódico 110 pueden hacerse funcionar en el modo normal o el modo de arranque.

30 En relación con el control del aparato de alimentación de combustible anódico 108 para suministro de hidrocarburo, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 obtiene una composición del compuesto hidrocarbonado que va a alimentarse al reformador 112 para la reacción de reformado y que produce combustible anódico intermedio. En un ejemplo, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 obtiene la composición del compuesto hidrocarbonado a partir de un usuario. Además, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 determina una carga eléctrica impuesta en la pila de células de combustible 102 para el funcionamiento. Basándose en la composición del compuesto hidrocarbonado y la carga eléctrica, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 determina una velocidad de flujo del hidrocarburo umbral del compuesto hidrocarbonado y una velocidad de flujo del vapor umbral al reformador 112 para generar la energía eléctrica correspondiente a la carga eléctrica. Además, tras la determinación de la velocidad de flujo del hidrocarburo umbral y la velocidad de flujo del vapor umbral, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 puede regular la válvula de reformador 119 para regular el flujo del compuesto hidrocarbonado según la velocidad de flujo necesaria determinada anteriormente.

35 En un ejemplo, diversas composiciones de compuestos hidrocarbonados junto con combinaciones de la cantidad de los compuestos hidrocarbonados y la energía eléctrica correspondiente que puede generarse desde la pila de células de combustible 102 puede almacenarse en una tabla de consulta en la memoria de dispositivo 204 del dispositivo de control 170. El módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 puede consultar la tabla de consulta para determinar la velocidad de flujo del compuesto hidrocarbonado necesaria. En el caso en el que el compuesto hidrocarbonado tiene una composición que no está presente en la tabla de consulta, entonces el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 calcula la velocidades de flujo umbral del compuesto hidrocarbonado y del vapor basándose, por ejemplo, en relaciones empíricas y ecuaciones químicas anteriormente almacenadas en la memoria de dispositivo 204 del dispositivo de control 170.

40 Además, basándose en la composición del compuesto hidrocarbonado, es decir, presencia de azufre en el compuesto hidrocarbonado, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 puede controlar la válvula de derivación 116 entre el depósito de hidrocarburos 114 y el reformador 112. Si la composición del combustible hidrocarbonado sugiere que está presente azufre, entonces el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 dirige el compuesto hidrocarbonado desde la válvula de derivación 116 al interior del desulfurante 118 antes de suministrar al reformador 112. En cambio, si no está presente azufre, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 regula la válvula de derivación 116 para permitir que el flujo del hidrocarburo evite el desulfurante y se suministre directamente el compuesto hidrocarbonado al reformador 112.

- En relación con el control del aparato de alimentación de combustible anódico 108 para suministrar vapor al reformador 112 y al reactor WGS 120, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 determina además si el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 puede funcionar en el modo normal o no en relación con el suministro de vapor al reformador 112 y al reactor WGS 120. En una implementación, el módulo de alimentación de combustible 206 determina la temperatura de la pila de células de combustible 102 obteniendo una entrada desde el sensor de temperatura de la pila. En un ejemplo, en el caso en el que la temperatura de la pila de células de combustible es de aproximadamente 800°C o superior a 800°C, entonces el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 determina además velocidades de flujo de hidrocarburo y vapor umbrales para ambos, tanto el reformador 112 como el reactor WGS 120.
- Basándose en la temperatura de la pila de células de combustible, y el flujo umbral del vapor al reformador 112 y al reactor WGS 120, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 determina si los gases de escape del ánodo suministrados al reformador 112 y al reactor WGS 120 pueden generar o no una cantidad de hidrógeno necesaria para suministrar a la pila de células de combustible 102. Por ejemplo, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 112 puede determinar si los gases de escape del ánodo suministrados a la pila de células de combustible 102 es igual a la velocidad de flujo del vapor umbral y los gases de escape del ánodo estarán a una temperatura suficientemente alta como para realizar las reacciones en el reformador 112 y el reactor WGS 120 para obtener una cantidad de hidrógeno necesaria. La cantidad de hidrógeno necesaria, en un ejemplo, puede entenderse como la cantidad de hidrógeno que va a suministrarse a la pila de células de combustible 102 para generar energía eléctrica correspondiente a la carga eléctrica en la pila de células de combustible 102.
- En el caso en el que el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 determina que o bien la temperatura de la pila es menor que la temperatura predeterminada, por ejemplo, 800°C, o bien que los gases de escape del ánodo son insuficientes para el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido, entonces, en una implementación, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 cierra la válvula de ánodo-reformador 134 y la válvula de ánodo-reactor WGS 144. Además, en tal condición, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 regula el sistema de arranque de alimentación de combustible anódico 146 para suministrar vapor al reformador 112 y al reactor WGS 120. En una implementación, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 mantiene la temperatura del primer elemento de calentamiento 156 a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 350°C a 400°C y mantiene una temperatura del segundo elemento de calentamiento 166 a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 500°C a 600°C. En dicha implementación, para mantener las temperaturas de los dos elementos de calentamiento 156 y 166, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 obtiene las temperaturas del primer elemento de calentamiento 156 y el segundo elemento de calentamiento 166, a través de los sensores de temperatura respectivos provistos en los dos elementos de calentamiento 156 y 166.
- Cuando funciona de la manera como se describió anteriormente, se dice que el aparato de alimentación de combustible anódico 108 está funcionando en el modo de arranque.
- Por otro lado, cuando el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 determina que la temperatura de la pila de combustible es de aproximadamente, o superior a, la temperatura predeterminada, y el flujo de los gases de escape del ánodo al reformador 112 y al reactor WGS 120 son suficientes para producir la energía eléctrica correspondiente a la carga eléctrica en la pila de células de combustible, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 cierra el sistema de arranque de alimentación de combustible anódico 146. Durante un funcionamiento de este tipo, se dice que el aparato de alimentación de combustible anódico 108 funciona en el modo normal. En el modo normal del aparato de alimentación de combustible anódico 108, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 permite una recirculación de los gases de escape del ánodo de vuelta al reformador 112 y al reactor WGS 120. De esta manera, el aparato de alimentación de combustible anódico 108 no necesita ningún suministro de energía externo para alimentar vapor al reformador 112 y al reactor WGS 120 durante el funcionamiento en modo normal.
- Además, en el modo normal, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 puede controlar el flujo de la primera parte de gases de escape del ánodo al reformador 112 y al flujo de la segunda parte enfriada en una única etapa de gases de escape del ánodo al reactor WGS 120 desde el primer recuperador 138, a través de la válvula de ánodo-reformador 134 y la válvula de ánodo-reactor WGS 144, respectivamente. En una implementación, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 puede determinar el flujo al reformador 112 y al reactor WGS 120 desde el primer sensor de velocidad de flujo 166 y el segundo sensor de velocidad de flujo 168. Además, el dispositivo de control 170 puede regular la primera válvula de gases de escape del ánodo 130 y la segunda válvula de gases de escape del ánodo 142 para controlar el suministro de la primera parte y la segunda parte de gases de escape del ánodo que fluyen hacia el reformador 112 y el reactor WGS 120, respectivamente. Además, el dispositivo de control 170 lleva a cabo el purgado de la parte restante de los gases de escape del ánodo desde la segunda válvula de gases de escape 142, basándose en entradas desde el primer sensor de velocidad de flujo 166 y el segundo sensor de velocidad de flujo 168. Tal control ejercido por el dispositivo de control 170 para purgar los gases de escape del ánodo potencia el rendimiento de la pila de células de combustible 102.
- Se entenderá que el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 monitoriza constantemente la temperatura de la pila, y las velocidades de flujo de los gases de escape del ánodo al reformador 112 y al reactor

WGS 120, para determinar si cambiar o no el modo de funcionamiento del aparato de alimentación de combustible anódico 108.

Además de lo anterior, como se mencionó anteriormente, el dispositivo de control 170 está configurado para controlar el funcionamiento del aparato de alimentación de combustible catódico 110, y hacer funcionar el aparato de alimentación de combustible catódico 110 en un modo de arranque o un modo normal. En una implementación, el módulo de control de alimentación de combustible catódico 208 puede determinar una temperatura del conjunto recuperador 136 a partir del sensor de temperatura del recuperador provisto en el conjunto recuperador 136. En un ejemplo, el sensor de temperatura del recuperador mide una temperatura del primer recuperador 138 y el segundo recuperador 140 y proporciona las medidas al módulo de control de alimentación de combustible catódico 208.

Además, el módulo de control de alimentación de combustible catódico 208 determina una velocidad de flujo del combustible catódico umbral en el conducto del aparato de alimentación de combustible catódico 110, basándose en la carga eléctrica en la pila de células de combustible 102 y en la composición del compuesto hidrocarbonado. El flujo umbral, por ejemplo, velocidad de flujo, del combustible catódico puede entenderse como el flujo que suministra suficiente combustible catódico a la pila de células de combustible 102 correspondiente a la carga eléctrica en la pila de células de combustible 102 y al suministro de hidrógeno a la pila de células de combustible 102.

En dicha implementación, basándose en la temperatura de la pila de células de combustible 102, la temperatura del conjunto recuperador 136 y la velocidad de flujo umbral del combustible catódico, el módulo de control de alimentación de combustible catódico 208 determina si el combustible catódico, que fluye hasta la pila de células de combustible 102 a la velocidad de flujo umbral, se calentará o no lo suficiente, por ejemplo, como para alcanzar una temperatura de reacción de aproximadamente, por ejemplo, 500°C. En un ejemplo, se determina que la condición de suficiencia se satisface si una temperatura mínima de la pila de células de combustible 102 es de aproximadamente 900°C. Además, en otro ejemplo, la condición de suficiencia también puede satisfacerse si una temperatura mínima del primer recuperador es de aproximadamente 400°C y una temperatura mínima del segundo recuperador 140 es de aproximadamente 150°C. En aún otro ejemplo, se dice que se ha satisfecho la condición de suficiencia si se han satisfecho ambas condiciones de suficiencia anteriores.

En el caso en el que el módulo de control de alimentación de combustible catódico 208 determina que el calentamiento del combustible catódico será insuficiente, el módulo de alimentación de combustible catódico 208 enciende el calentador de combustible catódico 126 y mantiene la temperatura del calentador de combustible catódico aproximadamente a la temperatura de reacción. Por tanto, el combustible catódico que fluye a través del aparato de alimentación de combustible catódico 110 se calienta hasta la temperatura de reacción usando el calentador de combustible catódico 126. Durante un funcionamiento de este tipo, se dice que el aparato de alimentación de combustible catódico 110 está funcionando en un modo de arranque.

Por otro lado, si el módulo de alimentación de combustible catódico 208 determina que se cumplen las condiciones de suficiencia anteriores, es decir, el combustible catódico puede calentarse suficientemente sin el uso del calentador de combustible catódico 126, entonces el módulo de control de alimentación de combustible catódico 208 apaga el calentador de combustible catódico 126. Además, el módulo de control de alimentación de combustible catódico 208 regula el flujo del combustible catódico a la pila de células de combustible regulando la válvula de combustible catódico 128 basándose en las entradas del sensor de velocidad de flujo del combustible catódico 129. Durante un funcionamiento de este tipo, se dice que el aparato de alimentación de combustible catódico 110 funciona en el modo normal y no requiere suministro de energía externo, por ejemplo, del calentador de combustible catódico 126, para su funcionamiento.

La figura 3 ilustra un método 300 para controlar el funcionamiento de un sistema de células de combustible de óxido sólido, según una implementación del presente objeto. En un ejemplo, el método 300 se ejecuta mediante el dispositivo de control 170 para regular el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido 100.

El método 300 puede describirse en el contexto general de instrucciones ejecutables por procesador. Generalmente, las instrucciones ejecutables por procesador pueden incluir rutinas, programas, objetos, componentes, estructuras de datos, procedimientos, módulos, funciones, etc., que realizan funciones particulares o implementan tipos de datos abstractos particulares. El método también puede ponerse en práctica en un entorno de procesamiento distribuido en el que se realizan funciones mediante dispositivos de procesamiento remotos que están vinculados a través de una red de comunicación. En un entorno de procesamiento distribuido, instrucciones ejecutables por ordenador pueden estar ubicadas en medios de almacenamiento tanto locales como remotos, incluyendo dispositivos de almacenamiento de memoria.

No se pretende que el orden en el que se describe el método 300 se interprete como una limitación, y cualquier número de los bloques de método descritos pueden combinarse en cualquier orden para implementar el método, o un método alternativo. Adicionalmente, pueden eliminarse bloques individuales del método sin alejarse del espíritu y alcance del objeto descrito en el presente documento. Además, el método puede implementarse en cualquier hardware, software, firmware o combinación de los mismos adecuado.

Haciendo referencia a la figura 3, en el bloque 302 se determina si un interruptor principal de un sistema de células

de combustible de óxido sólido 100 está encendido o no.

Si el interruptor principal del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 no está encendido (trayectoria de no desde el bloque 302), entonces en el bloque 304, el sistema de células de combustible de óxido sólido 100 se apaga y todos los componentes del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 también se apagan.

- 5 Si el interruptor principal del sistema de células de combustible de óxido sólido está encendido (trayectoria de sí desde el bloque 302), entonces en el bloque 306, se obtiene una composición de un compuesto hidrocarbonado usado en el sistema de células de combustible de óxido sólido 100. Además, en el bloque 306, se obtienen una temperatura de una pila de células de combustible 102 del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 y una temperatura de un conjunto recuperador 136. En un ejemplo, las temperaturas de la pila de células de combustible 102 y el conjunto recuperador 136 se obtienen a partir del sensor de temperatura de la pila y el sensor de temperatura del recuperador, respectivamente. Además, también se determina una carga eléctrica en la pila de células de combustible en el bloque 306. En un ejemplo, la carga eléctrica en la pila de células de combustible 102 se obtiene a partir de un usuario del sistema de células de combustible de óxido sólido 100. En otro ejemplo, en el caso en el que el sistema de células de combustible de óxido sólido se usa a bordo de un vehículo, la carga eléctrica en la pila de células de combustible 102 se determina basándose en diversos parámetros, tales como carga de motor y equipos eléctricos en el vehículo operativos en un punto de tiempo dado. Además, en un ejemplo, la temperatura del conjunto recuperador 136, la temperatura de la pila de células de combustible 102 y la carga eléctrica indicadas anteriormente se obtienen mediante el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206.
- 10
- 15
- 20 En el bloque 308, basándose en la composición del hidrocarburo y en la carga eléctrica en la pila de células de combustible 102, se determinan una velocidad de flujo umbral del compuesto hidrocarbonado y velocidad de flujo umbral de vapor al reformador 112 y al reactor de conversión de gas de agua (WGS) 120. En un ejemplo, la velocidad de flujo umbral del compuesto hidrocarbonado y la velocidad de flujo umbral de vapor se determinan mediante el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206.
- 25 Además, en el bloque 310, se determina si la temperatura de la pila de células de combustible 102 es igual a o mayor de aproximadamente 800°C. En un ejemplo, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 logra la determinación en el bloque 310.

- Si la temperatura de la pila de células de combustible 102 no es igual a o mayor de aproximadamente 800°C (trayectoria de no desde el bloque 310), entonces en el bloque 312, el vapor al reformador 112 y al reactor WGS 120 se suministran desde el sistema de arranque de alimentación de combustible anódico 146. Además, el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206 cierra el suministro de gases de escape del ánodo desde el colector anódico 104 de la pila de células de combustible 102 al reformador 112 y al reactor WGS 120. En un funcionamiento de este tipo, se dice que el aparato de alimentación de combustible anódico 108 del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 está funcionando en un modo de arranque. Además, tras el bloque 312, se ejecuta el bloque 320, tal como se explicará a continuación.
- 30
- 35

Además, tras el bloque 312, puede activarse el bloque 310 para su ejecución tras un periodo de tiempo predeterminado para comprobar si el aparato de alimentación de combustible anódico 108 puede hacerse funcionar en un modo normal o no. El funcionamiento en modo normal del aparato de alimentación de combustible anódico 108 se explica con referencia a los bloques 314, 316 y 318.

- 40 En el caso en el que la temperatura de la pila de células de combustible 102 es igual a o mayor de aproximadamente 800°C (trayectoria de sí desde el bloque 310), entonces en el bloque 314, se determinan las velocidades de flujo de los gases de escape del ánodo desde la pila de células de combustible 102 al reformador 112 y al reactor WGS 120, por ejemplo, mediante el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206.

- 45 En el bloque 316, se determina si las velocidades de flujo de los gases de escape del ánodo al reformador 112 y al reactor WGS 120 son sustancialmente iguales a las velocidades de flujo umbral de vapor al reformador 112 y al reactor WGS 120, respectivamente. En un ejemplo, la determinación en el bloque 316 se logra mediante el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206.

- Si la determinación realizada en el bloque 316 es falsa (trayectoria de no desde el bloque 316), entonces se ejecuta la etapa en el bloque 312, es decir, el suministro de vapor al reformador 112 y al reactor WGS 120 se proporciona desde el sistema de arranque de alimentación de combustible anódico 146.
- 50

- Por otro lado, si la determinación realizada en el bloque 316 es verdadera (trayectoria de sí desde el bloque 316), entonces en el bloque 318, los gases de escape del ánodo, incluyendo vapor, se suministran al reformador 112 directamente desde la pila de células de combustible 102, y se suministran gases de escape del ánodo enfriados en una sola etapa desde el conjunto recuperador 136 al reactor WGS 120. En un ejemplo, el suministro de gases de escape del ánodo al reformador 112 y al reactor WGS 120 se controla mediante el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206. Además, en el bloque 318, el sistema de arranque de alimentación de combustible anódico 146 se apaga, por ejemplo, mediante el módulo de control de alimentación de combustible anódico 206. Cuando se funciona de tal manera, se dice que el aparato de alimentación de combustible anódico 108
- 55

del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 está funcionando en el modo normal.

Además, en el bloque 320, se inicia una regulación del aparato de alimentación de combustible catódico 110. En el bloque 320, se determina si la temperatura de la pila de células de combustible 102 es igual a o mayor de aproximadamente 900°C.

5 Si la temperatura de la pila de células de combustible 102 no es igual a o mayor de aproximadamente 900°C (trayectoria de no desde el bloque 320), entonces en el bloque 322 el calentador de combustible catódico 126 del aparato de alimentación de combustible catódico 110 se enciende para calentar un combustible catódico que se suministra al colector catódico 106 de la pila de células de combustible 102. En un ejemplo, el calentador de combustible catódico 126 se enciende mediante el módulo de control de alimentación de combustible catódico 208 y se mantiene a una temperatura de aproximadamente 500°C. Mientras se funciona de tal manera, se dice que el aparato de alimentación de combustible catódico 110 está funcionando en un modo de arranque.

15 Tras la ejecución del bloque 322, se ejecuta el bloque 330, que se explicará a continuación. Además, tras la ejecución del bloque 322, se activa la ejecución del bloque 320, tras el transcurso del tiempo predeterminado, para comprobar si el funcionamiento del aparato de alimentación de combustible catódico 110 puede cambiarse del modo de arranque al modo normal. El modo normal de funcionamiento del aparato de alimentación de combustible catódico 110 se explica a continuación con referencia a los bloques 324, 326 y 328.

20 Si, por otro lado, la temperatura de la pila de células de combustible 102 es igual a o mayor de aproximadamente 900°C (trayectoria de sí desde el bloque 320), entonces en el bloque 324 se determina adicionalmente si una temperatura del primer recuperador 138 del conjunto recuperador 136 es mayor de o igual a aproximadamente 400°C. En un ejemplo, la determinación en el bloque 324 se logra mediante el módulo de control de alimentación de combustible catódico 208.

25 Si en el bloque 324, se determina que la temperatura del primer recuperador 138 no es mayor de o igual a aproximadamente 400°C (trayectoria de no desde el bloque 324), entonces se ejecuta la etapa de método en el bloque 322 y el calentador de combustible catódico 126 se enciende para calentar el combustible catódico suministrado a la pila de células de combustible 102.

30 Por el contrario, si en el bloque 324, se determina que la temperatura del primer recuperador 138 es igual a o mayor de aproximadamente 400°C, entonces en el bloque 326, se determina adicionalmente si una temperatura de un segundo recuperador 140 del conjunto recuperador 136 es igual a o mayor de aproximadamente 150°C. En un ejemplo, la determinación en el bloque 326 se logra mediante el módulo de control de alimentación de combustible catódico 208.

Si la determinación en el bloque 326 proporciona que la temperatura del segundo recuperador 140 no es mayor de o mayor de aproximadamente 150°C (trayectoria de no desde el bloque 326), entonces se ejecuta la etapa de método en el bloque 322 y el calentador de combustible catódico se enciende y se mantiene a una temperatura de aproximadamente 500°C.

35 Además, en el caso en el que la determinación en el bloque 326 proporciona que la temperatura del segundo recuperador 140 es igual a o mayor de aproximadamente 150°C (trayectoria de sí desde el bloque 326), entonces en el bloque 328, se inicia un modo normal funcionamiento del aparato de alimentación de combustible catódico 110. Para iniciar el modo normal funcionamiento del aparato de alimentación de combustible catódico 110, se apaga el calentador de combustible catódico 126, y se permite que el combustible catódico se caliente mediante el conjunto recuperador 136 para alcanzar una temperatura de reacción suficiente para reaccionar en la pila de células de combustible 102.

45 Además, en el bloque 330, se determina una velocidad de flujo umbral de un combustible catódico, por ejemplo, oxígeno o aire, que va a suministrarse al colector catódico 106 de la pila de células de combustible 102, basándose en la carga eléctrica en la pila de células de combustible y basándose en la composición del compuesto hidrocarbonado. En un ejemplo, la velocidad de flujo umbral del combustible catódico que va a suministrarse a la pila de células de combustible 102 se determina mediante el módulo de control de alimentación de combustible catódico 208. Entonces, en el bloque 332, se controla la velocidad de flujo del combustible catódico a la pila de células de combustible 102, por ejemplo, mediante el módulo de control de alimentación de combustible catódico 208, basándose en la velocidad de flujo umbral del combustible catódico para suministrar a la pila de células de combustible 102.

55 Además, el dispositivo de control 170 puede determinar si la carga eléctrica en la pila de células de combustible 102 está dentro de un límite de carga predeterminado o no. En el caso en el que la carga eléctrica en la pila de células de combustible 102 es mayor que el límite predeterminado, el dispositivo de control 170 está configurado para aumentar un suministro de potencia procedente de una fuente de alimentación, tal como una batería, junto con el suministro de energía eléctrica procedente de la pila de células de combustible 102 para satisfacer el requisito de carga en el sistema de células de combustible de óxido sólido 100.

Aunque se ha descrito el objeto con considerable detalle con referencia a determinadas realizaciones del mismo,

otras realizaciones son posibles. Debe entenderse que las reivindicaciones adjuntas no se limitan necesariamente a las características descritas en el presente documento. En vez de eso, las características se dan a conocer como realizaciones del sistema de células de combustible de óxido sólido 100 y el dispositivo de control 170.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de células de combustible de óxido sólido (100) que comprende:
  - una pila de células de combustible (102) que comprende un colector anódico (104) y un colector catódico (106); y
  - 5 un aparato de alimentación de combustible anódico (108) conectado por conexión de fluido a la pila de células de combustible (102), comprendiendo el aparato de alimentación de combustible anódico (108),
    - un reformador (112) conectado al colector anódico (104) de la pila de células de combustible (102), en el que el reformador (112) está adaptado para obtener una primera parte de gases de escape del ánodo desde el colector anódico (104) como un reactante para reformar un compuesto hidrocarbonado para producir un combustible anódico intermedio;
    - 10 un reactor de conversión de gas de agua (120) conectado al colector anódico (104) y al reformador (112), en el que el reactor de conversión de gas de agua (120) está adaptado para obtener el combustible anódico intermedio desde el reformador (112) y una segunda parte de los gases de escape del ánodo desde el colector anódico (104) como un reactante para producir un combustible anódico, y en el que el reactor de conversión de gas de agua (120) está adaptado para suministrar el combustible anódico al colector anódico (104); y
    - un conjunto recuperador (136) conectado por conexión de fluido a la pila de células de combustible (102), en el que el conjunto recuperador (136) comprende al menos un intercambiador de calor para la transferencia de calor desde los gases de escape del ánodo en el colector anódico (104) y desde los gases de escape del cátodo en el colector catódico (106) a un combustible catódico que fluye a través del conjunto recuperador (136) hacia el colector catódico (106).
2. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 1, en el que el aparato de alimentación de combustible anódico (108) comprende además un sistema de arranque de alimentación de combustible anódico (146) conectado por conexión de fluido al reformador (112) y al reactor de conversión de gas de agua (120) para generar y suministrar vapor en ausencia de un suministro de los gases de escape del ánodo al reformador (112) y al reactor de conversión de gas de agua (120).
3. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 1 que comprende además un aparato de alimentación de combustible catódico (110) conectado por conexión de fluido al colector catódico (106) de la pila de células de combustible (102), en el que el aparato de alimentación de combustible catódico (110) está adaptado para suministrar combustible catódico al colector catódico (106).
4. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 1, en el que el colector anódico (104) de la pila de células de combustible (102) está conectado al reformador (112) y al reactor de conversión de gas de agua (120) a través de una primera válvula de gases de escape del ánodo (130), y en el que la primera válvula de gases de escape del ánodo (130) está adaptada para regular el flujo de la primera parte de los gases de escape del ánodo al reformador (112) y el flujo de una parte restante de los gases de escape del ánodo al reactor de conversión de gas de agua (120).
5. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 4 que comprende además una segunda válvula de gases de escape del ánodo (142) conectada por conexión de fluido a la primera válvula de gases de escape del ánodo (130) y al reactor de conversión de gas de agua (120), en el que la segunda válvula de gases de escape del ánodo (142) está adaptada para regular el flujo de la parte restante de los gases de escape del ánodo para proporcionar la segunda parte de gases de escape del ánodo al reactor de conversión de gas de agua (120).
6. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 1, en el que el conjunto recuperador (136) comprende un primer recuperador (138) y un segundo recuperador (140) conectado por conexión de fluido al primer recuperador (138).
7. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 1 que comprende además:
  - una válvula de ánodo-reformador (134) conectada por conexión de fluido al colector anódico (104) para suministrar la primera parte de los gases de escape del ánodo desde el colector anódico (104) al reformador (112); y
  - 50 una válvula de ánodo-reactor WGS (144) conectada por conexión de fluido al colector anódico (104) para suministrar la segunda parte de los gases de escape del ánodo desde el conjunto recuperador (136) al reactor de conversión de gas de agua (120).
8. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 1, en el que el aparato de

- 5 alimentación de combustible anódico (108) incluye además un depósito de hidrocarburos (114) conectado por conexión de fluido al reformador (112) a través de una válvula de derivación (116) y una válvula de reformador (119), y en el que la válvula de derivación (116) está adaptada para regular el flujo del compuesto hidrocarbonado al reformador (112) a través de un desulfurante (118) basándose en una composición del compuesto hidrocarbonado.
9. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además un dispositivo de control (170) configurado para controlar el funcionamiento del sistema de células de combustible de óxido sólido (100) en un modo de arranque o en un modo normal.
10. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 1, que comprende además un dispositivo de control (170) para controlar un funcionamiento de un sistema de células de combustible de óxido sólido (100), comprendiendo el dispositivo de control (170):  
un procesador (202); y  
una memoria de dispositivo (204) acoplada al procesador (202), en el que la memoria de dispositivo (204) comprende,
- 15 un módulo de control de alimentación de combustible anódico (206) configurado para controlar un suministro de gases de escape del ánodo a un reformador (112) y a un reactor de conversión de gas de agua (120), basándose en una temperatura de la pila de células de combustible (102), para regular combustible anódico suministrado a un colector anódico (104) de una pila de células de combustible (102); y
- 20 un módulo de control de alimentación de combustible catódico (208) configurado para controlar un aparato de alimentación de combustible catódico (106) que suministra combustible catódico a un colector catódico (106) de la pila de células de combustible (102) basándose en una carga eléctrica en la pila de células de combustible (102) y en la temperatura de la pila de células de combustible (102).
11. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 10, en el que el módulo de control de alimentación de combustible anódico (206) está configurado para controlar el suministro de vapor al reformador (112) y al reactor de conversión de gas de agua (120) basándose en una composición del compuesto hidrocarbonado.
12. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 10, en el que el módulo de control de alimentación de combustible anódico (206) está configurado además para controlar el suministro del compuesto hidrocarbonado al reformador (112) basándose en una composición del compuesto hidrocarbonado y en la carga eléctrica en la pila de células de combustible (102).
13. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 10, en el que el módulo de control de alimentación de combustible anódico (206) está configurado para controlar el suministro de vapor al reformador (112) y al reactor de conversión de gas de agua (120) controlando uno de un sistema de arranque de alimentación de combustible anódico (146) y unos gases de escape del ánodo desde el colector anódico (104) de la pila de células de combustible (102).
14. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 10, en el que el módulo de control de alimentación de combustible anódico (206) está configurado además para regular una válvula de derivación (116) para suministrar el compuesto hidrocarbonado al reformador (112) a través de un desulfurante (118) basándose en la composición del compuesto hidrocarbonado.
15. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 10, en el que el módulo de control de alimentación de combustible catódico (208) está configurado además para controlar el aparato de alimentación de combustible catódico (126) basándose en una temperatura de un conjunto recuperador (136) del sistema de células de combustible de óxido sólido (100).
16. El sistema de células de combustible de óxido sólido (100) según la reivindicación 10, en el que el módulo de control de alimentación de combustible catódico (208) está configurado para controlar un calentador de combustible catódico (126) del aparato de alimentación de combustible catódico (110).
17. Un método para controlar el funcionamiento de un sistema de células de combustible de óxido sólido (100), comprendiendo el método:  
50 obtener una composición de un compuesto hidrocarbonado suministrado a un reformador (112) del sistema de células de combustible de óxido sólido (100), una temperatura de una pila de células de combustible (102) del sistema de células de combustible de óxido sólido (100), y una carga eléctrica en el sistema de células de combustible de óxido sólido (100);  
determinar velocidades de flujo umbral de vapor al reformador (112) y a un reactor de conversión de gas de

agua (120), basándose en la composición del compuesto hidrocarbonado y la carga eléctrica en el sistema de células de combustible de óxido sólido (100); y

5 controlar el suministro de gases de escape del ánodo desde la pila de células de combustible (102) al reformador (112) y al reactor de conversión de gas de agua (120), basándose en la temperatura de la pila de células de combustible (102) y las velocidades de flujo umbral de vapor.

18. El método según la reivindicación 17, en el que el control del suministro de los gases de escape del ánodo comprende además controlar un funcionamiento de un sistema de arranque de alimentación de combustible anódico (146).

10 19. El método según la reivindicación 17, en el que el control del suministro de los gases de escape del ánodo comprende además:

determinar velocidades de flujo de los gases de escape del ánodo al reformador (112) y el reactor de conversión de gas de agua (120); y

comparar las velocidades de flujo determinadas de gases de escape del ánodo con las velocidades de flujo umbral de vapor para controlar el suministro.

15 20. El método según la reivindicación 17 que comprende además controlar el funcionamiento de un aparato de alimentación de combustible catódico (110) basándose en la temperatura de la pila de células de combustible (102) y basándose en una temperatura de un conjunto recuperador (136) del sistema de células de combustible de óxido sólido (100).

20 21. El método según la reivindicación 20, en el que el control del funcionamiento del aparato de alimentación de combustible catódico (110) comprende controlar un funcionamiento de un calentador de combustible catódico (126) para calentar el combustible catódico suministrado a la pila de células de combustible (102).

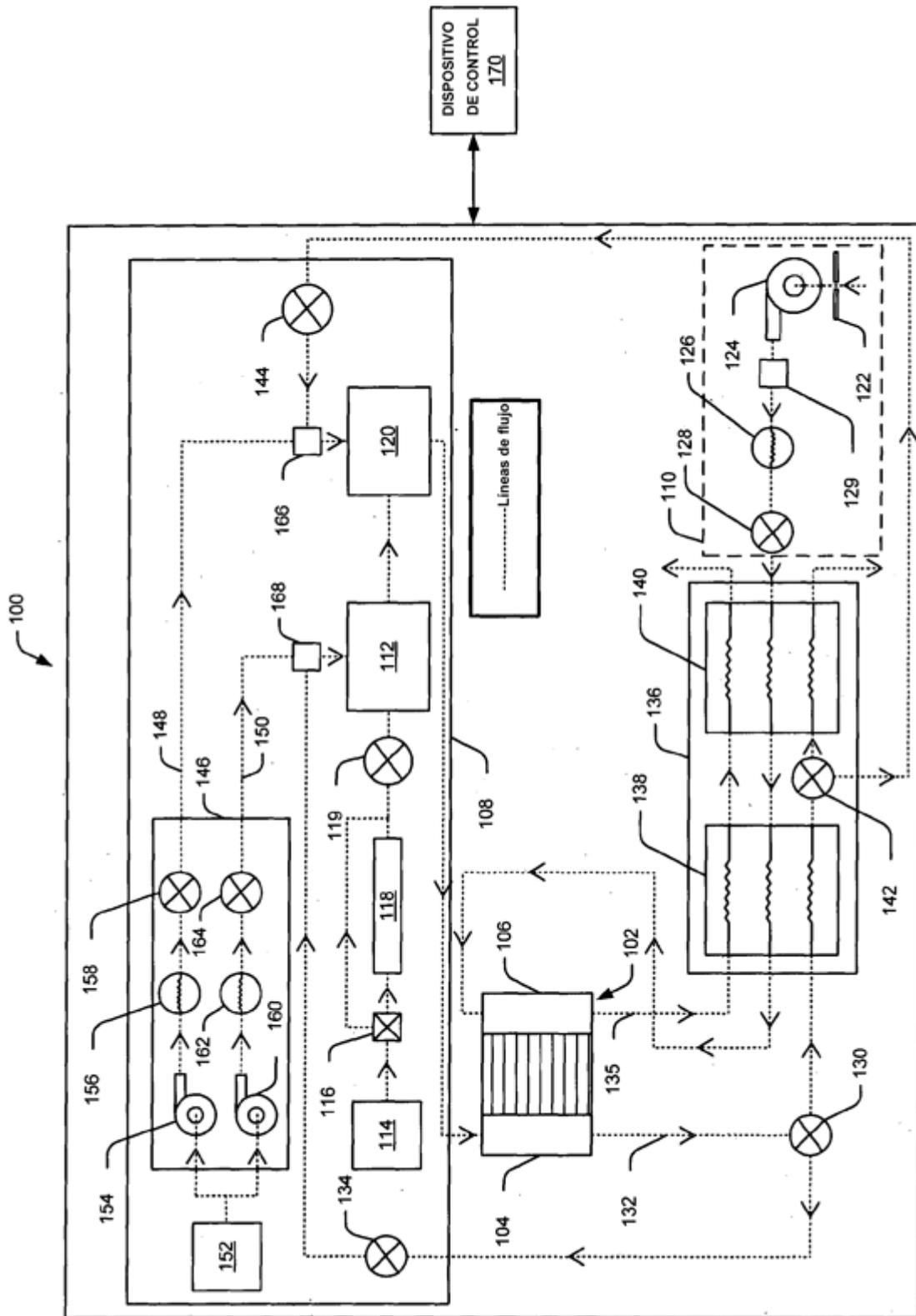


Fig. 1

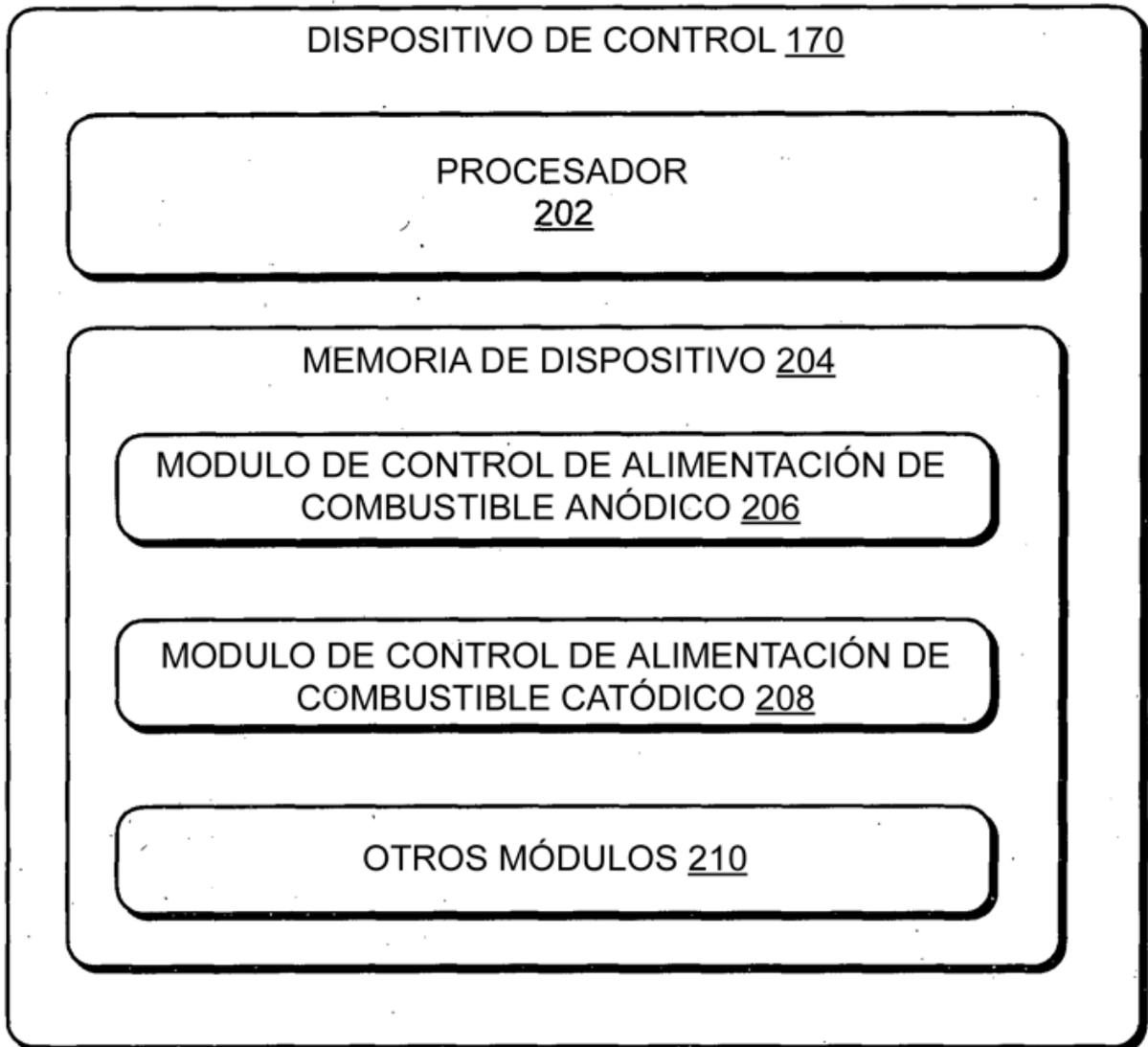


Fig. 2

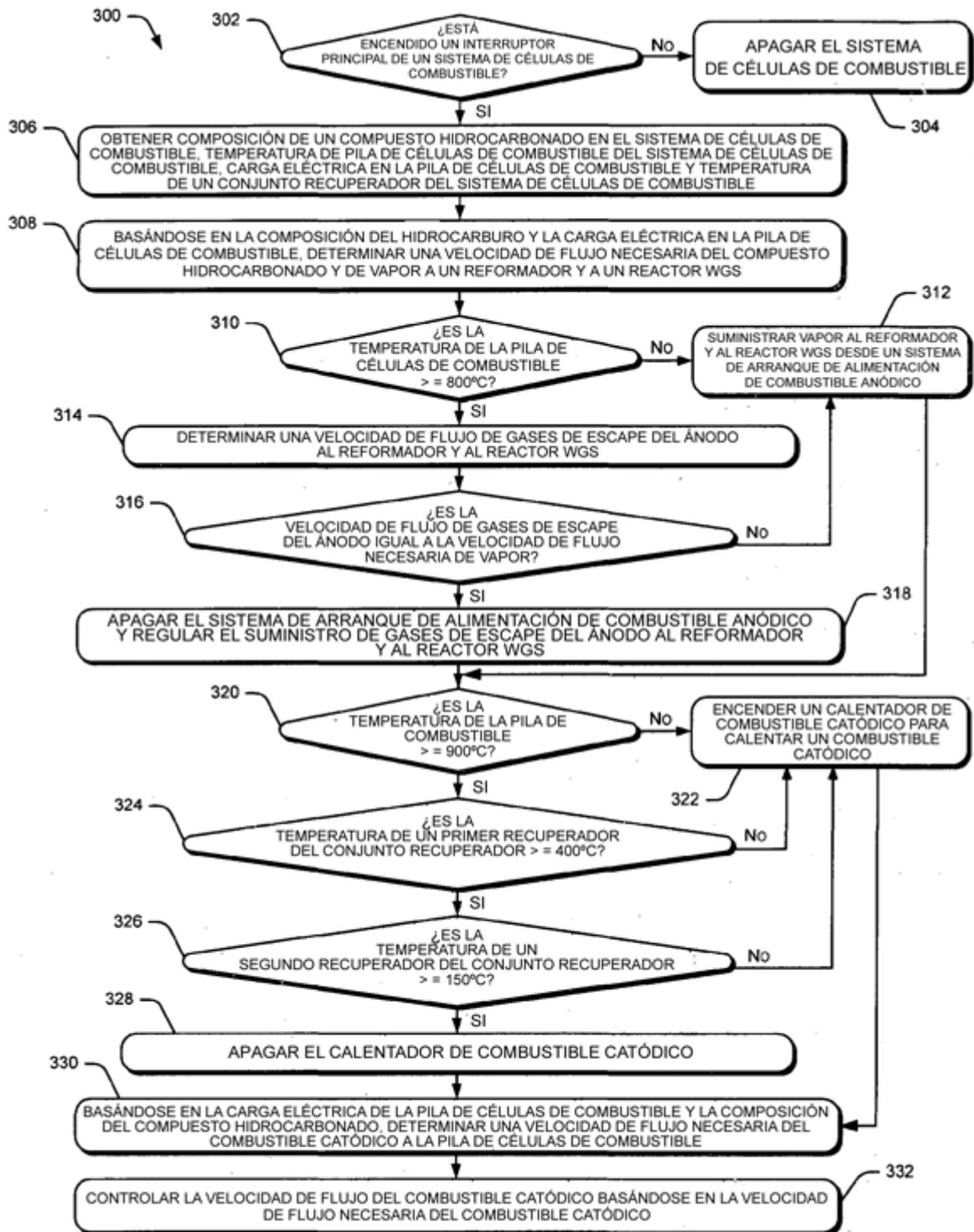


Fig. 3