

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 338**

51 Int. Cl.:

H01M 8/04828 (2006.01)

H01M 8/04291 (2006.01)

H01M 8/04313 (2006.01)

H01M 8/04119 (2006.01)

B01B 1/00 (2006.01)

H01M 8/00 (2006.01)

H01M 8/04537 (2006.01)

H01M 8/04492 (2006.01)

H01M 8/0432 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2013 PCT/US2013/062655**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.05.2014 WO14070351**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2013 E 13774592 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 2915209**

54 Título: **Método y sistema de gestión de humidificación de celdas de combustible**

30 Prioridad:

01.11.2012 US 201261721265 P

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

15.10.2019

73 Titular/es:

**NUVERA FUEL CELLS, LLC (100.0%)
129 Concord Road, Building 1
Billerica MA 01821, US**

72 Inventor/es:

**BLANCHET, SCOTT y
GAMBINI, FILIPPO**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 727 338 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

Método y sistema de gestión de humidificación de celdas de combustible

La presente divulgación está dirigida a la gestión de la humidificación de las celdas de combustible y, más particularmente, a la gestión de la humidificación de las celdas de combustible utilizadas en los sistemas de potencia.

5 Una celda de combustible es un dispositivo utilizado para generar corriente eléctrica a partir de reacciones químicas. La tecnología de celda de combustible ofrece una alternativa prometedora a las fuentes de energía tradicionales para una gama de tecnologías, por ejemplo, vehículos de transporte y aplicaciones de suministro de energía portátil. Una celda de combustible convierte la energía química de un combustible (por ejemplo, hidrógeno, gas natural, metanol, gasolina, etc.) en electricidad a través de una reacción química con oxígeno u otro agente oxidante. La reacción
10 química típicamente produce electricidad, calor y agua. Una celda de combustible básica comprende un ánodo cargado negativamente, un cátodo cargado positivamente y un material conductor de iones llamado electrolito.

Las diferentes tecnologías de celdas de combustible utilizan diferentes materiales electrolíticos. Una celda de combustible de Membrana de Intercambio de Protones (PEM), por ejemplo, utiliza una membrana polimérica conductora de iones como electrolito. En una celda de combustible de PEM de hidrógeno, los átomos de hidrógeno
15 se dividen electroquímicamente en electrones y protones (iones de hidrógeno) en el ánodo. La reacción electroquímica en el ánodo es $2\text{H}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$.

Los electrones producidos por la reacción fluyen a través de un circuito de carga eléctrica hacia el cátodo, produciendo electricidad de corriente continua. Los protones producidos por la reacción se difunden a través de la membrana del electrolito hasta el cátodo. Un electrolito puede configurarse para evitar el paso de electrones cargados negativamente
20 mientras permite el paso de iones cargados positivamente.

Tras el paso de los protones a través del electrolito, los protones pueden reaccionar en el cátodo con los electrones que han pasado a través del circuito de carga eléctrica. La reacción electroquímica en el cátodo produce agua y calor, como lo representa la reacción exotérmica: $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$.

En operación, una sola celda de combustible generalmente puede generar aproximadamente 1 voltio. Para obtener la cantidad deseada de energía eléctrica para una aplicación particular, se combinan las celdas de combustible
25 individuales para formar una pila de celdas de combustible. Las celdas de combustible se apilan juntas secuencialmente, donde cada celda incluye un cátodo, una membrana de electrolito y un ánodo. Cada conjunto de cátodo/membrana/ánodo constituye un "conjunto de electrodo de membrana" (MEA), que normalmente está soportado en ambos lados por placas bipolares. Los gases (hidrógeno y aire) se suministran a los electrodos del MEA a través de canales o ranuras formadas en las placas, que se conocen como campos de flujo. Además de proporcionar soporte mecánico, las placas bipolares (también conocidas como placas de campo de flujo o placas separadoras) separan físicamente las celdas individuales en una pila mientras las conectan eléctricamente. Las placas bipolares también actúan como colectores de corriente, proporcionan canales de acceso para el combustible y el oxidante a las respectivas superficies del electrodo, y proporcionan canales para el retiro del agua formada durante el funcionamiento de la celda de combustible. El agua formada a partir de la reacción del cátodo debe retirarse continuamente del cátodo para facilitar la reacción adicional. El agua se puede retirar del cátodo en forma de humedad de los gases de escape.

En una celda de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM), la membrana conductora de iones polimérica que actúa como electrolito requiere un cierto nivel de humedad para facilitar la conductividad de la membrana. Un desafío importante para el rendimiento óptimo de la celda de combustible es mantener la humedad adecuada de la membrana de la celda de combustible PEM. Una membrana PEM que está menos que completamente hidratada puede causar una disminución en la conductividad protónica y puede resultar en pérdida por resistencia, disminución de la energía de salida y disminución de la vida de la membrana. Por otro lado, la presencia de demasiada agua en la membrana puede inundar la membrana, bloqueando potencialmente los canales de flujo a través de la membrana y afectando negativamente el rendimiento de la celda de combustible y la vida útil operativa. Los reactivos, por ejemplo, el aire que contiene hidrógeno y oxígeno, entrando en una celda de combustible pueden variar en temperatura y humedad, y por lo tanto pueden afectar la membrana y el rendimiento de una celda de combustible PEM.

Para que una celda de combustible PEM funcione de manera eficiente y produzca la máxima energía de salida, la celda de combustible PEM debe humidificarse adecuadamente. La humidificación del aire de entrada del cátodo permite que las celdas de combustible PEM funcionen a temperaturas más altas y produzcan una mayor energía de salida. La demanda de energía de salida en celdas de combustible usadas en aplicaciones automotrices puede cambiar rápidamente dependiendo de las condiciones de la carretera y la demanda del conductor. Desafortunadamente, durante condiciones de carga parcial o menor que las condiciones de salida de energía máxima, la humidificación reduce la eficiencia como resultado de pérdidas de energía parásitas. Con frecuencia, una celda de combustible PEM estará operando a menos de la energía de salida máxima o bajo una condición de carga parcial. Por lo tanto, existe la necesidad de un método eficiente de gestión de la humidificación.

El documento US 2007/0087238 divulga un sistema de celda de combustible que incluye una celda de combustible, un controlador de operación, una unidad de verificación, una unidad de barrido, una unidad de instrucción, un sensor

de temperatura, un humidificador y un controlador de humidificación. El controlador de operación selecciona uno de un modo de operación normal y un modo de operación a baja temperatura. La unidad de verificación determina si la celda de combustible se ha iniciado en el modo de operación a baja temperatura. La unidad de instrucción proporciona una instrucción para el cierre de la generación de electricidad. Cuando la unidad de barrido realiza un barrido con base en la unidad de verificación que determina que la celda de combustible se inició en el modo de operación a baja temperatura en respuesta a una instrucción para un corte de la generación de electricidad y una temperatura real de la celda de combustible es más alta que una temperatura predeterminada, el controlador de humidificación controla una cantidad de humidificación de acuerdo con la temperatura real.

El documento WO 2006/069070 divulga técnicas para reducir el deterioro de una pila de celdas de combustible dentro de un sistema de celdas de combustible modificando el contenido de humedad de una capa catalítica de electrodo oxidante de la pila de celdas de combustible. Un sistema de celdas de combustible puede incluir una pila de celdas de combustible con un conjunto de electrodo de membrana que incluye un electrodo de combustible y un electrodo de oxidante colocado a cada lado de una membrana electrolítica soportada por una pluralidad de celdas unitarias. El sistema de celda de combustible también puede incluir un controlador capaz de disminuir el contenido de humedad de la capa catalítica del electrodo oxidante en respuesta a la detección de que un estado de carga de la pila de celdas de combustible alcanza un valor de carga predeterminado y de que el voltaje de las celdas unitarias alcanza un valor de voltaje predeterminado .

El documento WO 2009/075491 divulga una celda de combustible que funciona con alta potencia, de manera que se suministran un gas humidificado y un gas seco selectivamente como oxidante a un cátodo de la celda de combustible. Este método incluye (S1) suministrar un gas humidificado mientras se mantiene constantemente una energía hasta que la energía comienza a disminuir; (S2) después de suministrar el gas humidificado, suministrar un gas seco para obtener una energía mayor que la energía promedio del paso (S1); y (S3) después de obtener una energía predeterminada en el paso (S2), suministrar repetidamente un gas humidificado en caso de que la energía disminuya y suministrar un gas seco en caso de que la energía disminuya nuevamente después.

El documento US2011/113857 divulga un método para estimar la humedad relativa (RH) de entrada de cátodo y salida del cátodo de una pila de celdas de combustible. El método utiliza un modelo para estimar la resistencia de alta frecuencia (HFR) de la pila de celdas de combustible con base en el balance de especies de agua, y también mide la HFR de pila. Se comparan los valores HFR de la HFR estimada y la HFR medida, y se determina un error entre los valores de HFR. Luego se utiliza un algoritmo de regresión en línea para minimizar el error y la solución de la regresión es el perfil de RH en la pila, que incluye las humedades relativas de entrada y salida del cátodo.

Lao X, et al: "Comparative study of membrane humidifier and enthalpy wheel humidifier for large power fuel cell system", Journal of Fuel Cell Science and Technology, vol. 6, no. 1, febrero de 2009 divulga la comparación del rendimiento del humidificador de membrana (MH) y del humidificador de rueda de entalpía (EWH) para un sistema de gran energía de celda de combustible de membrana de intercambio de protones (PEMFC) utilizando simulaciones y experimentos. El modelo MH se basa en una ecuación de difusión unidimensional y el modelo EWH se basa en la ecuación de difusión de superficie de medios porosos. También se estudia el mecanismo de transferencia de vapor en los humidificadores.

En consideración a las circunstancias mencionadas anteriormente, la presente divulgación proporciona un método y un sistema para la gestión de la humidificación de los sistemas de energía de celdas de combustible.

Un aspecto de la presente divulgación se refiere a un método para gestionar la humidificación para un sistema de energía de celda de combustible, que comprende: suministrar aire a una corriente de entrada de cátodo de una celda de combustible; detectar un parámetro de celda de combustible asociado con la humedad de la corriente de entrada del cátodo; y operar selectivamente la celda de combustible ya sea en un modo de humidificación activa o en un modo de humidificación desactivada con base en el parámetro de la celda de combustible, en el que el modo de humidificación activa incluye agregar agua a la corriente de entrada del cátodo y el modo de humidificación desactivada incluye no agregar agua a la corriente de entrada del cátodo. El método se caracteriza por establecer umbrales para el parámetro de la celda de combustible, en el que los umbrales se basan en el diseño de la celda de combustible y teniendo en cuenta la temperatura ambiente y la energía de salida de la celda de combustible; determinar si el parámetro de la celda de combustible está por encima o por debajo de un umbral; y operar selectivamente la celda de combustible ya sea en un modo de humidificación activa si el parámetro de la celda de combustible está por encima del umbral, o en un modo de humidificación desactivada si el parámetro de la celda de combustible está por debajo del umbral, en el que el modo de humidificación desactivada incluye no agregar agua adicional a la corriente de entrada del cátodo.

Otro aspecto de la presente divulgación está dirigido a un sistema de gestión de humidificación de celda de combustible, que comprende: un conducto de suministro de aire configurado para suministrar aire a una celda de combustible; un dispositivo de humidificación configurado para suministrar un flujo de agua al conducto de suministro de aire; y un controlador configurado para detectar un parámetro de celda de combustible y solo activar o desactivar el dispositivo de humidificación con base en el parámetro de celda de combustible. El sistema se caracteriza porque el controlador está configurado para detectar un parámetro de celda de combustible asociado con la humedad de la corriente de entrada del cátodo; establece umbrales para el parámetro de celda de combustible, en el que los umbrales

5 se basan en el diseño de la celda de combustible y teniendo en cuenta la temperatura ambiente y la energía de salida de la celda de combustible; determina si el parámetro de la celda de combustible está por encima o por debajo de un umbral; y activa el dispositivo de humidificación que incluye agregar agua a la corriente de entrada del cátodo si el parámetro de la celda de combustible está por encima del umbral, o desactiva el dispositivo de humidificación que incluye no agregar agua adicional a la corriente de entrada del cátodo si el parámetro de la celda de combustible está por debajo del umbral.

Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son solo ejemplos y explicativas y no son restrictivas de la divulgación, como se reivindica.

10 Los dibujos adjuntos, que se incorporan y constituyen una parte de esta especificación, ilustran realizaciones de la presente divulgación y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la divulgación.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de parte de un sistema de energía de celda de combustible, de acuerdo con una realización a manera de ejemplo.

La FIG. 2 es un gráfico que ilustra la relación entre la temperatura ambiente y la salida de energía de la celda de combustible, de acuerdo con una realización a manera de ejemplo.

15 La FIG. 3 es un diagrama de flujo que ilustra un método de gestión de humidificación, de acuerdo con una realización a manera de ejemplo.

La FIG. 4 es un diagrama esquemático de parte de un sistema de energía de celda de combustible, de acuerdo con un realización a manera de ejemplo.

20 La FIG. 5 es un diagrama esquemático de parte de un sistema de energía de celda de combustible, de acuerdo con una realización a manera de ejemplo.

La FIG. 6 es un diagrama esquemático de parte de un sistema de energía de celda de combustible, de acuerdo con una realización a manera de ejemplo.

La FIG. 7 es un diagrama esquemático de parte de un sistema de energía de celda de combustible, de acuerdo con una realización a manera de ejemplo.

25 Ahora se hará referencia en detalle a las presentes realizaciones a manera de ejemplo de la divulgación, ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se utilizarán los mismos números de referencia en todos los dibujos para referirse a partes iguales o similares.

30 La presente divulgación se describe aquí con referencia a realizaciones ilustrativas para aplicaciones particulares, tales como, por ejemplo, un sistema de humidificación para celdas de combustible PEM para automóviles. Se entiende que las realizaciones descritas aquí no están limitadas a las mismas. Los expertos en la técnica y el acceso a las enseñanzas proporcionadas aquí reconocerán modificaciones, aplicaciones, realizaciones y sustituciones adicionales de equivalentes que caen dentro del alcance de la presente divulgación. Por ejemplo, los principios descritos aquí pueden usarse con cualquier celda de combustible PEM adecuada para cualquier aplicación adecuada (por ejemplo, aplicaciones de celdas de combustible para dispositivos automotrices, portátiles, industriales, estacionarios, de respaldo o móviles).

35 La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un sistema 100 de energía, de acuerdo con una realización a manera de ejemplo. El sistema 100 de energía puede comprender una celda 110 de combustible, un suministro 120 de aire, un dispositivo 130 de humidificación, un combustible 140 y un circuito 150 eléctrico. El combustible 140 puede comprender una variedad de combustibles, tal como hidrógeno, monóxido de carbono, metanol o hidrocarburos ligeros diluidos como el metano. La celda 110 de combustible puede comprender un ánodo 111, un cátodo 112 y una membrana (PEM) 113 de intercambio de protones. El combustible 140 se puede conectar de manera fluida a la celda 110 de combustible, y el combustible 140 se puede suministrar al ánodo 111 donde los átomos de combustible 140 se dividen electroquímicamente en electrones y protones. Los electrones fluyen a través del circuito 150 eléctrico al cátodo 112 y generan electricidad en el proceso, mientras que los protones se mueven a través del PEM 113 al cátodo 112. En el cátodo 112, los protones se combinan con los electrones y reaccionan con el oxígeno suministrado por el suministro 120 de aire para producir agua y calor.

40 La celda 110 de combustible puede comprender una celda de combustible PEM con un diseño de campo de flujo abierto. Las celdas de combustible de campo de flujo abierto se describen en la solicitud de patente de EE. UU. Pub. No. 2011/0223514. El diseño de campo de flujo abierto puede permitir que el agua producida en el cátodo 112 fluya hacia atrás y humidifique la PEM 113; en efecto, la celda 110 de combustible puede autohumidificar la PEM 113. Una PEM 113 debidamente humidificada puede funcionar de manera eficiente y proporcionar una conductividad adecuada para la transferencia de iones. Si la PEM 113 no se humedece adecuadamente, se impedirán las reacciones electroquímicas y se producirá menos electricidad. La PEM 113 puede secarse y dañarse si no se humedece adecuadamente. Además, demasiada agua en PEM 113 también puede causar problemas

El exceso de agua producida en el cátodo 112 se puede retirar de la celda 110 de combustible por medio de la corriente de salida del cátodo 160. El suministro de 120 de aire se puede suministrar al cátodo por medio de la corriente 170 de entrada del cátodo. La corriente 170 de entrada del cátodo puede pasar a través del dispositivo 130 de humidificación en ruta al cátodo 112. Además, el combustible 140 no utilizado en el ánodo 111 puede salir de la celda 110 de combustible por medio de la corriente de salida de ánodo 180. El combustible 140 no utilizado puede reciclarse para aumentar la eficiencia general del sistema de energía.

Si la celda 110 de combustible es incapaz de generar suficiente energía eléctrica para soportar una aplicación dada, la celda 110 de combustible puede apilarse (no se muestra) con una pluralidad de celdas de combustible para formar una pila de celdas de combustible.

El suministro 120 de aire puede incluir uno o más compresores de aire. El suministro 120 de aire puede regular la presión del aire y el flujo de aire que viaja a la celda 110 de combustible para limitar o prevenir daños. El suministro 120 de aire puede incluir cualquier número o tipo adecuado de compresores de aire, tal como, por ejemplo, reciprocante, tornillo rotativo, una etapa o etapas múltiples. En algunas realizaciones, el suministro 120 de aire puede recibir y comprimir aire de una fuente exterior al sistema 100 de energía. Por ejemplo, el suministro 120 de aire puede acoplarse a una fuente de reactivo (no mostrada) configurada para entregar aire al suministro 120 de aire, o puede extraer aire del ambiente circundante. En algunas realizaciones (no mostradas), el suministro 120 de aire puede configurarse para reciclar el aire que sale del cátodo 112 por medio de la corriente 160 de salida del cátodo, de modo que se reenvíe al sistema 100 de energía.

En algunas realizaciones, la fuente de la que el suministro 120 de aire deriva aire puede variar de acuerdo con uno o más factores, por ejemplo, disponibilidad, temperatura, presión o humedad. La variabilidad en la fuente para el suministro 120 de aire puede conducir a una variabilidad en el aire suministrado al cátodo 112. En algunas realizaciones, el suministro 120 de aire puede configurarse para aceptar aire de una o más de estas fuentes. El suministro 120 de aire puede aceptar aire de ambiente de un entorno de celda 110 de combustible. El aire ambiente puede tener entre 0 -100 por ciento de humedad relativa, medida a la temperatura del aire de ambiente.

El dispositivo 130 de humidificación se puede conectar de manera fluida a la corriente 170 de entrada del cátodo entre el suministro 120 de aire y la entrada del cátodo 112. El dispositivo 130 de humidificación puede configurarse para funcionar en uno solo de dos modos, en el que un modo está activo y otro modo está desactivado (es decir, encendido o apagado). Cuando se opera en modo de humidificación activa, el dispositivo 130 de humidificación se puede configurar para agregar agua a la corriente 170 de entrada del cátodo, elevando la humedad del aire suministrado al cátodo 112. Cuando se opera en modo de humidificación activa, el dispositivo 130 de humidificación puede agregar una rata de flujo de agua para lograr una humedad relativa de la corriente 170 de entrada del cátodo mayor que aproximadamente 49% cuando se evalúa a la temperatura de entrada del cátodo 112. En diversas realizaciones, la humedad relativa de aproximadamente 49% puede variar entre +/- 1%, 2%, 5% o 10%. Cuando se opera en modo de humidificación desactivada, el dispositivo 130 de humidificación se puede configurar para agregar poca o ninguna agua a la corriente 170 de entrada del cátodo. El dispositivo 130 de humidificación puede ser alimentado por el circuito 150 eléctrico u otra fuente de energía alternativa.

En varias realizaciones, se puede usar un control binario para cambiar el dispositivo 130 de humidificación entre el modo de humidificación activa y desactivada. Bajo control binario, el dispositivo 130 de humidificación cuando funciona en modo de humidificación activa, puede configurarse para suministrar solo alrededor del 100% de la capacidad de flujo. Mientras opera en modo de humidificación desactivada, el dispositivo 130 de humidificación puede configurarse para suministrar solo aproximadamente 0% de la capacidad de flujo. Por lo tanto, el control binario se puede configurar de modo que el dispositivo 130 de humidificación solo suministre ya sea aproximadamente 0% de flujo (modo inactivo) o aproximadamente 100% de flujo (modo activo). Mientras se opera en modo de humidificación activa, el flujo se mantiene sustancialmente a aproximadamente 100% de la capacidad de flujo. Mientras se opera en modo de humidificación desactivada, el flujo se mantiene sustancialmente en aproximadamente el 0% de la capacidad de flujo.

En realizaciones alternativas (no mostradas), el dispositivo 130 de humidificación se puede integrar en la celda 110 de combustible o en una pila de celdas de combustible, lo que lo convierte en un solo dispositivo. La humidificación integrada puede comprender placas adicionales ensambladas en la celda de combustible o pila de celdas de combustible. Las placas adicionales pueden separar la pila en zonas de celda de combustible y zonas de humidificación. Las zonas de humidificación pueden incluir una membrana hidrófila que puede permitir que el agua refrigerante penetre a través de la membrana y humidifique el gas en la zona adyacente. Activar y desactivar la humidificación puede comprender controlar el agua del refrigerante. La humidificación integrada puede reducir los requisitos de espacio y la cantidad de equipos de interconexión. Además, un controlador integrado puede configurarse para detectar un parámetro de celda de combustible y controlar el modo de humidificación con base en el parámetro de celda de combustible.

Como se describió anteriormente, varias reacciones ocurren dentro de la celda 110 de combustible. Los protones y los electrones se combinan en el cátodo 112, luego reaccionan con el oxígeno para producir agua y calor. El calor producido se puede retirar de la celda 110 de combustible por una variedad de mecanismos. Por ejemplo, la celda de combustible puede incluir canales de refrigerante que permiten que el flujo de líquido refrigerante elimine el calor de la celda de combustible y expulse el calor externamente. Además, se puede utilizar un intercambiador 190 de calor

5 para expulsar el exceso de calor generado. El intercambiador 190 de calor puede comprender, por ejemplo, una concha y un tubo, una placa, una placa y una concha, o una placa y un intercambiador de calor de aletas. El intercambiador 190 de calor puede estar adyacente a la celda 110 de combustible, por lo que el calor generado viaja al intercambiador de calor por medio de la conducción. Una disposición alternativa puede incluir tener un flujo de fluido refrigerante a través de la celda 110 de combustible y transportar el exceso de calor al intercambiador 190 de calor donde puede ser expulsado.

10 La temperatura de funcionamiento de la celda 110 de combustible puede depender de varios factores, que incluyen la temperatura ambiente, la salida de energía de la celda de combustible, la construcción de la celda de combustible y el diseño del intercambiador 190 de calor. Por ejemplo, si la temperatura ambiente es alta, la temperatura de la celda 110 de combustible será correspondientemente más alta para que el intercambiador 190 de calor rechace una cantidad dada de calor a la atmósfera circundante. En contraste, si la temperatura ambiente es baja, la temperatura de la celda 110 de combustible será correspondientemente más baja para que el intercambiador 190 de calor rechace una cantidad dada de calor a la atmósfera circundante. Los cambios en la temperatura ambiente típicamente ocurren gradualmente debido a la naturaleza del clima.

15 La cantidad de salida de energía de la celda 110 de combustible a través del circuito 150 eléctrico puede afectar la temperatura de operación de la celda 110 de combustible. Por ejemplo, más energía requiere mayores reacciones de ánodo y cátodo, lo que aumenta la generación de calor. A diferencia de los cambios de temperatura ambiente, que generalmente ocurren gradualmente, los cambios en la salida de energía pueden ocurrir rápidamente. Por ejemplo, una celda de combustible que alimenta un vehículo puede esperar cambios rápidos en la salida de energía requerida cuando el vehículo está en el tráfico, lo que requiere que el vehículo acelere y disminuya la velocidad repetidamente. Por el contrario, un vehículo que circula a una velocidad constante, en una carretera abierta, no experimentará una variación sustancial en la salida de energía de la celda de combustible.

20 El sistema 100 de energía bajo condiciones normales de operación puede operar con el modo de humidificación desactivada seleccionado porque la corriente 170 de entrada del cátodo de humidificación bajo condiciones normales de operación es innecesaria e ineficiente debido a la pérdida de energía parásita. Sin embargo, las condiciones normales de funcionamiento de la celda 110 de combustible pueden excederse, por ejemplo, si la temperatura ambiente o la salida de energía aumentan a niveles suficientes. Cuando se exceden las condiciones de operación normales, los parámetros de operación de la celda 110 de combustible pueden cambiar. Por ejemplo, la temperatura de funcionamiento de la celda 110 de combustible puede aumentar porque el intercambiador 190 de calor ya no puede eliminar el calor a la tasa a la que se genera. El tamaño de intercambiador 190 de calor puede aumentarse, sin embargo, el tamaño del intercambiador 190 de calor puede volverse irrazonable para un empaque efectivo en el vehículo o sistema de energía objetivo.

25 La temperatura deseada para la operación de la celda 110 de combustible se puede calcular considerando la construcción, el diseño y la aplicación (es decir, el material de construcción, el diseño del campo de flujo, etc.) de la celda 110 de combustible, el tamaño/rendimiento del intercambiador 190 de calor, y rendimiento de la celda 110 de combustible. La temperatura objetivo puede representar el umbral de temperatura en el que la auto humidificación de la PEM 113 por el agua generada en el cátodo 112 ya no puede humedecer adecuadamente la PEM 113 porque la tasa de vapor de agua perdida a través de la corriente 160 de salida del cátodo es mayor que la tasa del agua generada por las reacciones de la celda de combustible.

30 En lugar de aumentar el tamaño del intercambiador 190 de calor para mantenerse por debajo del umbral de temperatura de la celda 110 de combustible, la celda 110 de combustible puede operar en o por encima del umbral de temperatura seleccionando el modo de humidificación activa. El modo de humidificación activa puede proporcionar humedad adicional al cátodo 112 y PEM 113. La humedad adicional puede ser proporcionada por la corriente 170 de entrada del cátodo cuando se selecciona el modo de humidificación activa. Operar por encima del umbral de temperatura puede permitir que la celda 110 de combustible produzca más energía además de permitir que la celda 110 de combustible funcione en condiciones de temperatura ambiente más altas. La temperatura de funcionamiento de la celda 110 de combustible está típicamente dentro de un intervalo de aproximadamente 60 a aproximadamente 95 grados Celsius. La temperatura ambiente durante el funcionamiento de la celda de combustible puede estar dentro de un intervalo de aproximadamente -40 a aproximadamente 60 grados Celsius.

35 La FIG. 2 es un gráfico que ilustra una relación entre la temperatura ambiente, la salida de energía de la celda de combustible y la temperatura de operación de la celda de combustible para la celda 110 de combustible, de acuerdo con una realización a manera de ejemplo. Con base en el diseño de la celda 110 de combustible, a una salida de energía dada y a una temperatura ambiente dada, se puede trazar un punto de operación en el gráfico. El punto de operación puede corresponder a la temperatura de operación esperada para la celda 110 de combustible.

40 También se puede ilustrar un umbral 210 de temperatura. La región a la derecha del umbral 210 de temperatura representa los puntos operativos en los que puede ser más eficiente seleccionar el modo de humidificación activa. La región a la izquierda del umbral 210 de temperatura puede representar puntos operativos en los que puede ser más eficiente seleccionar el modo de humidificación desactivada. La FIG. 2 ilustra que a una salida de energía más baja, se puede tolerar una temperatura ambiente más alta mientras se mantiene por debajo del umbral 210 de temperatura.

Además, a una temperatura ambiente más baja, se puede tolerar una mayor salida de energía mientras se mantiene por debajo del umbral 210 de temperatura.

5 Cuando la celda 110 de combustible está operando en el punto A, la temperatura ambiente puede ser relativamente alta, pero la energía de salida puede ser relativamente baja. En ese punto de operación, la temperatura de operación de la celda 110 de combustible puede estar alrededor de 5 grados Celsius por debajo del umbral 210 de temperatura. Si, por ejemplo, la salida de energía de la celda 110 de combustible aumenta, el punto de operación de la celda 110 de combustible puede moverse del punto A al punto B. La transición desde el punto A al punto B causaría que la temperatura de operación de la celda 110 de combustible aumente y supere el umbral 210 de temperatura. Como se describió anteriormente, cuando la temperatura de operación alcanza y excede el umbral 210 de temperatura, la auto humidificación de PEM 113 ya no es adecuada. Sin embargo, se puede seleccionar el modo de humidificación activa y se puede aumentar la temperatura de funcionamiento permitida de la celda 110 de combustible para permitir que la celda 110 de combustible opere en el punto B.

15 En un ejemplo adicional, en el punto D, la temperatura de operación actual de la celda de combustible puede exceder el umbral 210 de temperatura. La selección del modo de humidificación activa puede ser beneficiosa para la eficiencia del sistema 100 de energía. Si la temperatura ambiente desciende mientras la salida de energía se mantiene sustancialmente constante, entonces el punto de operación de la celda 110 de combustible puede moverse del punto D al punto C. El movimiento del punto D al punto C disminuirá la temperatura de operación de la celda 110 de combustible debajo del umbral 210 de temperatura, haciendo que el modo de humidificación desactiva sea más eficiente. En este ejemplo, no seleccionar el modo de humidificación desactivada cuando se realiza la transición del punto D al punto C puede crear una ineficiencia porque la autohumidificación de la PEM 113 es suficiente y continuar operando el dispositivo 130 de humidificación puede resultar en una pérdida de energía parasitaria.

20 Otro ejemplo, en el punto E puede seleccionarse el modo de humidificación desactivada, debido a que la temperatura de operación está por debajo del umbral 210 de temperatura. Si la temperatura ambiente disminuye y la salida de energía aumenta, el estado de operación de la celda 110 de combustible puede moverse del punto E al punto F. A pesar del aumento en la salida de energía, el modo de humidificación puede permanecer inactivo debido a que el aumento en la salida de energía se compensó con la disminución de la temperatura ambiente lo que no produce cambios en la temperatura de funcionamiento de la celda 110 de combustible.

25 En la mayoría de los casos, durante el funcionamiento normal, el punto de operación de la celda 110 de combustible puede estar por debajo del umbral 210 de temperatura. Por lo tanto, la mayoría de las veces el modo de humidificación seleccionado puede ser desactivado. El modo de humidificación desactivada es beneficioso porque con el dispositivo 130 de humidificación desactivada, la pérdida de energía parásita se puede reducir o eliminar. Mientras que, si el dispositivo 130 de humidificación permanece activo de forma continua o durante un período de tiempo considerable, las condiciones de carga parcial (es decir, las condiciones por debajo del umbral 210 de temperatura) reducen la eficiencia del sistema 100 de energía.

30 La FIG. 3 muestra un diagrama 300 de flujo, para un método de gestión de humidificación para el sistema 100 de energía de celda de combustible, de acuerdo con varias realizaciones. En el paso S1, se puede realizar una evaluación del estado actual de operación del sistema 100 de energía. La evaluación del estado actual de operación puede comprender la detección de un parámetro de celda de combustible que puede ser una temperatura de celda de combustible, una temperatura de refrigerante de celda de combustible, una temperatura de corriente de salida de cátodo de celda de combustible, una salida de energía de celda de combustible, una carga de celda de combustible, una humedad de corriente de salida de cátodo, una resistencia de celda de combustible, o una temperatura ambiente. Se puede establecer un umbral de parámetro de celda de combustible para cualquiera de los parámetros de celda de combustible.

35 Después de completar el paso S1, el siguiente paso S2, comprende determinar si el parámetro de celda de combustible detectado en el paso S1 está actualmente por encima o por debajo del umbral de parámetro de celda de combustible para el parámetro correspondiente. Esto puede incluir, por ejemplo, comparar la temperatura actual de la celda 110 de combustible con el umbral de 210 de temperatura.

40 Si el parámetro de celda de combustible detectado está por encima del umbral de parámetro de celda de combustible correspondiente, el paso S3 puede incluir la selección del modo de humidificación activa. La selección del modo de humidificación activa puede comprender la activación del dispositivo 130 de humidificación si aún no está activo. Si el parámetro de celda de combustible detectado está por debajo del umbral de parámetro de celda de combustible correspondiente, el paso S4 puede incluir la selección del modo de humidificación desactivada. La selección del modo de humidificación desactivada puede comprender la desactivación del dispositivo 130 de humidificación si está activo actualmente. Después de completar el paso S3 o S4, el diagrama de flujo puede proceder al paso S5, que comprende regresar al inicio del diagrama de flujo para que los pasos se puedan repetir.

45 La rata a la que se repiten los pasos S1-S5 se puede ajustar. Por ejemplo, si se desea una mejor eficiencia, entonces la rata del ciclo para los pasos S1-S5 se puede aumentar para minimizar la cantidad de tiempo durante el cual se selecciona el modo de humidificación activa cuando no es beneficioso. Por ejemplo, si los pasos se repiten cada 60 segundos, entonces se seleccionará el modo de humidificación desactivada dentro de un período de 60 segundos de

caída por debajo del umbral 210 de temperatura. Mientras que, si los pasos se repiten cada 1 segundo, el modo de humidificación desactivada se seleccionará dentro de un período de 1 segundo después de la caída por debajo del umbral 210 de temperatura. Para limitar la vibración (es decir, ciclos repetidos entre el modo de humidificación activa y desactivada) se puede implementar una banda muerta por encima y por debajo del umbral o la rata de ciclo para los pasos S1 a S5 se puede reducir. Los algoritmos de control alternativos también se pueden seleccionar para garantizar una funcionalidad controlada rápida y estable, incluyendo la retroalimentación proporcional, la retroalimentación proporcional-integral, la retroalimentación proporcional-integral-diferencial, así como las disposiciones con base en modelos o alimentación de avance.

En una realización alternativa, la selección del modo de humidificación activa o desactivada para el sistema 100 de energía puede basarse en la humedad de la corriente 160 que sale del cátodo. La humedad de la corriente 160 de salida del cátodo puede correlacionarse con el nivel de PEM 113 de autohumidificación. Por ejemplo, una lectura de alta humedad de la corriente 160 de salida del cátodo puede indicar una autohumidificación adecuada de la PEM 113. Mientras que, una lectura de baja o casi cero humedad de la corriente 160 de salida del cátodo puede indicar una auto-humidificación inadecuada de la PEM 113. Por lo tanto, se puede calcular un umbral de humedad para la humedad de la corriente 160 de salida del cátodo. El umbral de humedad puede representar el nivel de humedad para la corriente 160 de salida del cátodo, en la cual la autohumidificación de la PEM 113 ya no es adecuada. De manera similar al control con base en la temperatura, cuando se alcanza el umbral de humedad, se puede seleccionar el modo de humidificación activa para suministrar humedad adicional a la PEM 113 mediante la humidificación de la corriente 170 de entrada del cátodo.

En otra realización, la selección del modo de humidificación activa o desactivada para el sistema 100 de energía se puede basar en una medición de resistencia de celda. La resistencia de celda de la celda 110 de combustible puede correlacionarse con el nivel de la PEM 113 de autohumidificación. Por ejemplo, cuando la PEM 113 está completamente hidratada porque la autohumidificación es adecuada, la conductividad de la PEM 113 es óptima y la resistencia celular es mínima. Mientras que, si la PEM 113 no está completamente hidratada debido a que la autohumidificación de la PEM 113 no es adecuada, entonces la conductividad de la PEM 113 se reducirá y la resistencia celular aumentará. Por lo tanto, se puede calcular un umbral de resistencia de celda para la celda 110 de combustible. El umbral de resistencia puede representar la resistencia de celda en la cual la autohumidificación de la PEM 113 ya no es adecuada. Al igual que el control con base en la humedad y la temperatura, cuando se alcanza el umbral de resistencia, se puede seleccionar el modo de humidificación activa para suministrar humedad adicional a la PEM 113 mediante la humidificación de la corriente 170 de entrada del cátodo. La humedad adicional puede saturar completamente la PEM 113 y permitir que la PEM 113 mantenga la conductividad y limite el aumento de la resistencia de la celda.

En varias realizaciones, la gestión de la humidificación puede comprender seleccionar el modo de humidificación activa o desactivada con base en una combinación del umbral de temperatura, el umbral de humedad y el umbral de resistencia de la celda. Por ejemplo, la selección del modo de humidificación activa puede basarse en la resistencia de la celda que excede el umbral de resistencia de la celda y la selección del modo de humidificación desactivada puede basarse en la temperatura de operación de la celda de combustible que cae por debajo de la temperatura de la celda de combustible. Además de los umbrales con base en la temperatura del refrigerante de la celda de combustible, se puede utilizar una temperatura de la corriente de salida del cátodo de la celda de combustible, una salida de energía de la celda de combustible, la carga de la celda de combustible o la temperatura ambiente para la gestión de la humidificación. Los umbrales se pueden utilizar en una variedad de combinaciones para maximizar la eficiencia.

Los umbrales de los parámetros de la celda de combustible se pueden calcular de varias maneras. Por ejemplo, se puede ejecutar un proceso de calibración para cada celda 110 de combustible o sistema 100 de energía para determinar el umbral para cada parámetro. El proceso de calibración se puede ejecutar solo una vez en el arranque inicial de la celda 110 de combustible o se puede ejecutar varias veces a una frecuencia variable para asegurar la compensación de cualquier degradación de los componentes del sistema 100 de energía. Además, se pueden desarrollar ecuaciones para calcular los umbrales con base en el diseño de la celda 110 de combustible. Las ecuaciones se pueden usar para generar tablas de consulta que toman en cuenta la temperatura ambiente y la energía de salida de la celda de combustible 100. Finalmente, los umbrales se pueden calcular con base en los datos de operación empíricos, que se pueden recopilar durante la prueba inicial/puesta en marcha o pueden tener lugar continuamente durante la operación.

Se puede realizar de varias maneras la humidificación de la corriente 170 de entrada del cátodo por el dispositivo 130 de humidificación cuando se selecciona el modo de humidificación activa. Las siguientes realizaciones comprenden diferentes configuraciones para el dispositivo 130 de humidificación, de acuerdo con diversas realizaciones.

La FIG. 4 es un diagrama esquemático de un sistema 400 de energía, de acuerdo con una realización a manera de ejemplo. Como en la FIG. 1, el sistema 400 de energía puede comprender una celda 410 de combustible, un suministro 420 de aire, un dispositivo 430 de humidificación, un combustible 440, un circuito 450 eléctrico y un intercambiador de calor 490. El dispositivo 430 de humidificación puede comprender un condensador 431, una bomba 432 y una boquilla 433. Como se discutió en la FIG. 1, el agua producida en un cátodo 412 se puede eliminar de la celda 410 de combustible por medio de una corriente 460 de salida del cátodo. La corriente 460 de salida del cátodo puede suministrar al condensador 431. El condensador 431 puede condensar el vapor de agua en la corriente 460 de salida

del cátodo en líquido. El líquido en el condensador 431 puede extraerse o alimentarse desde el condensador 431 a la bomba 432. La bomba 432 puede bombear el agua condensada desde el condensador 431 a través de la boquilla 433 a una corriente 470 de entrada del cátodo. La bomba 432 puede ser una bomba centrífuga, una bomba de diafragma, una bomba dosificadora, un lóbulo rotatorio, una cavidad progresiva o equivalente. Para varias realizaciones que tienen control binario, la bomba puede ser activada por un inductor de motor que solo tiene control de encendido o apagado. La bomba 432, mientras está encendida, puede bombear agua a un flujo sustancialmente constante. La bomba 432 puede ser alimentada por un circuito 450 eléctrico u otra fuente de energía.

La boquilla 433 puede facilitar la mezcla del agua condensada bombeada desde el condensador 431 a la corriente 470 de entrada del cátodo. El agua condensada bombeada a través de la boquilla 433 se mezcla con el aire del suministro 420 de aire antes de ser bombeado al cátodo 412. La mezcla resultante que se alimenta al cátodo 412 tiene un nivel de humedad más alto que el del suministro 420 de aire.

La selección del modo de humidificación activa o desactivada puede comprender la activación o desactivación del dispositivo 430 de humidificación, que puede incluir la activación o desactivación de la bomba 432 y el condensador 431. Con la bomba 432 y el condensador 431 desactivados, no se bombea agua desde el condensador 431 a través de la boquilla 433 hacia la corriente de entrada del cátodo. Por lo tanto, cuando no se bombea agua, la humedad de la corriente 470 de entrada del cátodo puede ser sustancialmente igual a la humedad del suministro 420 de aire.

La FIG. 5 es un diagrama esquemático de un sistema 500 de energía, de acuerdo con una realización a manera de ejemplo. Como en la FIG. 1 y la FIG. 4, el sistema 500 de energía puede comprender una celda 510 de combustible, un suministro 520 de aire, un dispositivo 530 de humidificación, un combustible 540, un circuito 550 eléctrico y un intercambiador 590 de calor. El dispositivo 530 de humidificación puede comprender una rueda 531 de entalpia. La rueda 531 de entalpia puede comprender un cilindro giratorio hecho de material permeable al aire. Por ejemplo, la rueda 531 de entalpia se puede construir de material de panel de cerámica. El material puede tener un recubrimiento desecante que puede aumentar la capacidad de absorber humedad y transferir esa humedad desde una corriente a otra corriente. La rueda 531 de entalpia puede rotar entre la corriente 570 de entrada del cátodo y la corriente 560 de salida del cátodo. La rotación de la rueda 531 de entalpia puede realizarse a una velocidad constante. La rotación puede permitir que la rueda 531 de entalpia absorba la humedad agotada en la corriente 560 de salida del cátodo y transfiera esa humedad a la corriente 570 de entrada del cátodo.

La selección del modo de humidificación activa o desactivada puede comprender activar o desactivar el dispositivo 531 de humidificación, que puede incluir activar o desactivar la rueda 531 de entalpia. Con la rueda 531 de entalpia desactivada, la rueda no girará y la humedad no se transferirá desde la corriente 560 de salida del cátodo a la corriente 570 de entrada del cátodo.

En una realización alternativa (no mostrada), la corriente 560 de salida del cátodo puede desviarse alrededor de la rueda 530 de entalpia cuando se selecciona el modo de humidificación desactivada y el dispositivo 530 de humidificación está inactivo. El dispositivo 530 de humidificación se puede configurar de manera tal que una válvula (no mostrada) desvíe la corriente 560 de salida del cátodo y/o la corriente 570 de entrada del cátodo alrededor de la rueda 330 de entalpia.

La FIG. 6 es un diagrama esquemático de un sistema 600 de energía, de acuerdo con una realización a manera de ejemplo. Como en la FIG. 1, 4 y 5, el sistema 600 de energía puede comprender una celda 610 de combustible, un suministro 620 de aire, un dispositivo 630 de humidificación, un combustible 640, un circuito 650 eléctrico y un intercambiador 690 de calor. El dispositivo 630 de humidificación puede comprender un humidificador 631 y una válvula 632. El humidificador 631 puede comprender un humidificador de estilo de transferencia de vapor de agua. Por ejemplo, el humidificador 631 puede comprender un humidificador de intercambio de membrana plano o tubular. El humidificador 631 puede recibir el flujo del suministro 620 de aire por medio de la válvula 632. El flujo recibido de la válvula 632 puede pasar por el humidificador 631 y luego enviarse a la celda 610 de combustible por medio de una corriente 670 de entrada del cátodo. Una corriente 660 de salida del cátodo puede salir de la celda 610 de combustible que lleva la humedad formada por la reacción del cátodo y suministrar esa humedad al humidificador 631. Dentro del humidificador 631, la humedad de la corriente 660 de salida del cátodo se transfiere a la corriente 670 de entrada del cátodo.

La válvula 632 puede configurarse para desviar el flujo del suministro 620 de aire alrededor del humidificador 631 y alimentar la corriente 670 de entrada del cátodo directamente desde el suministro 620 de aire. La válvula 632 puede comprender una válvula de tres vías o una combinación de válvulas acopladas entre sí o que actúan en combinación. Para diversas realizaciones que tienen control binario, la válvula 632 o la combinación de válvulas puede comprender dos válvulas de estado, encendidas/abiertas o apagadas/cerradas.

La FIG. 7 es un diagrama esquemático de un sistema 700 de energía, de acuerdo con una realización a manera de ejemplo. Como en la FIG. 1, 4-6, el sistema 700 de energía puede comprender una celda 710 de combustible, un suministro 720 de aire, un dispositivo 730 de humidificación, un combustible 740, un circuito 750 eléctrico y un intercambiador 790 de calor. Además de estos componentes, el sistema 700 de energía puede comprender un controlador 780.

5 El controlador 780 puede realizar los pasos S1-S5 que se muestran en la figura 3. El controlador 780 puede detectar un parámetro de celda de combustible que puede ser una temperatura de celda de combustible, una temperatura de refrigerante de celda de combustible, una temperatura de corriente de salida de cátodo de celda de combustible, una carga de celda de combustible, una temperatura ambiente, una humedad de salida del cátodo, una resistencia de celda de combustible o una salida de energía de celda de combustible. El controlador 780 puede calcular los umbrales de los parámetros de la celda de combustible o pueden ser programados o transmitidos al controlador 780 por una fuente externa. El controlador 780 puede comparar al menos un parámetro de celda de combustible con al menos un umbral de parámetro de celda de combustible. Con base en la comparación, el controlador 780 puede activar o desactivar el dispositivo 730 de humidificación. Además, la rata de ciclo de los pasos S1-S5 se puede programar o
10 ajustar mediante el controlador 780.

Otras realizaciones de la presente divulgación serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la consideración de la especificación y la práctica de la presente divulgación. Se pretende que la especificación y los ejemplos se consideren solo a modo de ejemplo, con un verdadero alcance de la presente divulgación que se indica en las siguientes reivindicaciones.

15

REIVINDICACIONES

1. Un método de gestión de humidificación para un sistema de energía de celda de combustible, que comprende:
suministrar aire a una corriente de entrada de cátodo de una celda de combustible;
5 detectar un parámetro de celda de combustible asociado con la humedad de la corriente (S1) de entrada del cátodo;
y
operar selectivamente la celda de combustible ya sea en un modo (S3) de humidificación activa o en un modo (S4) de
humidificación desactivada con base en el parámetro de la celda de combustible, en el que el modo de humidificación
activa incluye agregar agua a la corriente de entrada del cátodo y el modo de humidificación desactivada incluye no
agregar agua adicional a la corriente de entrada del cátodo;
- 10 caracterizado por:
establecer umbrales para el parámetro de celda de combustible, en el que los umbrales se basan en el diseño de la
celda de combustible y teniendo en cuenta la temperatura ambiente y la energía de salida de la celda de combustible;
determinar si el parámetro de la celda de combustible está por encima o por debajo de un umbral (S2); y
15 operar selectivamente la celda de combustible ya sea en un modo de humidificación activa si el parámetro de la celda
de combustible está por encima del umbral (S3), o en un modo de humidificación desactivada si el parámetro de la
celda de combustible está por debajo del umbral (S4).
2. El método de la reivindicación 1, en el que el modo (S3) de humidificación activa agrega una tasa de flujo de agua
para lograr una humedad relativa de la corriente de entrada del cátodo superior al 49% cuando se evalúa a la
temperatura de entrada del cátodo.
- 20 3. El método de la reivindicación 1, en el que el modo (S3) de humidificación activa comprende condensar el agua que
sale de la celda de combustible de una corriente de salida del cátodo, extraer el agua condensada y bombear el agua
extraída a través de una boquilla hacia la corriente de entrada del cátodo.
4. El método de la reivindicación 1, en el que el parámetro de celda de combustible incluye al menos uno de una
temperatura de celda de combustible, una temperatura de refrigerante de celda de combustible, una temperatura de
25 corriente de salida de celda de combustible, una salida de energía de celda de combustible, una carga de celda de
combustible, una humedad de corriente de salida del cátodo, una temperatura ambiente y una resistencia de la celda
de combustible.
5. El método de la reivindicación 1, en el que el modo (S3) de humidificación activa comprende dirigir el aire a través
de un humidificador de membrana y hacia la celda de combustible.
- 30 6. El método de la reivindicación 1, en el que el modo (S3) de humidificación activa comprende girar una rueda de
entalpía.
7. El método de la reivindicación 1, en el que el modo (S4) de humidificación desactivada comprende suministrar aire
de ambiente a la corriente de entrada del cátodo.
- 35 8. El método de la reivindicación 1, en el que la celda de combustible genera más energía de salida y funciona a una
temperatura más alta cuando está en el modo (S3) de humidificación activa que en el modo (S4) de humidificación
desactivada.
9. Un sistema de gestión de humidificación de celda de combustible, que comprende:
un conducto (720) de suministro de aire configurado para suministrar aire a una celda (710) de combustible;
un dispositivo (730) de humidificación configurado para suministrar un flujo de agua al conducto (720) de suministro de
40 aire; y
un controlador (780) configurado para:
detectar un parámetro de celda de combustible y
activar o desactivar el dispositivo (730) de humidificación con base en el parámetro de celda de combustible;
caracterizado porque el controlador (780) está configurado para:
45 detectar un parámetro de celda de combustible asociado con la humedad de la corriente de entrada del cátodo;

establecer umbrales para el parámetro de la celda de combustible, en el que los umbrales se basan en el diseño de la celda (710) de combustible y teniendo en cuenta la temperatura ambiente y la salida de energía de la celda de combustible;

determinar si el parámetro de la celda de combustible está por encima o por debajo de un umbral; y

- 5 activar el dispositivo (730) de humificación, incluyendo la adición de agua a la corriente de entrada del cátodo si el parámetro de la celda de combustible está por encima del umbral, o desactivar el dispositivo (730) de humificación, incluyendo la adición de agua adicional a la corriente de entrada del cátodo, si el parámetro de la celda de combustible está por debajo del umbral
- 10 10. El sistema de la reivindicación 9, en el que el parámetro de celda de combustible incluye al menos uno de una temperatura de celda de combustible, una temperatura de refrigerante de celda de combustible, una temperatura de corriente de salida de celda de combustible, una salida de energía de celda de combustible, una carga de celda de combustible, una humedad de corriente de salida de cátodo, una temperatura ambiente y una resistencia de la celda de combustible.
- 15 11. El sistema de la reivindicación 9, en el que el dispositivo (430) de humificación comprende un condensador (431), una bomba (432) y una boquilla (433), y cuando está activado por el controlador está configurado para encender el condensador (431) y la bomba (432), para permitir que el agua condensada fluya desde el condensador (431) y se bombee a través de la boquilla (432) a la corriente (470) de entrada del cátodo.
12. El sistema de la reivindicación 9, en el que el dispositivo (630) de humidificación comprende:
un humidificador (631) de membrana; y
- 20 una válvula (632) configurada para dirigir la corriente (670) de entrada del cátodo alrededor del humidificador (631) de membrana y en un cátodo de la celda de combustible directamente, sin pasar por el humidificador (631) de membrana.
13. El sistema de la reivindicación 9, en el que el dispositivo (530) de humidificación comprende una rueda (531) de entalpía configurada para girar cuando está activa y para no girar cuando está inactiva.
- 25 14. El sistema de la reivindicación 9, en el que la corriente de entrada del cátodo comprende aire de ambiente cuando el dispositivo de humidificación está inactivo.
15. El sistema de la reivindicación 9, en el que el controlador (780) está configurado para detectar el parámetro de la celda de combustible dentro de un período de 60 segundos durante el modo de humidificación activa y desactivada.

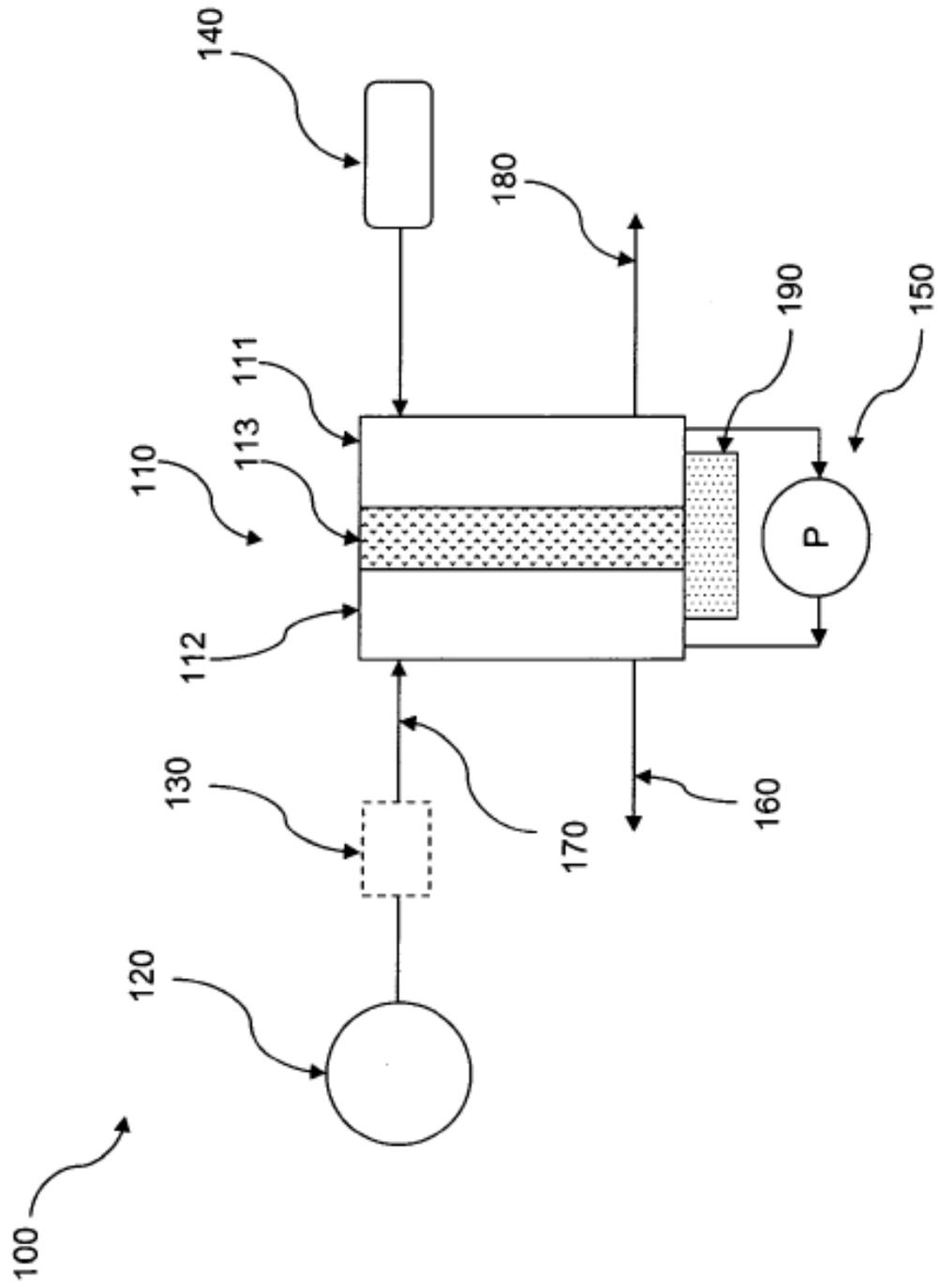


FIG. 1

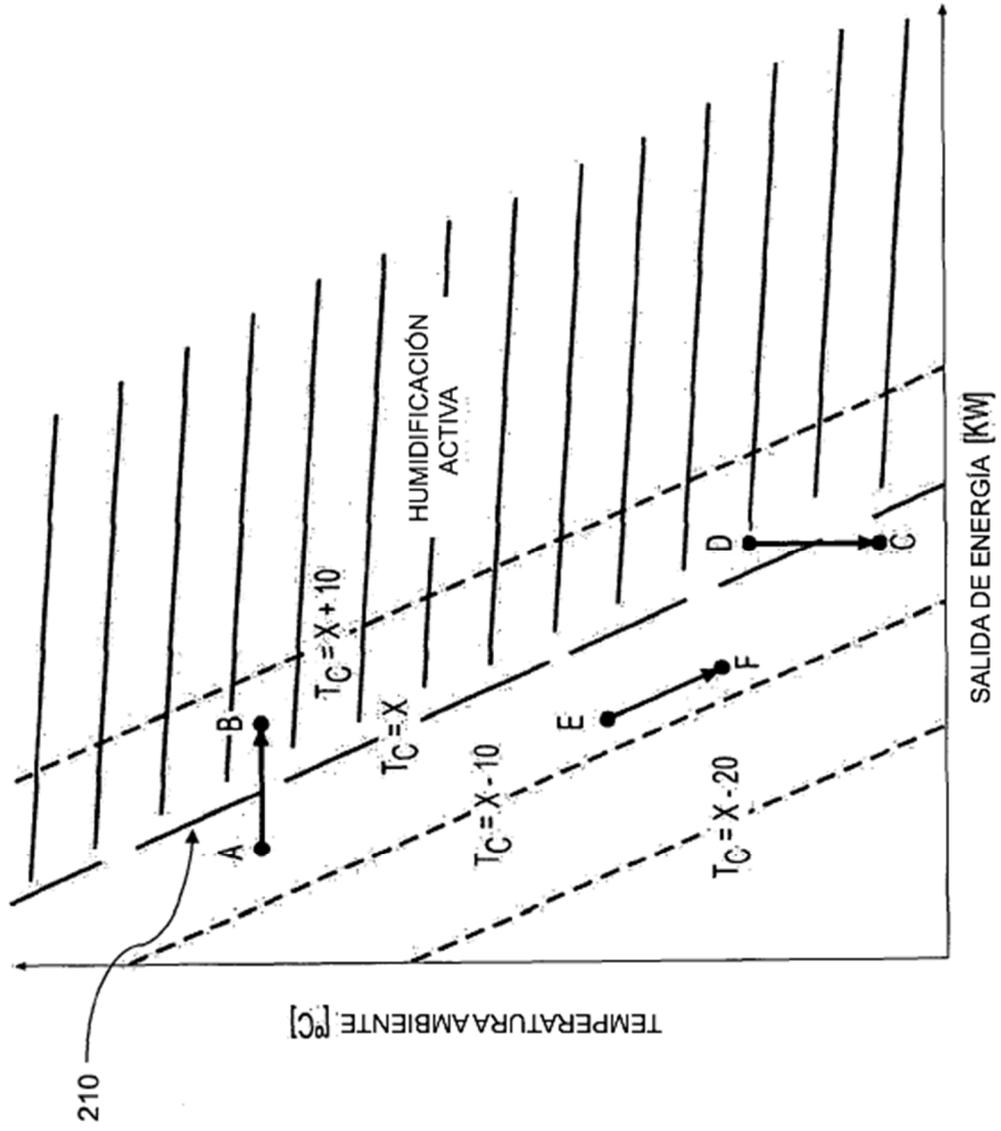


FIG. 2

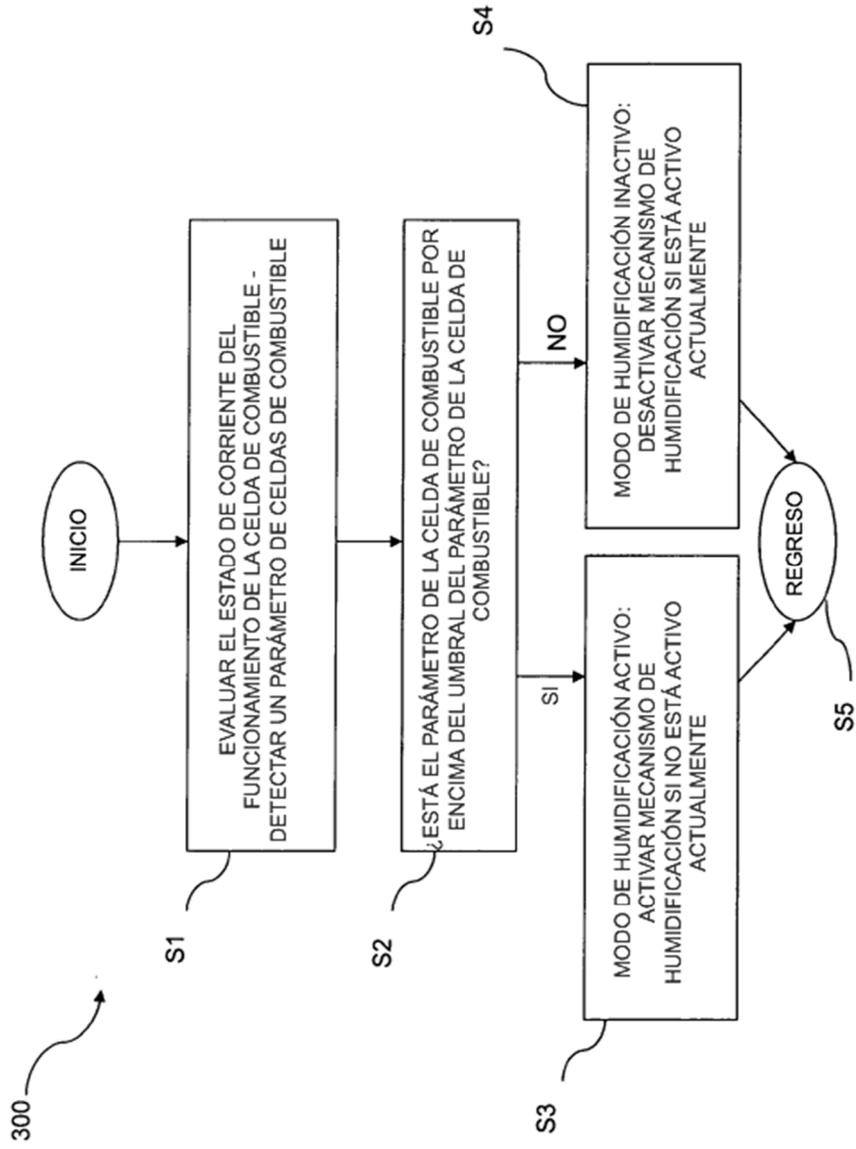


FIG. 3

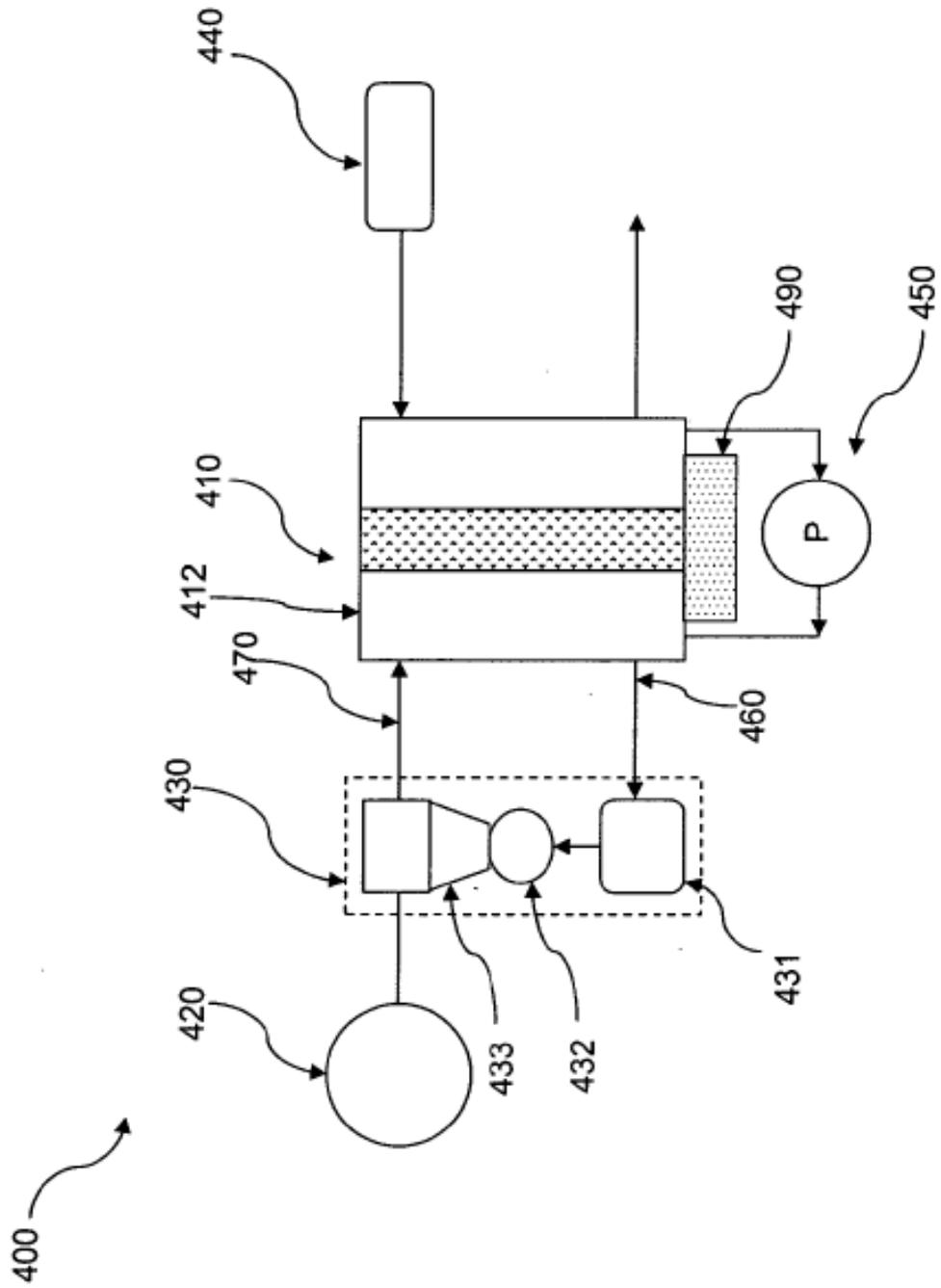


FIG. 4

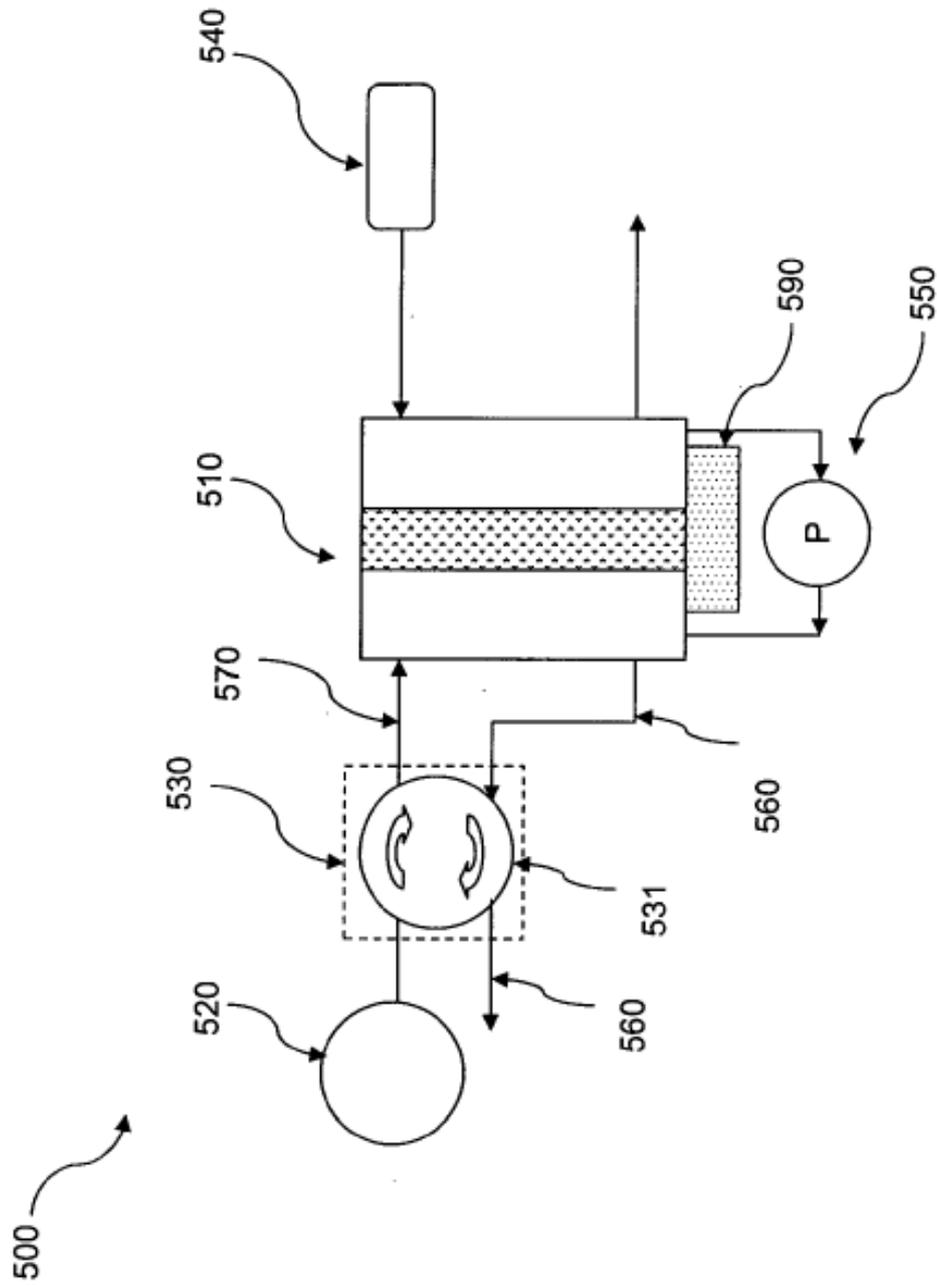


FIG. 5

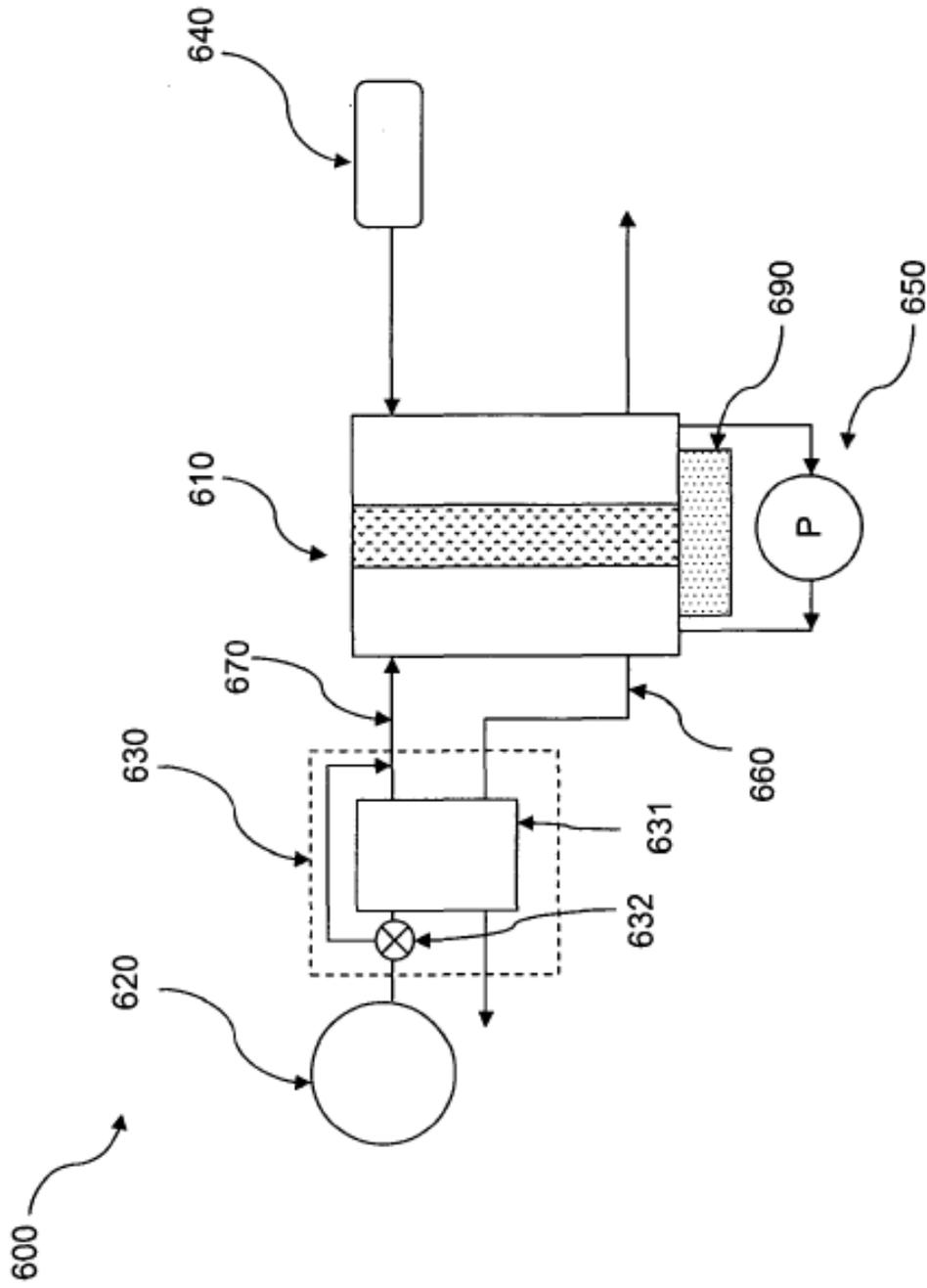


FIG. 6

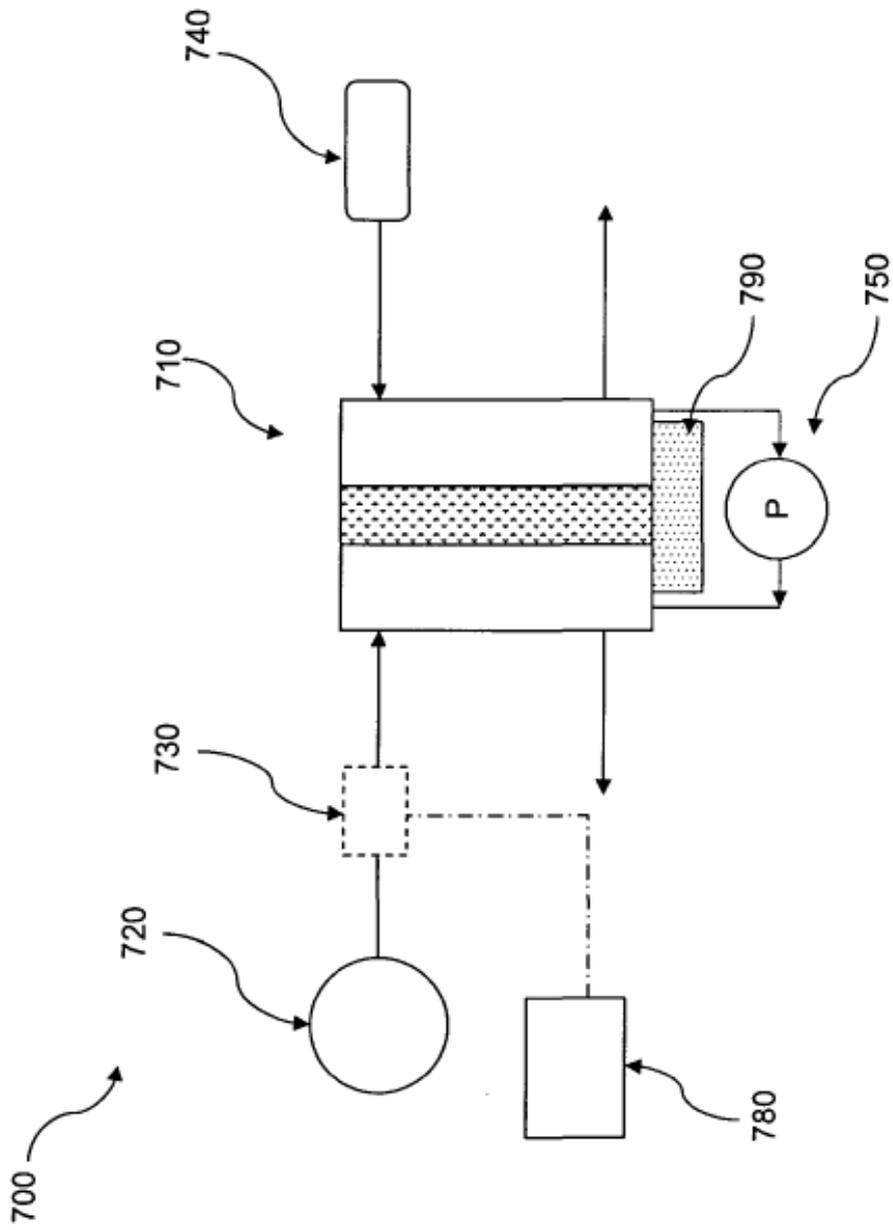


FIG. 7