

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 568 212**

51 Int. Cl.:

H01M 8/04 (2006.01)

H01M 8/12 (2006.01)

H01L 35/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2010 E 10736932 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2016 EP 2471135**

54 Título: **Generador termoeléctrico y pila de combustible para cogeneración de energía eléctrica**

30 Prioridad:

28.08.2009 US 550131

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

28.04.2016

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**GAO, LIJUN;
LIU, SHENGYI;
CHIEN, CHIN-HSI y
ROE, GEORGE, M.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 568 212 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

Generador termoeléctrico y pila de combustible para cogeneración de energía eléctrica

5 Campo de la divulgación

La presente divulgación se refiere, en general, a la generación de energía eléctrica.

Antecedentes

10 Un generador termoeléctrico puede producir energía eléctrica basándose en una diferencia de temperatura que se obtiene mediante un dispositivo termoeléctrico. La cantidad o la velocidad de la generación de energía eléctrica mediante un generador termoeléctrico pueden depender de la magnitud de la diferencia de temperatura del mismo. Por ejemplo, una diferencia de temperatura considerable puede dar como resultado una tasa mayor de generación de energía. Un sistema de generación termoeléctrica puede utilizar una fuente de calor de alta temperatura y un sistema de enfriamiento para mantener una diferencia de temperatura de alta magnitud y, con ello, obtener una conversión de energía eficiente.

15 El documento US2005/074645A1 divulga una pila de combustible para producir energía acoplada a un dispositivo termiónico para producir más energía a partir del calor residual.

20 El documento JP2000173640A divulga un elemento de conversión termoeléctrica para generar energía eléctrica usando el calor de combustión a través de un combustible no reaccionado y del exceso de aire de una pila de combustible.

25 Sumario

Se divulgan sistemas y métodos de generación de energía eléctrica. De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema como el presentado en la reivindicación 1 y un método como el presentado en la reivindicación 10. En una realización particular, la energía eléctrica se genera usando un sistema de cogeneración de energía. El sistema de cogeneración de energía puede usar tanto una pila de combustible como un generador termoeléctrico para generar energía eléctrica. La pila de combustible puede generar energía eléctrica basándose en una reacción química entre un combustible y un oxidante. La pila de combustible también puede generar calor como un subproducto de la reacción química. El generador termoeléctrico puede generar energía eléctrica adicional basándose en una diferencia de temperatura entre un fluido de entrada que se proporciona a la pila de combustible (por ejemplo: un oxidante o un combustible) y los gases de escape calientes (de un ánodo o de un cátodo) de la pila de combustible.

40 En una realización particular, un método incluye la generación de energía eléctrica usando una pila de combustible. El método también incluye la generación de energía eléctrica adicional usando un generador termoeléctrico (TE) que dirige los gases de escape de la pila de combustible hacia el lado caliente del TE y dirige los gases de admisión de la pila de combustible hacia el lado frío del TE. El método también incluye el precalentamiento de los gases de admisión de la pila de combustible dirigiendo los gases de admisión de la pila de combustible del TE a través de un intercambiador de calor (HX) para recuperar el calor de los gases de escape de la pila de combustible recibidos del lado caliente del TE.

50 En otra realización particular, un sistema incluye una pila de combustible que tiene una entrada de la pila de combustible para recibir el gas de admisión precalentado y una salida de la pila de combustible para liberar el gas de escape caliente. El sistema también incluye un intercambiador de calor (HX) que tiene una entrada del lado frío del HX, una salida del lado frío del HX, una entrada del lado caliente del HX y una salida del lado caliente del HX. El sistema, además, incluye un generador termoeléctrico (TE) para generar energía eléctrica basándose en una diferencia de temperatura entre el lado frío del TE y el lado caliente del TE. El TE incluye una entrada del lado frío del TE para recibir una corriente de entrada, una salida del lado frío del TE acoplada a la entrada del lado frío del HX, una entrada del lado caliente del TE acoplada a la salida de la pila de combustible para recibir el gas de escape caliente de la pila de combustible, y una salida del lado caliente del TE acoplada a la entrada del lado caliente del HX.

60 En otra realización particular, una plataforma, tal como una plataforma móvil (por ejemplo: un avión, una nave espacial, un barco, un vehículo terrestre o cualquier otra plataforma móvil) o una plataforma estática (por ejemplo: un sistema de generación de energía de una estructura estática, o cualquier otra plataforma estática), incluye una pila de combustible para generar energía eléctrica. La plataforma también incluye un generador termoeléctrico (TE) para generar energía eléctrica adicional usando una diferencia de temperatura entre el gas de escape de la pila de combustible y los gases de admisión de la pila de combustible. La plataforma, además, incluye un intercambiador de calor (HX) para precalentar los gases de admisión de la pila de combustible antes de que los gases de admisión de la pila de combustible se proporcionen a la pila de combustible, recuperando el calor de los gases de escape de la pila de combustible una vez que los gases de escape de la pila de combustible hayan atravesado el TE.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de una primera realización de un sistema para generar energía eléctrica;

5 La Figura 2 es un diagrama de una segunda realización de un sistema para generar energía eléctrica;

La Figura 3 es un diagrama de una tercera realización de un sistema para generar energía eléctrica;

10 Las Figuras 4-6 son vistas de un generador termoeléctrico de acuerdo con una realización particular;

La Figura 7 es un diagrama de flujo de una primera realización de un método de generación de energía eléctrica;

15 La Figura 8 es un diagrama de flujo de un esquema de control para controlar la generación de energía eléctrica de acuerdo con una realización particular; y

La Figura 9 es un diagrama que ilustra el control de un sistema para generar energía eléctrica de acuerdo con una realización particular.

Descripción detallada

20 Las características, funciones y ventajas descritas se pueden alcanzar de manera independiente en diversas realizaciones divulgadas en el presente documento, o pueden combinarse en otras realizaciones cuyos detalles adicionales se mostrarán con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

25 La eficacia operacional de un sistema de cogeneración puede mejorarse colocando un generador termoeléctrico entre una corriente de gas de escape relativamente caliente desde una pila de combustible y una corriente de entrada relativamente fría hacia la pila de combustible. Esta disposición permite que el generador termoeléctrico genere energía eléctrica basándose en la diferencia de temperatura relativamente grande entre la corriente de gas de escape caliente y la corriente de entrada fría sin utilizar un sistema de enfriamiento adicional. Adicionalmente, esta disposición permite el precalentamiento de la corriente de entrada fría antes de que esta se proporcione a la pila de combustible. La eficacia del generador termoeléctrico puede aumentar debido a la gran magnitud de la diferencia de la temperatura entre la corriente del gas de escape de la pila de combustible y la corriente de entrada de la pila de combustible. Además, esta disposición no requiere el uso de combustible adicional para generar la diferencia de temperatura utilizada por el generador termoeléctrico para producir energía; en lugar de eso, el generador termoeléctrico utiliza el calor residual en la corriente de gas de escape de la pila de combustible para producir energía. Adicionalmente, el peso del sistema de cogeneración se reduce con respecto a otros sistemas de cogeneración, ya que se elimina un sistema de enfriamiento adicional.

40 En una realización particular, una plataforma que utiliza el sistema de cogeneración divulgado no necesita un sistema de enfriamiento adicional para enfriar el gas de escape de la pila de combustible. Además, el generador termoeléctrico genera energía adicional usando lo que, de lo contrario, sería calor desperdiciado procedente de la pila de combustible. Así, se recupera parte de la energía del calor residual, conduciendo a una mejora de la eficacia de conversión del combustible en energía eléctrica mediante el sistema de cogeneración.

45 La Figura 1 es un diagrama de una primera realización de un sistema para generar energía eléctrica, sistema al que se hace referencia de forma general como 100. Este sistema 100 incluye una plataforma donde se sitúa un sistema de generación de energía. Por ejemplo, la plataforma puede ser móvil, tal como un avión, una nave espacial, un barco o un vehículo terrestre. En otro ejemplo, la plataforma puede ser una plataforma estática, tal como un sistema de generación de energía en una central eléctrica, una zona industrial, una oficina o alguna otra estructura sustancialmente estática. En una realización particular, el sistema de generación de energía de la plataforma 102 incluye componentes para generar energía eléctrica. Por ejemplo, los componentes para generar energía eléctrica pueden incluir una pila de combustible 104 que tiene un ánodo 106 y un cátodo 108. Los componentes para generar energía eléctrica también pueden incluir uno o más generadores termoeléctricos (TE), tal como un primer TE 110 y un segundo TE 120.

55 En una realización particular, el primer TE 110 está acoplado al ánodo 106 de la pila de combustible 104, y el segundo TE 120 está acoplado al cátodo 108 de la pila de combustible 104. Esta disposición puede permitir que el gas de escape caliente 107 del ánodo 106 se dirija hacia el lado caliente 112 del primer TE 110. Del mismo modo, el gas de escape caliente 109 del cátodo 108 puede dirigirse hacia el lado caliente 122 del segundo TE 120. Los gases de admisión 162 (tales como el combustible 170 y el oxidante 172), que están fríos en comparación con los gases de escape calientes 107 y 109, pueden recibirse en las entradas (por ejemplo, desde los respectivos sistemas de almacenamiento de combustible y oxidante) y dirigirse a través de los respectivos lados fríos 114, 124 de los TE 110, 120. En esta disposición, los TE 110, 120 pueden alcanzar o aproximarse a un punto de máxima diferencia de temperatura entre los gases de escape calientes 107 y 109 y los gases de admisión 162. En una realización ilustrativa, la pila de combustible 104 es una pila de combustible de alta temperatura, tal como una pila de combustible de óxido sólido (SOFC). Con una SOFC, los gases de escape calientes 107 y 109 pueden tener una

temperatura mayor de 600 °C. Por ejemplo, los gases de escape calientes 107 y 109 pueden tener una temperatura entre aproximadamente 600 °C y aproximadamente 800 °C. La temperatura de los gases de admisión 162 puede depender, entre otras cosas, del entorno operacional del sistema 100. Por ejemplo, cuando se utiliza aire ambiente como oxidante 172, la temperatura del aire del ambiente puede ser menor de aproximadamente 50 °C. Cuando el sistema de generación de energía de la plataforma 102 se pone en funcionamiento por un ser humano o similar, el aire ambiente puede estar, normalmente, entre aproximadamente -50 °C y 50 °C. Para los fines de una implementación particular, puede asumirse que los gases de admisión 162 alcanzan aproximadamente los 20 °C. Se entiende que la temperatura de los gases de escape calientes 107 y 109 y la temperatura de los gases de admisión 162 puede variar considerablemente dependiendo de la realización particular, la aplicación o el uso particulares del sistema 100 o de las condiciones de operación específicas. Por consiguiente, las temperaturas descritas anteriormente sirven como un mero ejemplo y no deben tratarse como limitaciones.

El sistema 100 también puede incluir un primer intercambiador de calor 130 acoplado al ánodo 106 y un segundo intercambiador de calor 140 acoplado al cátodo 108. En una realización particular, los gases de escape de los lados calientes 112 y 122 de los TE 110, 120 pueden dirigirse a las respectivas entradas de los lados calientes 132 y 142 de los intercambiadores de calor 130 y 140. Los gases de escape de los lados fríos 114, 124 de los TE 110, 120 pueden dirigirse a las respectivas entradas de los lados fríos 134 y 144 de los intercambiadores de calor 130 y 140. En esta realización, los intercambiadores de calor 130 y 140 pueden precalentar los gases de admisión 162 antes de que dichos gases de admisión 162 se proporcionen a la pila de combustible 104 como gas de admisión precalentado 180. Precalentar el gas de admisión 180 puede mejorar el funcionamiento eficaz de la pila de combustible 104, especialmente cuando la pila de combustible 104 es una pila de combustible de alta temperatura. En una realización particular, los intercambiadores de calor 130 y 140 son intercambiadores de calor de flujo en contracorriente; sin embargo, en otras realizaciones, los intercambiadores de calor 130 y 140 pueden tener otras disposiciones físicas.

En una realización particular, el sistema 100 puede ponerse en funcionamiento para mejorar la eficacia operacional de la pila de combustible 104. Por consiguiente, un controlador 150 puede operar una válvula de control de derivación (a partir de ahora abreviada como válvula de control) 152, una segunda válvula de control 154, o ambas, para controlar la temperatura del gas de admisión precalentado 180 proporcionado a la pila de combustible 104. De acuerdo con la invención, las válvulas de control 152, 154 están entre una salida de la pila de combustible y el lado caliente de un intercambiador de calor, y pueden ajustarse para controlar la temperatura de entrada del gas de admisión precalentado 180. Por ejemplo, el controlador 150 puede operar las válvulas de control 152, 154 para permitir que una parte de los gases de escape calientes 107 y 109 eviten los TE 110, 120 para aumentar la temperatura del gas de admisión precalentado 180. Cuando las válvulas de control 152, 154 se abren (de manera que, al menos, una parte de los gases de escape calientes 107 y 109 eviten los TE 110, 120), aumenta la temperatura del gas proporcionado a los lados calientes respectivos, 132 y 142, de los intercambiadores de calor 130 y 140, lo que aumenta la temperatura del gas de admisión precalentado 180 que sale de los lados calientes respectivos 134 y 144 de los intercambiadores de calor 130 y 140. Así, el controlador 150 puede controlar la cantidad de precalentamiento del gas de admisión precalentado 180 mediante la operación de las válvulas de control 152, 154. En una realización particular, el controlador 150 opera la primera válvula de control 152 para alcanzar y/o mantener una temperatura predeterminada del gas de admisión precalentado 180. Por ejemplo, la temperatura predeterminada del gas de admisión precalentado 180 puede ser una temperatura seleccionada para optimizar la generación de energía mediante la pila de combustible 104. Así, los TE 110, 120 pueden generar energía usando calor residual de la pila de combustible 104. Es decir, en una realización particular, la pila de combustible 104 puede ponerse en funcionamiento como si fuera una pila de combustible independiente, y los TE 110, 120 pueden recuperar el calor residual producido por la pila de combustible 104 para generar energía eléctrica adicional. En una realización ilustrativa, la temperatura predeterminada del gas de admisión precalentado 180 puede ser de aproximadamente 600 °C. Así, la energía que genera la pila de combustible 104 puede aumentar y, cuando sea necesario, la energía de cogeneración producida por los TE 110, 120 puede disminuir para proporcionar un precalentamiento adicional del gas de admisión precalentado 180 para permitir que la pila de combustible 104 funcione o para mejorar la eficacia operacional de la pila de combustible 104. En otra realización particular, el controlador 150 pone en funcionamiento las válvulas de control 152, 154 para maximizar, optimizar o controlar de otra manera la salida de energía total que genera la combinación de la pila de combustible 104 y los TE 110, 120. Por ejemplo, el controlador 150 puede supervisar la salida de energía de los TE 110, 120 y puede ajustar las válvulas de control 152, 154 para maximizar, optimizar o controlar de otra manera la salida de energía basándose en un esquema de control.

En una realización particular se pueden unir uno o más componentes del sistema 100 con otro componente, o pueden omitirse del sistema 100. Por ejemplo, puede estar presente solo un TE, solo una válvula de control, solo un intercambiador de calor, o cualquier combinación de los mismos.

En otra realización particular, el calor residual puede recuperarse solo desde los gases de escape calientes 107 del ánodo 106 o solo desde los gases de escape calientes 109 del cátodo 108. En esta realización, solo pueden estar presentes un conjunto de sistemas de recuperación de calor (tales como los TE 110, 120 y los intercambiadores de calor 130 y 140), de sistemas de cogeneración (tales como los TE 110, 120) y de sistemas de control (tales como las válvulas de control 152, 154).

La Figura 2 es un diagrama de una segunda realización de un sistema para generar energía eléctrica, sistema al que se hace referencia de forma general como 200. En una realización particular, el sistema 200 incluye muchos elementos que son iguales o sustancialmente similares a los elementos del sistema 100. Estos elementos tienen el mismo número de referencia que en la Figura 1 para facilitar las referencias y descripciones.

5 En el sistema 200, un controlador 250 controla una o más válvulas de control 252 y 254. Las válvulas de control 252 y 254 están situadas entre la salida de una pila de combustible y la entrada de una pila de combustible (en lugar de estar entre la salida de la pila de combustible y la entrada del lado caliente del intercambiador de calor, tal como en el sistema 100 de la Figura 1). Así, las válvulas de control 252 y 254 controlan una cantidad de los gases de escape calientes 107 y 109 que evitan tanto los TE 110, 120 como el intercambiador de calor 130 y 140. Las válvulas de control 252 y 254 se pueden manejar para controlar el precalentamiento del gas de admisión precalentado 280 que se dirige a la pila de combustible, controlando una parte de los gases de escape calientes 107 y 109 que se mezcla directamente con el gas de admisión precalentado 280. Por ejemplo, una primera parte de los gases de escape calientes 107 y 109 se puede dirigir hacia una entrada de la pila de combustible 104, y una segunda parte de los gases de escape calientes 107 y 109 se puede dirigir a través de los TE 110, 120 y el intercambiador de calor 130 y 140 basándose en una posición de las válvulas de control 252 y 254.

La Figura 3 es un diagrama de una tercera realización de un sistema para generar energía eléctrica, sistema al que se hace referencia de forma general como 300. En una realización particular, el sistema 300 incluye muchos elementos que son iguales o sustancialmente similares a los elementos del sistema 100. Estos elementos tienen el mismo número de referencia que en la Figura 1 para facilitar las referencias y descripciones.

En una realización particular de la Figura 3 no hay intercambiadores de calor, tales como los intercambiadores de calor 130 y 140 de las Figuras 1 y 2. En lugar de eso, los TE 310 y 320 acoplados a las salidas de la pila de combustible 104 intercambian calor entre los gases de escape calientes 107 y 109 y los gases de admisión 162 además de generar energía basándose en una diferencia de temperatura entre los gases de escape calientes 107 y 109 y los gases de admisión 162. Un controlador 350 controla una o más válvulas de control 352, 354 que están situadas entre la salida de la pila de combustible y la entrada de la pila de combustible. Así, las válvulas de control 352, 354 controlan una cantidad de gases de escape calientes 107 y 109 que evitan los TE 110, 120. Las válvulas de control 352, 354 se pueden manejar para controlar el precalentamiento del gas de admisión precalentado 380 que se dirige a la pila de combustible, controlando una parte de los gases de escape calientes 107 y 109 que se mezcla directamente con el gas de admisión precalentado 380 desde los lados fríos 114, 124 de los TE 310 y 320.

Las Figuras 4-6 son las vistas en perspectiva de extremo y lateral, respectivamente, de un generador termoeléctrico (TE) 400, de acuerdo con una realización particular. El TE 400 puede ser uno cualquiera, o más, de los TE 110, 120 descritos con referencia a las Figuras 1 y 2. El TE 400 es un dispositivo termoeléctrico 412 que genera electricidad basándose en una diferencia de temperatura entre el lado caliente 414 del dispositivo termoeléctrico 412 y el lado frío 410 del dispositivo termoeléctrico 412. En una realización particular, el lado caliente 414 tiene una entrada de lado caliente 430 y una salida de lado caliente 432. El lado caliente 414 puede adaptarse para recibir fluidos calientes 402, tal como los gases de escape calientes 107 y 109 procedentes de una pila de combustible de alta temperatura, como se ha descrito con referencia a las Figuras 1 y 2. El lado frío 410 puede tener una entrada de lado frío 420 y una salida de lado frío 422. El lado caliente 410 puede adaptarse para recibir fluidos fríos 404, tal como los gases de admisión 162, como se ha descrito con referencia a las Figuras 1 y 2. Se entiende que "caliente" y "frío" son términos relativos y, como se utilizan en el presente documento, indican una diferencia de temperatura entre los fluidos 402, 404 respectivos. Esto significa que el fluido caliente 402 tiene una temperatura mayor que el fluido frío 404.

El lado caliente 414 está separado del lado frío 410 mediante el dispositivo termoeléctrico 412. El dispositivo termoeléctrico 412 puede incluir juntas bimetálicas, juntas semiconductoras de telururo de bismuto, otros materiales que puedan generar energía eléctrica basándose en diferencias de temperatura, o cualquier combinación de los mismos. En la realización ilustrada, el TE 400 es radial o anular, con el lado frío 410 rodeando el lado caliente 414. Es decir, una región del TE 400 que recibe fluidos calientes (el lado caliente 402) puede estar en el centro de un tubo y estar separada de una región externa del TE 400 que recibe fluidos fríos (el lado frío 404) mediante el dispositivo termoeléctrico 412. En esta realización, se puede añadir un revestimiento externo 408 al lado frío 410. Sin embargo, en otras realizaciones el TE 400 puede tener una disposición física que no sea anular, tal como placas paralelas. Además, la realización ilustrada está dispuesta para el flujo, individual o conjunto, del fluido caliente 402 en la misma dirección que el fluido frío 404. Sin embargo, en otras realizaciones, el flujo del TE 400 es en contracorriente, ya que el fluido caliente 402 se mueve en dirección opuesta al fluido frío 404. El TE 400 también puede tener conectores de energía (no mostrados) para permitir que la electricidad generada por el TE 400 fluya hacia un circuito.

La Figura 7 es un diagrama de flujo de una primera realización de un método de generación de energía eléctrica, método al que se hace referencia de forma general como 700. El método 700 puede incluir, en 702, la generación de energía eléctrica mediante una pila de combustible. Por ejemplo, la pila de combustible analizada con referencia a las Figuras 1 y 2 puede generar corriente eléctrica basándose en una reacción química entre un combustible y un oxidante. En una realización particular, la pila de combustible puede ser una pila de combustible de alta temperatura,

así como una pila de combustible de óxido sólido.

El método 700 puede también incluir, en 704, la generación de energía eléctrica adicional usando un generador termoelectrico (TE). El TE puede generar energía eléctrica adicional basándose en una diferencia de temperatura a través de un dispositivo termoelectrico. Por ejemplo, el dispositivo termoelectrico 412 descrito con referencia a las Figuras 4-6 se puede utilizar para generar la energía eléctrica adicional basándose en una diferencia de temperatura entre el lado frío del TE y el lado caliente del TE. En una realización particular, el método 700 incluye, en 706, la dirección de los gases de escape de la pila de combustible desde la pila de combustible hacia el lado caliente del TE y, en 708, la dirección de los gases de admisión de la pila de combustible hacia el lado frío del TE. Así, se puede emplear una diferencia de temperatura entre los gases de escape de la pila de combustible y los gases de admisión de la pila de combustible para generar energía adicional en el TE.

En una realización particular, se puede permitir el funcionamiento de la pila de combustible o mejorarse la eficacia operacional de la pila de combustible cuando se precalienten los gases de admisión de la pila de combustible. En esta realización, el método también incluye, en 710, el precalentamiento de los gases de admisión de la pila de combustible dirigiendo los gases de admisión de la pila de combustible del TE a través de un intercambiador de calor (HX) para recuperar el calor de los gases de escape de la pila de combustible recibidos del lado caliente del TE. El método también puede incluir, en 712, el control del precalentamiento de los gases de admisión de la pila de combustible ajustando una válvula de derivación. Por ejemplo, una primera parte de los gases de escape de la pila de combustible se puede dirigir hacia una entrada de la pila de combustible, y una segunda parte de los gases de escape de la pila de combustible se puede dirigir a través de los TE y el HX 714, basándose en una posición de la válvula de derivación.

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un esquema de control para controlar la generación de energía eléctrica de acuerdo con una realización particular. Por ejemplo, el esquema de control ilustra las leyes de control que puede utilizar un controlador para manipular las válvulas de control para regular la energía generada por un sistema de cogeneración, como el sistema 100 o el sistema 200, como se describe con referencia a la Figura 1 y la Figura 2, respectivamente. El esquema de control incluye, en 802, el ajuste de los parámetros de control del controlador. Los parámetros de entrada pueden incluir una temperatura mínima de entrada de la pila de combustible, T_1 , y una temperatura óptima (o deseada) de entrada de la pila de combustible, T_2 . En una realización particular, se puede seleccionar T_2 para aumentar la cantidad de producción de energía eléctrica mediante la pila de combustible. Por ejemplo, cuando la pila de combustible es una pila de combustible de alta temperatura, T_2 puede ser una temperatura relativamente alta; por ejemplo de cientos de grados Celsius, para mejorar la eficacia operacional de la pila de combustible. T_1 puede seleccionarse basándose en los criterios operacionales de la pila de combustible. Por ejemplo, la pila de combustible puede crear una energía mínima o no generar energía hasta que se alcance una temperatura operacional mínima de la pila de combustible. T_1 puede seleccionarse para mantener la pila de combustible por encima de esta temperatura operacional mínima.

Los parámetros de entrada también pueden incluir ángulos de apertura de válvula, como un ángulo de apertura de válvula mínimo, θ_{\min} , y un ángulo de apertura de válvula máximo, θ_{\max} . El ángulo de apertura de válvula mínimo θ_{\min} puede ser la cantidad mínima que puede abrirse una válvula de control, tal como una de las válvulas de control 152, 154 de la Figura 1 o 252, 254 de la Figura 2. El ángulo de apertura de válvula máximo θ_{\max} puede ser la cantidad máxima que puede abrirse la válvula de control.

En 804, el controlador puede supervisar la temperatura de entrada, T_i , de la pila de combustible. Por ejemplo, un termopar o cualquier otro dispositivo de control de temperatura pueden detectar, en tiempo real o casi en tiempo real, la temperatura de los gases de admisión 180 de la Figura 1 o la temperatura de los gases de admisión 280 de la Figura 2. Basándose en T_i , el controlador puede ajustar un ángulo de apertura θ_{control} , la variable de control, de la válvula de control. Por ejemplo, en 806, cuando T_i menos T_1 es menor de 0 (cero), el controlador puede ajustar el ángulo de apertura de la válvula θ_{control} para que sea igual que el ángulo de apertura de válvula máximo θ_{\max} , en 808, para maximizar el precalentamiento de los gases de la entrada de la pila de combustible. En 810, cuando T_i menos T_2 es mayor de 0 (cero), el controlador puede ajustar el ángulo de apertura de la válvula θ_{control} para que sea igual que el ángulo de apertura de válvula mínimo θ_{\min} , en 812, para minimizar el precalentamiento de los gases de la entrada de la pila de combustible. Cuando T_i menos T_1 no es menor de 0 (cero) y T_i menos T_2 no es mayor de 0 (cero), el controlador puede implementar una función de control $F(T_i)$ para seleccionar el ángulo de apertura de la válvula θ_{control} . Por ejemplo, la función de control puede ser una función de control proporcional, una función de control derivativa, una función de control integral, otra función de control o cualquier combinación de las mismas.

La Figura 9 es un diagrama para ilustrar adicionalmente el esquema de control de la FIG. 8, de acuerdo con una realización particular. La Figura 9 incluye un gráfico 902 del ángulo de apertura de la válvula frente a la temperatura de la entrada de la pila de combustible, T_i , en una realización del esquema de control. El gráfico 902 muestra que, cuando T_i es menor que T_1 , la válvula de control se abre hasta su valor máximo, θ_{\max} . Además, cuando T_i es mayor que T_2 , la válvula de control se ajusta a un ángulo de apertura mínimo (que puede estar cerrado), θ_{\min} . Cuando T_i está entre T_1 y T_2 , el ángulo de la válvula de control se ajusta de acuerdo con una función que relaciona T_i con el ángulo de la válvula de control, θ_{control} . La Figura 9 también ilustra, en 904, la válvula de control y el ángulo de la válvula de control θ_{control} y describe una relación entre el caudal másico de fluido a través de la válvula de control

basándose en el ángulo de apertura de la válvula de control θ_{control} .

5 Las ilustraciones de las realizaciones descritas en el presente documento pretenden proporcionar una comprensión general de la estructura de las diversas realizaciones. Las ilustraciones no pretenden servir como una descripción completa de todos los elementos y características de los aparatos y sistemas que utilizan las estructuras o métodos descritos en el presente documento. Muchas otras realizaciones pueden ser obvias para los expertos en la materia una vez lean esta divulgación. Otras realizaciones pueden utilizarse y derivarse de esta divulgación, y pueden hacerse sustituciones y cambios estructurales y lógicos sin alejarse del ámbito de la divulgación. Además, las 10 ilustraciones son simples representaciones y puede que no estén dibujadas a escala. Algunas proporciones de las ilustraciones pueden verse exageradas, mientras que otras pueden verse reducidas. Por lo tanto, la divulgación y las figuras deben observarse a modo ilustrativo en lugar de restrictivo.

15 Aunque en el presente documento se han descrito e ilustrado realizaciones específicas, es conveniente saber que cualquier disposición posterior diseñada para alcanzar el mismo propósito o uno similar puede verse sustituida por las realizaciones específicas mostradas. Esta divulgación pretende cubrir todas y cada una de las adaptaciones o variaciones posteriores de las diversas realizaciones. Las combinaciones de las realizaciones anteriores, así como otras realizaciones que no se hayan descrito específicamente en el presente documento, serán obvias para los expertos en la materia una vez lean esta descripción.

20 Además, en la Descripción Detallada anterior, pueden agruparse diversas características, o describirse en una realización individual con el fin de simplificar la divulgación. Esta divulgación no se debe interpretar como el reflejo de una intención de que las realizaciones reivindicadas requieren más características de las que se citan expresamente en cada reivindicación. Por el contrario, como reflejan las siguientes reivindicaciones, la materia objeto reivindicada puede estar dirigido solo a una parte de las características de alguna de las realizaciones 25 divulgadas.

La materia objeto divulgada anteriormente debe considerarse ilustrativa, y no restrictivo, y las reivindicaciones adjuntas pretenden cubrir todas las modificaciones que caigan dentro del ámbito de la presente divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100), que comprende:

5 una pila de combustible (104) que tiene una entrada de la pila de combustible para recibir gas de admisión precalentado (180) y una salida de la pila de combustible para liberar el gas de escape caliente de la pila de combustible (107);
 un intercambiador de calor (HX) (130) que tiene una entrada del lado frío del HX, una salida del lado frío del HX, una entrada del lado caliente del HX y una salida del lado caliente del HX; y
 10 un generador termoelectrico (TE) (110) para generar energía eléctrica basándose en una diferencia de temperatura entre el lado frío del TE y el lado caliente del TE, comprendiendo el TE:

una entrada del lado frío del TE para recibir los gases de admisión (162);
 una salida del lado frío del TE acoplada a la entrada del lado frío del HX;
 15 una entrada del lado caliente del TE acoplada a la salida de la pila de combustible para recibir los gases de escape calientes de la pila de combustible (107); y
 una salida del lado caliente del TE acoplada a la entrada del lado caliente del HX,
caracterizado por que el sistema (100) comprende, además, un derivación de TE entre la salida de la pila de combustible y la entrada del lado caliente del HX, y una válvula de control de derivación (152), donde la
 20 válvula de control de derivación (152) es ajustable para controlar una temperatura de entrada del gas de admisión precalentado (180) controlando el flujo del gas de escape caliente de la pila de combustible (107) para evitar el TE (110).

2. El sistema (100) de la reivindicación 1 que comprende además un controlador (150) acoplado a la válvula de control de derivación (152), donde, durante el funcionamiento del sistema, el controlador ajusta un ángulo de
 25 apertura de la válvula de control de derivación (152) para cambiar la temperatura del gas de admisión precalentado (180).

3. El sistema (100) de la reivindicación 1, donde los gases de admisión (162) incluyen un oxidante.

30 4. El sistema (100) de la reivindicación 1, donde la pila de combustible (104) comprende una pila de combustible de alta temperatura.

5. El sistema (100) de la reivindicación 1, donde la pila de combustible (104) incluye una pila de combustible de
 35 óxido sólido (SOFC).

6. El sistema (100) de la reivindicación 1, donde el TE (110) comprende un elemento radial en el que los gases calientes fluyen desde la entrada del lado caliente del TE hacia la salida del lado caliente del TE, en paralelo a los
 40 gases fríos que fluyen desde la entrada del lado frío del TE hacia la salida del lado frío del TE.

7. El sistema (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, donde el HX (130) comprende un intercambiador de calor a contracorriente.

8. El sistema (100) de la reivindicación 2, donde el controlador ajusta la salida de energía generada por el TE (110) ajustando la válvula de control de derivación (152).

9. Una plataforma que comprende el sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1-8.

10. Un método, que comprende:

50 generar energía eléctrica usando una pila de combustible (104);
 generar energía eléctrica adicional usando un generador termoelectrico (TE):

55 dirigiendo los gases de escape (107) desde la pila de combustible (104) hacia un lado caliente (112) del TE; y dirigiendo los gases de admisión desde la pila de combustible (162) hacia un lado frío (114) del TE, y precalentando los gases de admisión de la pila de combustible (162),

60 **caracterizado por que** los gases de admisión de la pila de combustible (162) se precalientan dirigiendo los gases de admisión de la pila de combustible desde el TE (110) a través de un intercambiador de calor (HX) (130) para recuperar el calor de los gases de escape de la pila de combustible (107) recibidos desde el lado caliente del TE, y la temperatura de los gases de admisión precalentados de la pila de combustible (180) se ajusta usando una válvula de control de derivación (152) para controlar que el flujo de los gases de escape de la pila de combustible (107) evite el TE (110).

65 11. El método de la reivindicación 10, donde los gases de admisión de la pila de combustible (162) se precalientan permitiendo que una parte de los gases de escape de la pila de combustible (107) evite el TE (110) y mezclando la

parte de los gases de escape de la pila de combustible con los gases de admisión de la pila de combustible (280).

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10-11, donde la temperatura de los gases de escape de la pila de combustible (107) antes de entrar en el lado caliente del TE está entre 600 grados Celsius y 800 grados Celsius.

5 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10-11, en el que una temperatura de los gases de admisión de la pila de combustible (162) antes de entrar en el TE es menor de 50 grados Celsius.

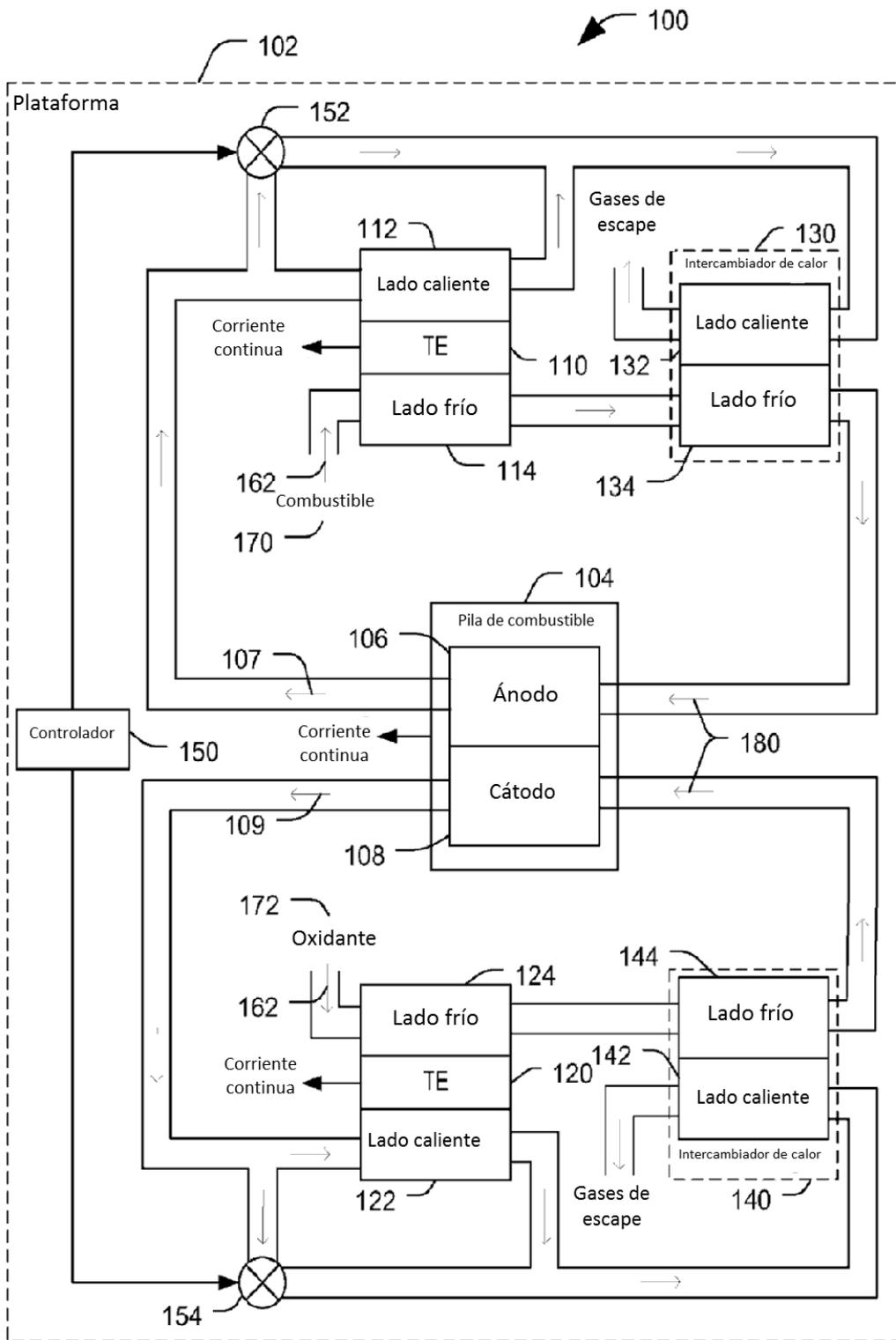


FIG. 1

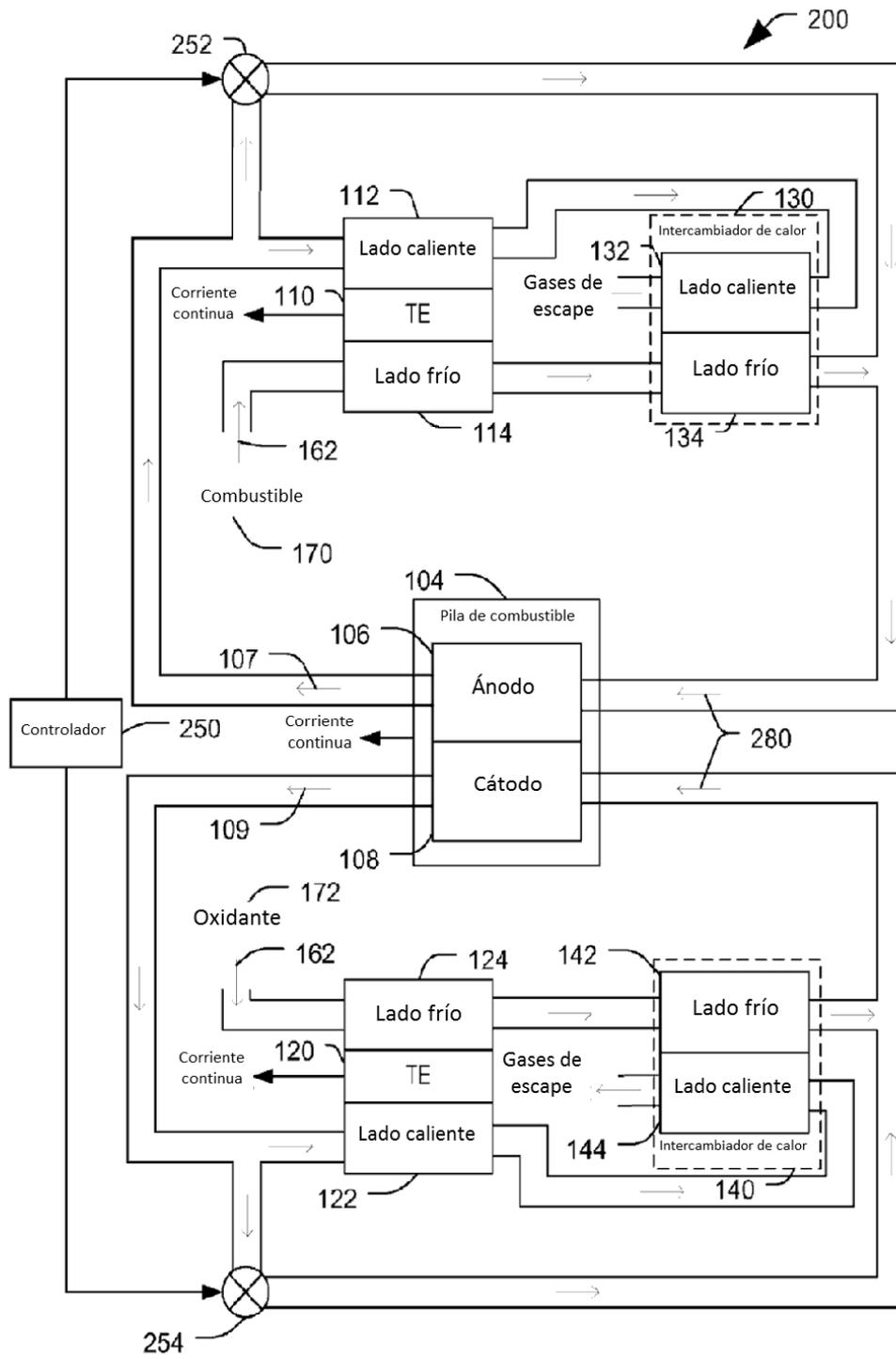


FIG. 2

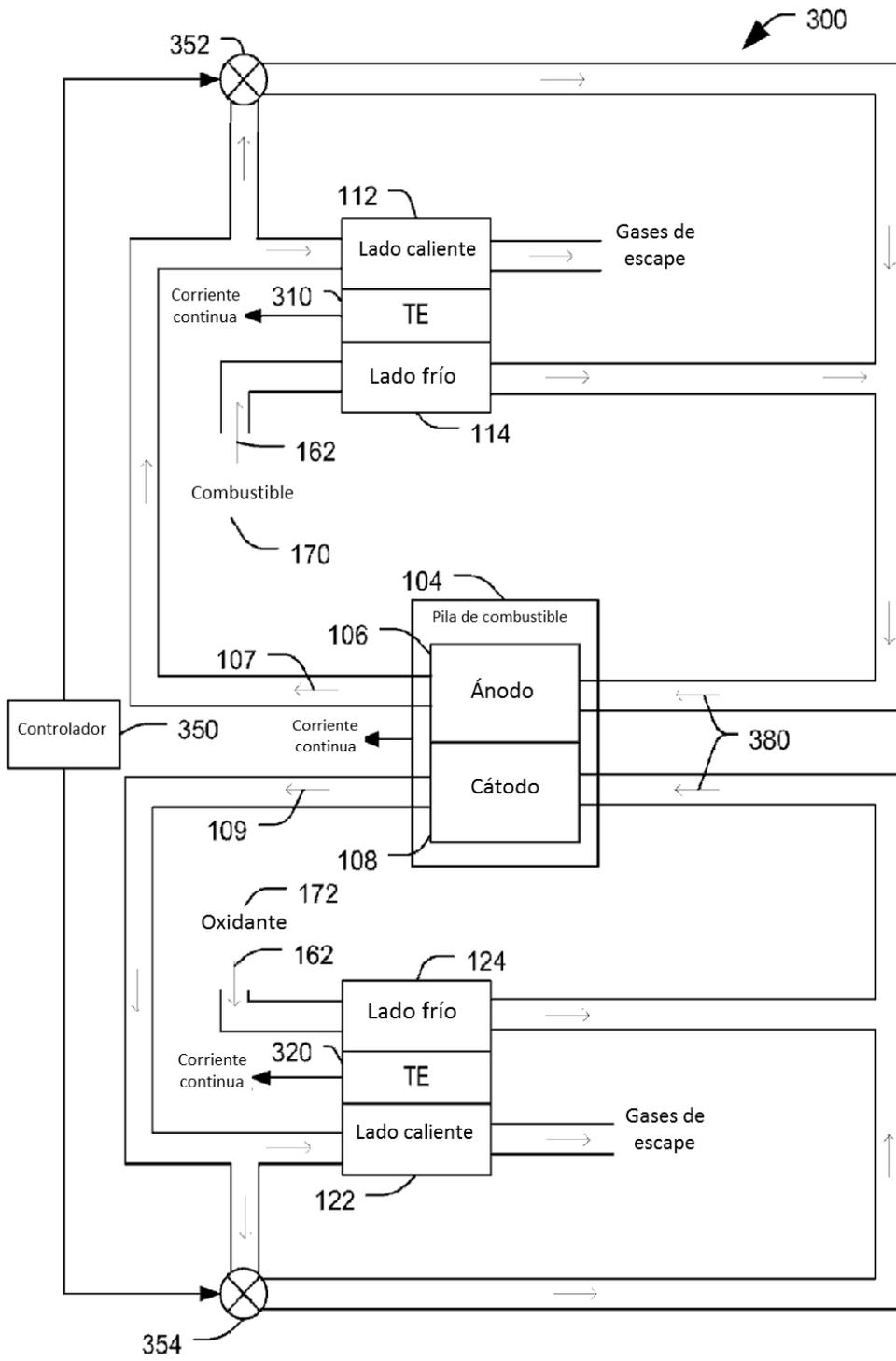
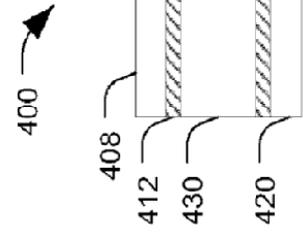
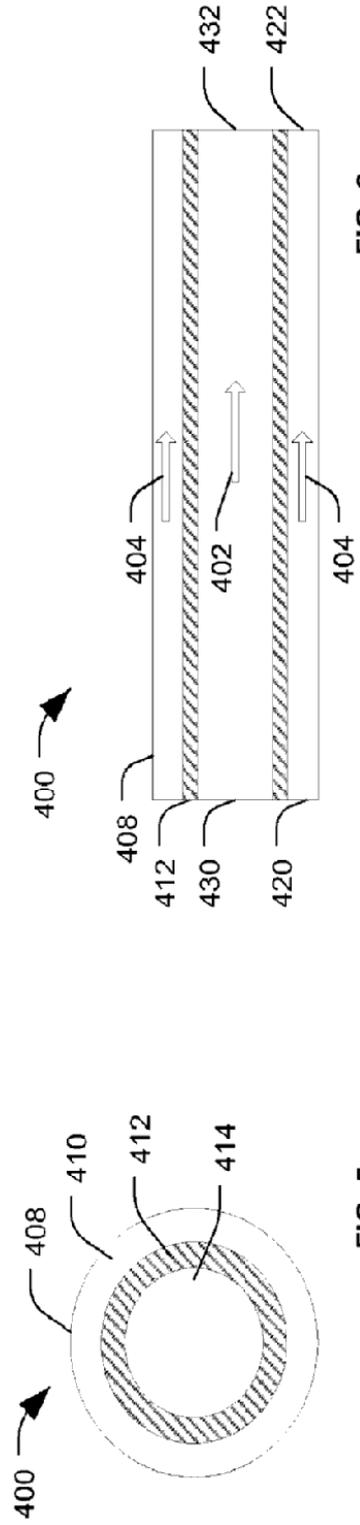
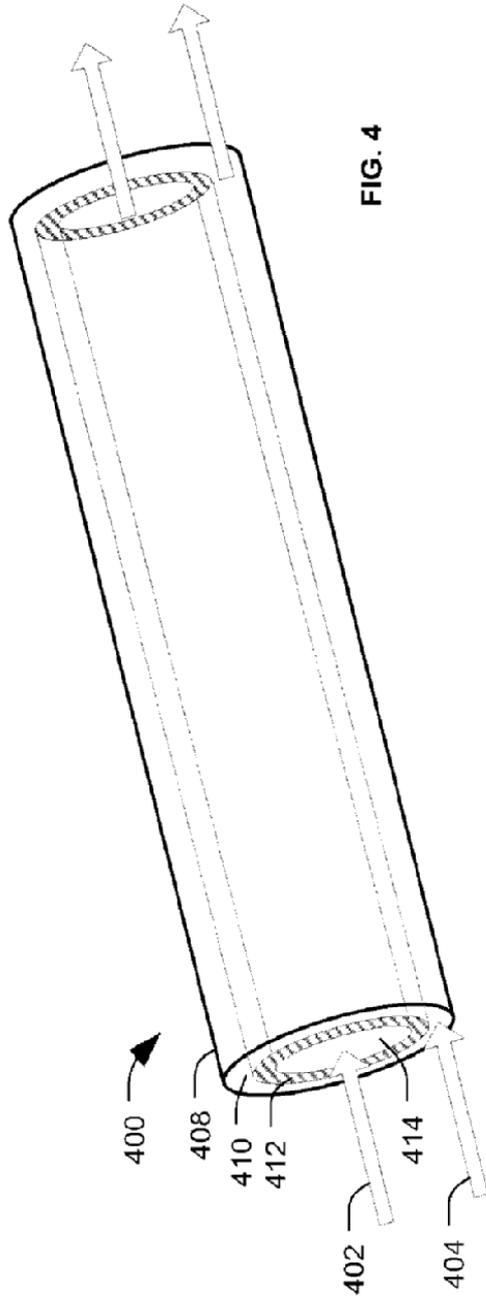


FIG. 3



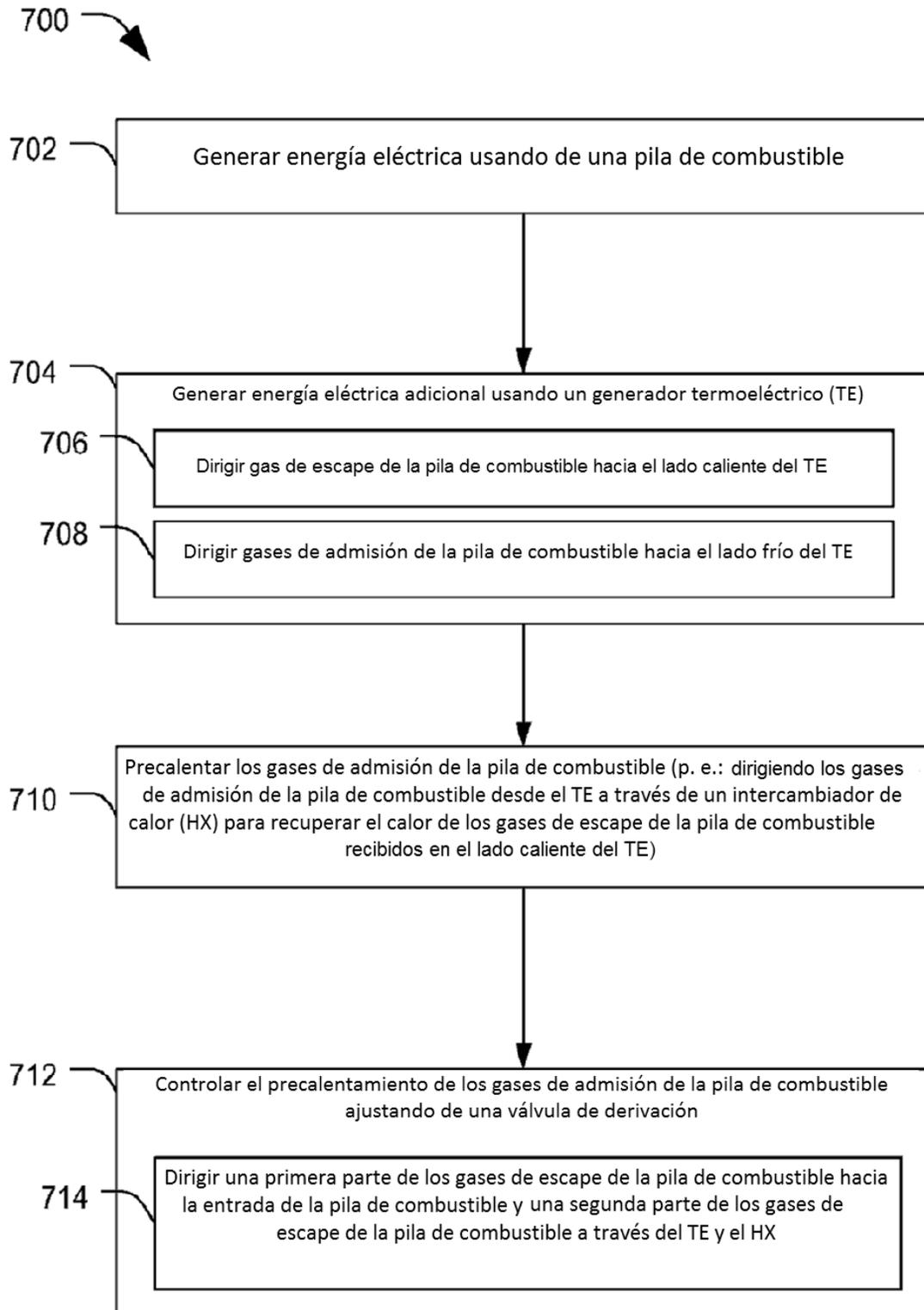


FIG. 7

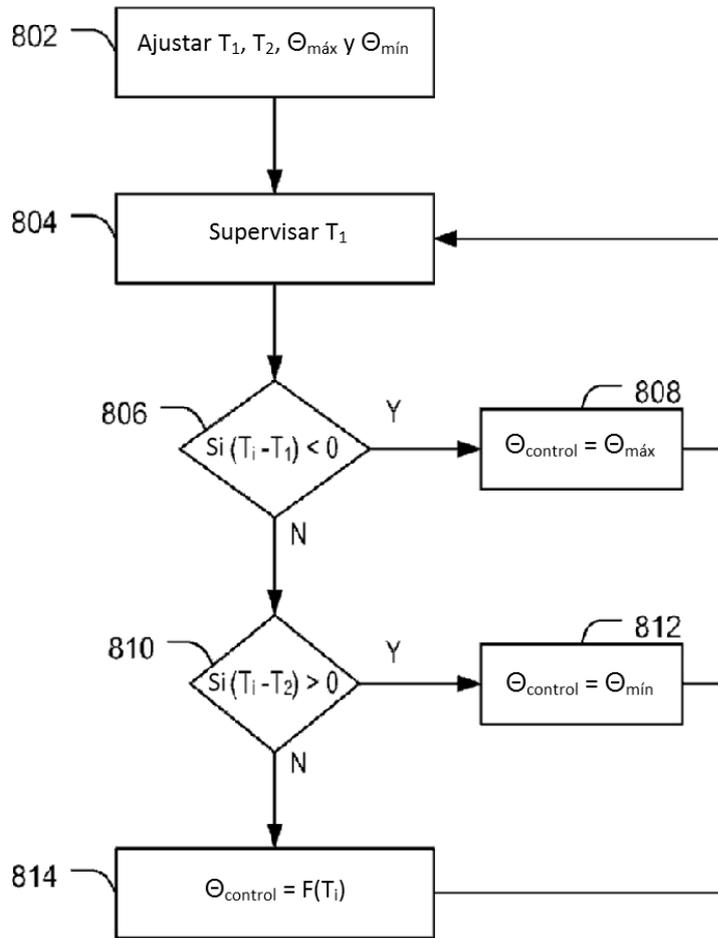


FIG. 8

T_i : temperatura de entrada de la pila de combustible
 T_1 : temperatura mínima de entrada de la pila de combustible
 T_2 : temperatura óptima de entrada de la pila de combustible
 $\Theta_{máx}$: ángulo de apertura máximo prefijado de la válvula
 $\Theta_{mín}$: ángulo de apertura mínimo prefijado de la válvula
 $\Theta_{control}$: ángulo de apertura de la válvula bajo control

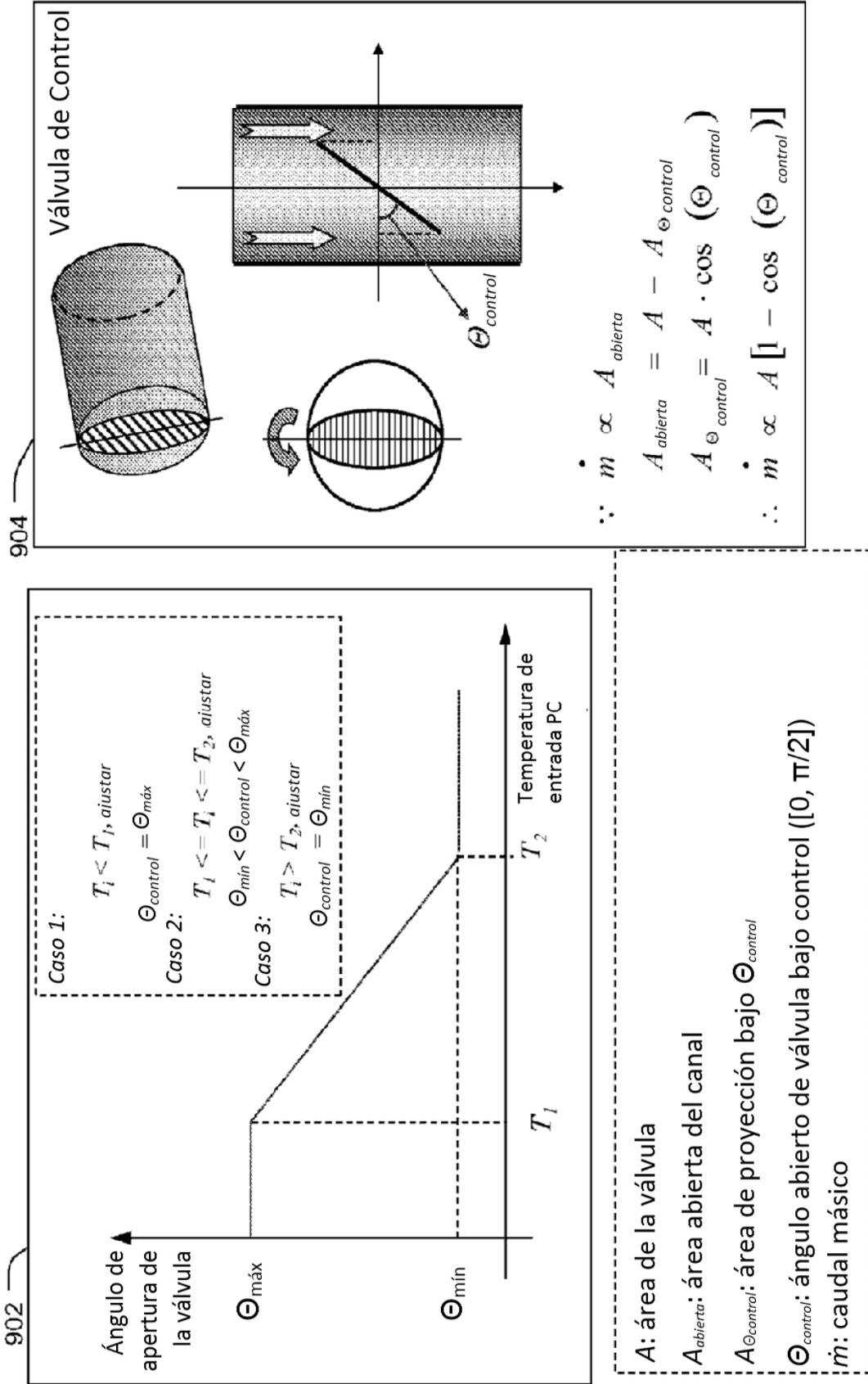


FIG. 9