

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 529**

51 Int. Cl.:

F02D 35/02 (2006.01)

F02B 19/10 (2006.01)

F02B 53/10 (2006.01)

F02D 41/30 (2006.01)

F02D 41/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2014 E 14158295 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 2775125**

54 Título: **Sistema para el control de la temperatura de la subcámara piloto**

30 Prioridad:

08.03.2013 US 201313789989

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

28.05.2019

73 Titular/es:

**PRATT & WHITNEY CANADA CORP. (100.0%)
1000 Marie-Victorin (01BE5)
Longueuil, Québec J4G 1A1 , CA**

72 Inventor/es:

**THOMASSIN, JEAN y
SCHULZ, EDWIN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 714 529 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema para el control de la temperatura de la subcámara piloto

5 CAMPO TÉCNICO

La solicitud se refiere en general a los motores rotativos de combustión interna y, más particularmente, al control de la temperatura de una subcámara en tales motores.

10 ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

Los motores rotativos de combustión interna utilizan la rotación de un pistón para convertir la presión en un movimiento giratorio. En estos motores, el rotor incluye típicamente una serie de sellos que permanecen en contacto con una pared de la cavidad del rotor del motor a lo largo del movimiento rotatorio del rotor para crear una pluralidad de cámaras giratorias cuando el rotor gira. Un tipo bien conocido, el motor Wankel, tiene un rotor generalmente triangular recibido en una cavidad epitrocoide de dos lóbulos. También existen otros tipos de motores rotativos.

Algunos motores de combustión interna, incluidos algunos motores rotativos, incluyen una subcámara piloto para el encendido del piloto. Sin embargo, las disposiciones conocidas no están optimizadas, en términos de disposiciones y características de combustión y, por lo tanto, existe margen de mejora.

Una cámara de gas de cámara auxiliar de la técnica anterior se describe en el documento JP 2005/240712 A.

SUMARIO

En un aspecto, se proporciona un sistema para controlar una temperatura en una subcámara piloto para la inyección piloto de combustible en un motor de combustión interna, comprendiendo el sistema: una unidad receptora adaptada para recibir al menos una primera medición de al menos un parámetro de funcionamiento del motor, y recibir una segunda medición de la temperatura actual en la subcámara; y una unidad de procesamiento adaptada para calcular, a partir de la al menos una primera medición, un punto de ajuste para la temperatura en la subcámara para mantener la temperatura en la subcámara a un nivel suficiente para provocar el encendido, generar en respuesta a la segunda medición al menos una señal de control indicativa de una solicitud para ajustar la temperatura actual hacia el punto de ajuste, y enviar al menos una señal de control al motor.

En otro aspecto, se proporciona un procedimiento para controlar una temperatura en una subcámara piloto para la inyección piloto de combustible en un motor de combustión interna, comprendiendo el procedimiento: recibir al menos una primera medición de al menos un parámetro de funcionamiento del motor; recibir una segunda medición de una temperatura actual en la subcámara; calcular, a partir de la al menos una primera medición, un punto de ajuste de la temperatura en la subcámara para mantener la temperatura en la subcámara a un nivel suficiente para provocar el encendido; generando en respuesta a la segunda medición al menos una señal de control indicativa de una solicitud para ajustar la temperatura actual hacia el punto de ajuste; y enviando al menos una señal de control al motor.

En un aspecto adicional, se proporciona un sistema para controlar una temperatura en una subcámara piloto para la inyección piloto de combustible en un motor de combustión interna, comprendiendo el sistema: medios para recibir al menos una primera medición de al menos un parámetro de funcionamiento del motor; medios para recibir una segunda medición de una temperatura actual en la subcámara; medios para calcular, a partir de la al menos una primera medición, un punto de ajuste de la temperatura en la subcámara para mantener la temperatura en la subcámara a un nivel suficiente para provocar el encendido; medios para generar, en respuesta a la segunda medición, al menos una señal de control indicativa de una solicitud para ajustar la temperatura actual hacia el punto de ajuste; y medios para enviar la al menos una señal de control al motor.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación, se hace referencia a las figuras adjuntas en las que:

la figura 1 es una vista esquemática en sección transversal de un motor rotativo de combustión interna de acuerdo con una realización particular;

la figura 2 es un diagrama esquemático de un sistema para controlar la temperatura de una subcámara piloto de un motor rotativo tal como se muestra en la figura 1, de acuerdo con una realización ilustrativa;

la figura 3 es un diagrama esquemático más detallado del sistema de control de la figura 2; y

la figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento para controlar la temperatura de la subcámara del motor, de acuerdo con una realización ilustrativa.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Con referencia a la figura 1, se muestra esquemáticamente un motor rotativo 10 de combustión interna conocido como motor Wankel. En una realización particular, el motor rotativo 10 se utiliza en un sistema de motor de ciclo compuesto, tal como se describe en la patente estadounidense n.º 7.753.036 de Lents y col., expedida el 13 de julio de 2010, como se describe en la patente estadounidense n.º 7.775.044 de Julien y col., expedida el 17 de agosto de 2010, o como se describe en las solicitudes estadounidenses de patente publicadas n.ºs 2014/0020380 A1 y 2014/0020381 A1. El sistema de motor de ciclo compuesto se puede utilizar como motor motriz primario, como en una aeronave u otro vehículo, o en cualquier otra aplicación adecuada. En cualquier caso, en dicho sistema, el aire es comprimido por un compresor antes de ingresar al motor Wankel, y el motor impulsa una o más turbina(s) del motor compuesto. En otra realización, el motor rotativo 10 se usa con un turbocompresor sin estar compuesto; en otra realización, el motor rotativo 10 se usa sin un turbocompresor, con aire a presión atmosférica, como un motor independiente. En una realización, el motor rotativo 10 puede ser aplicable a sistemas de base terrestre que incluyen, pero no se limitan a, generadores.

El motor 10 comprende un cuerpo exterior 12 que tiene paredes de extremo 14 separadas axialmente con una pared periférica 18 que se extiende entre ellas para formar una cavidad 20 de rotor. La superficie interior 19 de la pared periférica 18 de la cavidad 20 tiene un perfil que define dos lóbulos, que es preferiblemente un epitrocoide.

Un cuerpo interno o rotor 24 se recibe dentro de la cavidad 20, estando el eje geométrico del rotor 24 desplazado y siendo paralelo al eje del cuerpo exterior 12. El rotor 24 tiene caras de extremo 26 separadas axialmente adyacentes a las paredes de extremo 14 del cuerpo exterior, y una cara periférica 28 que se extiende entre ellas. La cara periférica 28 define tres partes de ápice 30 separadas circunferencialmente y un perfil generalmente triangular con lados arqueados hacia afuera. Las partes de ápice 30 están en acoplamiento de sellado con la superficie interior de la pared periférica 18 para formar tres cámaras de trabajo giratorias 32 entre el rotor interior 24 y el cuerpo exterior 12. Un hueco (no mostrado) se define en la cara periférica 28 del rotor 24 entre cada par de partes de ápice adyacentes 30, para formar parte de la cámara 32 correspondiente.

Las cámaras de trabajo 32 están selladas. Cada parte de ápice 30 del rotor tiene un sello de ápice 52 que se extiende desde una cara de extremo 26 a la otra y que sobresale radialmente desde la cara periférica 28. Cada sello de ápice 52 está sesgado radialmente hacia afuera contra la pared periférica 18 a través de un resorte respectivo. Un sello de extremo 54 se acopla a cada extremo de cada sello de ápice 52, y se sesga contra la pared de extremo respectiva 14 a través de un resorte adecuado. Cada cara de extremo 26 del rotor 24 tiene al menos una junta axial 60 en forma de arco que se extiende desde cada parte de ápice 30 a cada parte de ápice 30 adyacente, adyacente a la periferia del rotor, pero hacia adentro en toda su longitud. Un resorte empuja cada junta axial 60 axialmente hacia afuera, de modo que la junta axial 60 se proyecta axialmente desde la cara de extremo 26 de rotor adyacente hacia el acoplamiento de sellado con la pared de extremo 14 adyacente de la cavidad. Cada junta axial 60 está en acoplamiento de sellado con el sello de extremo 54 adyacente a cada extremo del mismo.

Aunque no se muestra, el rotor 24 está colocado en una parte excéntrica de un árbol e incluye un engranaje de fase coaxial con el eje del rotor, que está engranado con un engranaje de fase del estator fijo asegurado al cuerpo exterior coaxialmente con el árbol. El árbol gira el rotor 24 y los engranajes engranados guían al rotor 24 para realizar revoluciones orbitales dentro de la cavidad del rotor. El árbol gira tres veces por cada rotación completa del rotor 24 a medida que se mueve alrededor de la cavidad 20 del rotor. Se proporcionan sellos de aceite alrededor del engranaje de fase para evitar el flujo de fugas de aceite lubricante radialmente hacia afuera del mismo entre la respectiva cara de extremo 26 del rotor y la pared de extremo 14 del cuerpo exterior.

Al menos un puerto de entrada 44 se define a través de una de las paredes de extremo 14 o la pared periférica 18 para admitir aire (atmosférico o comprimido) en una de las cámaras de trabajo 32, y al menos un puerto de escape 46 se define a través de una de las paredes de extremo 14 o la pared periférica 18 para la descarga de los gases de escape de las cámaras de trabajo 32. Los puertos de entrada 44 y escape 46 están colocados uno con respecto al otro y con respecto al miembro de encendido y los inyectores de combustible (descritos más adelante), de manera que durante cada rotación del rotor 24, cada cámara 32 se mueve alrededor de la cavidad 20 con un volumen variable

para someterse a las cuatro fases de admisión, compresión, expansión y escape, siendo estas fases similares a las carreras en un motor de combustión interna de tipo recíproco que tiene un ciclo de cuatro carreras.

En una realización particular, los puertos de entrada 44 y escape 46 están dispuestos de tal manera que el motor rotativo 10 funciona bajo el principio del ciclo de Miller o Atkinson, con su relación de compresión volumétrica más baja que su relación de expansión volumétrica. En otra realización, los puertos de entrada 44 y escape 46 están dispuestos de manera tal que las relaciones volumétricas de compresión y expansión son iguales o similares entre sí.

El motor 10 incluye una subcámara piloto 72 definida en el cuerpo exterior 12, para la inyección de combustible piloto y el encendido. En la realización mostrada, la subcámara piloto 72 se proporciona en un inserto 34 recibido en un orificio 36 correspondiente definido a través de la pared periférica 18 del cuerpo exterior 12. El inserto 34 se retiene a la pared periférica 18 utilizando cualquier tipo de conexión adecuado, que incluye, entre otros, sujetadores, soldadura, soldadura con bronce, retención a través de una cubierta que se superpone con el inserto 34 y se conecta a la pared periférica 18, etc. En otra realización, la subcámara piloto 72 está definida directamente en la pared periférica 18.

En la realización mostrada, el cuerpo de inserto 34 tiene toda la subcámara piloto 72 definida en el mismo, mostrada aquí con una sección transversal circular. También son posibles otras geometrías, que incluyen, pero no se limitan a, perfiles cilíndricos, cónicos, troncocónicos, en forma de cuña, etc. El inserto 34 incluye al menos una abertura de salida 74 definida en el mismo para la comunicación con la cavidad 20, y la subcámara 72 tiene una forma que forma una sección transversal reducida adyacente a la/s abertura/s 74, de tal manera que la/s abertura/s 74 definen una restricción al flujo entre la subcámara 72 y la cavidad 20. La/s abertura/s 74 puede/n tener varias formas y/o definirse por un patrón de orificios múltiples.

El inserto 34 particular mostrado se proporciona solo como un ejemplo, y se entiende que para el inserto 34 son posibles otras geometrías y/o posiciones dentro de la pared periférica 18. En una realización particular, el inserto 34 está hecho de un material que tiene propiedades de temperatura más altas y/o conductividad térmica más baja que la de la pared periférica 18, que puede estar hecha de aluminio, por ejemplo. En una realización, el inserto 34 está hecho de una superaleación a base de níquel o cobalto. Como alternativa, tal como se mencionó anteriormente, el inserto 34 se puede omitir y la subcámara piloto 72 se definirá directamente en la pared periférica 18, si la pared periférica 18 está hecha de un material que tiene suficiente resistencia al calor y propiedades adecuadas de alta temperatura para resistir las altas temperaturas dentro de la subcámara 72.

La pared periférica 18 tiene un orificio alargado 40 del inyector principal definido a través del mismo, en comunicación con la cavidad 20 del rotor y separado de la subcámara piloto 72. Un inyector de combustible principal 42 es recibido y retenido dentro de este orificio 40 correspondiente, comunicándose la punta del inyector principal 42 con la cavidad 20 en un punto separado de la subcámara piloto 72. El inyector principal 42 está ubicado hacia atrás de la subcámara piloto 72 con respecto a la dirección R de la rotación y revolución del rotor, y está en ángulo para dirigir el combustible hacia adelante en cada una de las cámaras giratorias 32 secuencialmente con un patrón de orificio de punta diseñado para una pulverización adecuada.

La pared periférica 18 también tiene un orificio alargado 76 de inyector piloto definido a través del mismo en comunicación con la subcámara 72. Un inyector de combustible piloto 78 se recibe y retiene dentro del orificio 76 correspondiente, estando la punta del inyector piloto 78 en comunicación con la subcámara 72, por ejemplo, terminando en una abertura correspondiente definida en el inserto 34 entre la subcámara 72 y el orificio 76 del inyector piloto.

El inyector piloto 78 y el inyector principal 42 inyectan combustible, que en una realización particular es combustible pesado, por ejemplo, diésel, queroseno (combustible para reactores), biocombustible equivalente, etc., en las cámaras 32. Como alternativa, el combustible puede ser cualquier otro tipo adecuado de combustible adecuado para la inyección como se describe, incluyendo combustible no pesado tal como, por ejemplo, gasolina o combustible líquido de hidrógeno. En una realización particular, al menos el 0,5 % y hasta el 20 % del combustible se inyecta a través del inyector piloto 78, y el resto se inyecta a través del inyector principal 42. En otra realización particular, como máximo el 10 % del combustible se inyecta a través del inyector piloto 78. En otra realización particular, como máximo el 5 % del combustible se inyecta a través del inyector piloto 78. El inyector principal 42 inyecta el combustible de tal manera que cada cámara giratoria 32, cuando está en la fase de combustión, contiene una mezcla pobre de aire y combustible.

La pared periférica 18 y, en la realización mostrada, el cuerpo de inserto 34 tienen un orificio alargado 82 del elemento de encendido definido en el mismo en comunicación con la subcámara 72. Un elemento de encendido 84 se recibe y retiene dentro del orificio 82 correspondiente y se coloca para encender el combustible dentro de la subcámara 72, por ejemplo, siendo recibida la punta del elemento de encendido 84 en la subcámara 72. En la realización mostrada,

el elemento de encendido 84 es una bujía incandescente. También son posibles otras configuraciones, incluyendo, por ejemplo, tener el elemento de encendido 84 completamente recibido dentro del inserto 34, y/o elemento/s de encendido 84 de cualquier otro tipo adecuado, incluyendo, pero sin limitación, encendido por plasma, encendido por láser, bujía, microondas, otros tipos de elementos de encendido, etc.

Con referencia ahora a la figura 2, a continuación se describirá un sistema de control 100 para la temperatura de la subcámara del motor 10. El sistema 100 se puede usar para controlar el encendido del motor 10 y más particularmente para mantener la temperatura en la subcámara 72 a un nivel suficiente para causar el encendido. Aun así, debe entenderse que el sistema 100 puede usarse para otras aplicaciones. El sistema 100 comprende una unidad de control 102, que está acoplada al motor 10 así como a los sensores 104 del motor, y un sensor de temperatura 106 de la subcámara. La unidad de control 102 puede comprender un ordenador digital o una Unidad de Control del Motor (UCM) (no mostrada) usando una Unidad Central de Procesamiento (UCP) (no mostrada).

En una realización donde el motor 10 se usa en un motor compuesto en una aeronave donde el aire es comprimido por un compresor antes de ingresar al motor 10 y el motor 10 acciona una o más turbinas del motor compuesto, el sistema 100 puede además incluir sensores 108 de aeronave. Los sensores 108 de aeronave se pueden usar para medir los parámetros de operación de la aeronave (no mostrada) a la que está acoplado el motor 10. Los sensores 108 de aeronave pueden comprender un sensor de velocidad, un sensor de presión o cualquier otro instrumento adecuado conocido por los expertos en la técnica para proporcionar información sobre la situación de vuelo de la aeronave. En una realización, los sensores 108 de la aeronave pueden proporcionar una medición de la velocidad de la aeronave (por ejemplo, el número de Mach).

Los sensores 104 del motor se pueden usar para medir los parámetros de operación del motor y comprenden ilustrativamente al menos uno de un sensor de presión y/o un sensor de temperatura para medir respectivamente una presión y/o una temperatura cerca o en el puerto de entrada 44 del motor (por ejemplo, en un conducto que proporciona comunicación fluida entre el compresor y el puerto de entrada 44). También se puede usar un sensor de velocidad para medir una velocidad de rotación del rotor 24 del motor 10. Debe entenderse que pueden aplicarse otros sensores.

El sensor de temperatura 106 de la subcámara se puede usar para tomar una medida indicativa de una temperatura actual en la subcámara 72 del motor 10. Para este propósito, el sensor de temperatura 106 de la subcámara puede colocarse en la subcámara piloto 72 o, como alternativa, acoplarse a la pared que delimita la subcámara 72. En una realización particular donde el sensor de temperatura 106 está adaptado para medir la temperatura del gas en la subcámara 72, el sensor de temperatura 106 puede ser una parte integral de una parte del elemento de encendido 84 (por ejemplo, bujía incandescente) recibida en la subcámara 72. En una realización particular donde el sensor de temperatura 106 se adapta para medir la temperatura de la pared de la subcámara 72, el sensor de temperatura 106 se puede proporcionar como un termopar acoplado a la pared de metal. Como tal, la medición de la temperatura de la subcámara adquirida por el sensor 106 puede ser la temperatura del gas en la subcámara 72 o la temperatura del material de la pared de la subcámara. En otra realización, la medición adquirida por el sensor 106 puede ser otra medición indicativa de la temperatura de la subcámara, que incluye, pero no se limita a, la temperatura del inserto 34.

Como se describirá más adelante, al recibir las mediciones de los sensores 104, 106, 108, la unidad de control 102 puede determinar a partir de ahí el valor de la temperatura de la subcámara que debe alcanzarse para el funcionamiento óptimo del motor 10. La unidad de control 102 puede entonces enviar al motor 10 al menos una señal de control para hacer que la temperatura de la subcámara se ajuste hacia el valor óptimo. Por ejemplo, la al menos una señal de control emitida por la unidad de control 102 puede ser representativa de un comando para ajustar una intensidad del elemento de encendido 84. Como alternativa, la señal de control puede ser una solicitud para que el inyector piloto 78 inyecte con una cierta temporización una cantidad dada de combustible en la subcámara 72. De esta manera, la temperatura de la subcámara 72 se puede controlar con precisión.

Con referencia a la figura 3, la unidad de control 102 comprende ilustrativamente un módulo de recepción 202, un módulo 204 de cálculo de punto de ajuste, un módulo de prealimentación opcional 206, un módulo de cálculo de error 208 y un módulo 210 de control de temperatura de subcámara. Las lecturas de los sensores 104 del motor, el sensor de temperatura de la subcámara 106 y, si corresponde, los sensores 108 de la aeronave pueden ser recibidos en el módulo de recepción 202. El módulo de recepción 202 puede enviar entonces al módulo 204 de cálculo del punto de ajuste una señal que comprende las lecturas recibidas del sensor. A partir de la señal recibida, el módulo 204 de cálculo del punto de ajuste puede calcular un valor objetivo, es decir, el punto de ajuste, de la temperatura de la subcámara, que el módulo 208 de control de la temperatura de la subcámara debería alcanzar. El valor del punto de ajuste puede ajustarse de acuerdo con los parámetros de operación del motor 10 y, si corresponde, de la aeronave (no mostrada) tal como se recibió de los sensores 104 del motor y, si corresponde, los sensores 108 de la aeronave. Por ejemplo, puede ser deseable lograr un primer punto de ajuste de la temperatura de la subcámara para un primer

conjunto de lecturas de presión, temperatura y velocidad de rotación del motor 10, si bien puede ser deseable lograr un segundo punto de ajuste de la temperatura de la subcámara para un segundo conjunto de lecturas de presión, temperatura, y velocidad de rotación. Por ejemplo, el punto de ajuste se puede proporcionar como un mapa o tabla con relación a una o más de las lecturas de presión, temperatura y velocidad de rotación. Debe entenderse que el

El valor del punto de ajuste emitido por el módulo 204 de cálculo del punto de ajuste se envía luego al módulo de cálculo de error 208, que puede recibir además del módulo de recepción 202 una señal de temperatura de la subcámara que comprende una medición actual del sensor de temperatura 106 de la subcámara. El módulo de cálculo de error 208 puede entonces calcular una diferencia entre el punto de ajuste calculado y la medición de temperatura actual de la subcámara. El valor de la diferencia se envía luego al módulo 210 de control de temperatura de la subcámara, que puede generar en función del mismo al menos una señal de control indicativa de una solicitud para ajustar la temperatura de la subcámara. En particular, el módulo 210 de control de temperatura de la subcámara puede determinar a partir de la diferencia recibida desde el módulo de cálculo de error 208 el ajuste requerido para ajustar la temperatura de la subcámara hacia el punto de ajuste.

El módulo 210 de control de temperatura de la subcámara puede entonces determinar al menos un componente del motor cuyo funcionamiento se puede modificar para lograr el ajuste deseado. El módulo 210 de control de temperatura de la subcámara puede generar en consecuencia una señal de control para ordenar al componente del motor en cuestión que realice el ajuste. En una realización, el módulo 210 de control de temperatura de la subcámara puede generar, de hecho, al menos una de una señal de control de intensidad, una señal de control de cantidad del inyector y una señal de control de temporización de inyector. La señal de control de intensidad puede enviarse al elemento de encendido 84 para provocar un ajuste deseado, por ejemplo, un aumento o una disminución en la intensidad de calentamiento del elemento de encendido 84 cuando el elemento de encendido 84 se puede calentar (por ejemplo, una bujía incandescente u otro elemento de calentamiento), un cambio en temporización y/o el tiempo de activación del elemento de encendido 84 (por ejemplo, el encendido por plasma, encendido por láser, bujía). Esto a su vez puede variar, es decir, aumentar o disminuir, la temperatura en la subcámara 72 hacia el punto de ajuste. La señal de control de cantidad del inyector también puede ser enviada al inyector piloto 78 para hacer que este ajuste la cantidad de combustible que inyecta en la subcámara 72 en cada pulso de inyección, modificando así la temperatura de la subcámara en consecuencia. La señal de control de temporización del inyector también puede enviarse al inyector piloto 78 para controlar la temporización de la inyección de combustible mediante el inyector piloto 78 para modificar adicionalmente la temperatura de la subcámara. Por ejemplo, en una realización particular, la temperatura en la subcámara 72 puede aumentarse aumentando la cantidad de combustible inyectado por el inyector piloto 78, temporizando la inyección piloto para que ocurra antes en el ciclo de combustión y/o aumentando la temperatura de un elemento de encendido 84 calentable.

De esta manera, al alterar el funcionamiento del elemento de encendido 84 y/o el inyector piloto 78, la temperatura en la subcámara 72 puede controlarse con precisión hacia el valor de punto de ajuste deseado. El sensor de temperatura 106 de la subcámara puede adquirir una nueva lectura de la temperatura de la subcámara y esta lectura puede retroalimentarse a la unidad de control 102. La unidad de control 102 puede entonces evaluar a partir de los datos recibidos si se ha alcanzado el punto de ajuste de temperatura deseado. Si este no es el caso, se puede/n generar nueva/s señal/es de control para un ajuste adicional. Entonces se puede lograr un control preciso en circuito cerrado de la temperatura de la subcámara.

Debe entenderse que el módulo 210 de control de temperatura de la subcámara puede determinar cuáles de las señales de control mencionadas anteriormente se generarán de acuerdo con las mediciones de parámetros de operación del motor y la aeronave recibidas de los sensores 104 del motor y, si corresponde, los sensores 108 de la aeronave. Por ejemplo, si el motor 10 está operando en un día frío, puede ser conveniente que la temperatura de la subcámara 72 se ajuste controlando el funcionamiento del elemento de encendido 84 en lugar de la del inyector piloto 78. En este caso, el módulo 210 de control de temperatura de la subcámara, al recibir una medición de la temperatura en la entrada del motor desde los sensores 104 del motor, puede determinar que solo se debe generar la señal de control de intensidad para la salida al elemento de encendido 84. En otros casos, las mediciones recibidas desde los sensores 104 del motor y los sensores 108 de la aeronave pueden indicar que es deseable que la temperatura de la subcámara se controle a través del inyector piloto 78 solo o como alternativa a través del elemento de encendido 84 y el inyector piloto 78 para mayor precisión. Por lo tanto, el módulo 210 de control de temperatura de la subcámara puede generar las señales de control correspondientes en consecuencia. También debe entenderse que se pueden generar señales de control adicionales para controlar la temperatura de la subcámara. Por ejemplo, aunque no se ilustra, debe entenderse que la unidad de control 102 puede enviar la/s señal/es de control al inyector principal 42, de

modo que los parámetros de control de la misma puedan alterarse para alcanzar la temperatura deseada en la subcámara.

En una realización, el módulo de recepción 202 también puede adaptarse para detectar un modo transitorio de funcionamiento del motor 10, por ejemplo, en función de las mediciones recibidas de los sensores 104 del motor y, si corresponde, los sensores 108 de la aeronave y/o cuando un usuario acciona un control determinado (por ejemplo, el accionamiento del acelerador en una aeronave). Cuando se detecta dicho modo, el módulo de recepción 202 puede enviar la señal del sensor de la aeronave/motor al módulo de prealimentación 206. Este último puede entonces introducir un elemento de compensación adicional para anticipar una respuesta del motor 10 que funciona en el modo transitorio. Por ejemplo, en el modo transitorio, un movimiento rápido del acelerador ordenado por un piloto de la aeronave puede dar como resultado que el motor 10 solicite potencia adicional. En este caso, para controlar la temperatura de la subcámara 72, puede ser conveniente anticipar la respuesta del motor. Por lo tanto, para este propósito, el módulo de prealimentación 206 puede predecir la cantidad y la temporización de combustible que debe inyectar el inyector piloto 78 con el motor 10 en modo transitorio. El módulo de prealimentación 206 puede luego enviar al módulo 210 de control de temperatura de la subcámara una señal indicativa de los valores predichos. El módulo 210 de control de temperatura de la subcámara puede tener en cuenta entonces las predicciones del módulo de prealimentación 206 al generar la/s señal/es de control para ajustar la temperatura de la subcámara 72, logrando así un control óptimo. En particular, el módulo 210 de control de temperatura de la subcámara puede generar la/s señal/es de control para garantizar que, en el modo transitorio, la temperatura de la subcámara se mantenga lo más cerca posible del punto de ajuste calculado por el módulo 204 de cálculo del punto de ajuste.

Con referencia ahora a la figura 4, a continuación se describirá un procedimiento 300 para el control en bucle cerrado de la temperatura de la subcámara del motor 10. El procedimiento 300 comprende recibir en la etapa 302 mediciones de parámetros de funcionamiento del/los sensor/es de la aeronave/motor, como se discutió anteriormente con referencia a la figura 2. El procedimiento 300 comprende además recibir en la etapa 304 una medición actual de la temperatura de la subcámara desde el sensor de temperatura de la subcámara. El punto de ajuste de la temperatura de la subcámara se puede calcular en la etapa 306 en función de las mediciones de los parámetros de funcionamiento recibidos. Una diferencia entre el punto de ajuste calculado y la medición de la temperatura de la subcámara actual se puede calcular entonces en la etapa 308. Opcionalmente, la siguiente etapa 310 puede ser determinar luego, por ejemplo, a partir de las mediciones de los parámetros de funcionamiento, si el motor está funcionando en modo transitorio. Si este es el caso, se puede aplicar la lógica de prealimentación en la etapa 312 para anticipar la respuesta del motor en el modo transitorio y predecir la cantidad y la temporización de las inyecciones de combustible, como se describe anteriormente en el presente documento. Al menos una señal de control de temperatura de subcámara se puede emitir entonces en la etapa 314. Dicha/s señal/es puede/n comprender una señal de control de intensidad para controlar la intensidad del elemento de encendido, una señal de control de cantidad del inyector para controlar la cantidad de combustible inyectado por el inyector piloto y una señal de control de temporización de inyector para controlar la temporización de las inyecciones de combustible del inyector piloto. Si se determinó en la etapa 310 que el motor no está en modo transitorio, o si se omiten las etapas 310, 312, el procedimiento 300 puede fluir directamente a la etapa 314 de emitir la/s señal/es de control. Como se discutió anteriormente, al recibir la/s señal/es de control, el elemento de encendido y/o el inyector piloto del motor pueden modificar su funcionamiento para alcanzar el punto de ajuste de temperatura calculado en la etapa 306.

Las enseñanzas en el presente documento son aplicables a muchos tipos de motores rotativos, y no solo a los motores Wankel. En una realización particular, el motor rotativo puede ser un motor rotativo de tipo único o excéntrico donde el rotor gira alrededor de un centro de rotación fijo. Por ejemplo, el motor rotativo puede ser un motor de paletas deslizantes, tal como se describe en la patente estadounidense n.º 5.524.587 expedida el 11 de junio de 1996 o en la patente estadounidense n.º 5.522.356 expedida el 4 de junio de 1996. En otra realización particular, el motor rotativo puede ser un motor giratorio oscilante, que incluye dos o más rotores que giran a diferentes velocidades angulares, provocando que la distancia entre las partes de los rotores varíe y, como tal, que el volumen de la cámara cambie. En otra realización particular, el motor rotativo puede ser un motor giratorio planetario que tiene una geometría diferente a la del motor Wankel, como por ejemplo un motor planetario que tiene una cavidad de rotor con un perfil epitrocoide que define tres lóbulos y un rotor con cuatro partes de ápice. Los ejemplos de dichos motores rotativos que no son Wankel se muestran en la solicitud estadounidense n.º 13/750.523 del solicitante, presentada el 25 de enero de 2013. También son posibles otras geometrías de motores rotativos.

Las enseñanzas en el presente documento también son aplicables a otros tipos de motores de combustión interna que tienen una subcámara piloto para encendido, tal como, por ejemplo, motores alternativos.

La descripción anterior pretende ser solo ejemplar, y un experto en la técnica reconocerá que pueden realizarse cambios en las realizaciones descritas sin apartarse de las reivindicaciones adjuntas. Las modificaciones que caen

dentro del alcance de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica, a la luz de una revisión de esta divulgación, y se pretende que tales modificaciones entren dentro de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para controlar una temperatura en una subcámara piloto (72) para la inyección piloto de combustible en un motor de combustión interna, comprendiendo el sistema:

- una unidad receptora (202) adaptada para
- recibir al menos una primera medición de al menos un parámetro de funcionamiento del motor, y
- recibir una segunda medición indicativa de una temperatura actual en la subcámara (72); y
- una unidad de procesamiento adaptada para
- calcular a partir de la al menos una primera medición, un punto de ajuste para la temperatura en la subcámara para mantener la temperatura en la subcámara a un nivel suficiente para provocar el encendido,
- generar, en respuesta a la segunda medición, al menos una señal de control indicativa de una solicitud para ajustar la temperatura actual hacia el punto de ajuste, y
- enviar la al menos una señal de control al motor.

2. El sistema como se define la reivindicación 1, en donde el motor de combustión interna es un motor rotativo acoplado a una aeronave, estando adaptada la unidad receptora (202) para recibir también al menos una tercera medición de al menos un parámetro de operación de la aeronave, y la unidad de procesamiento está adaptada para calcular, a partir de la al menos una primera medición y la al menos una tercera medición, el punto de ajuste de la temperatura en la subcámara.

3. El sistema como se define en la reivindicación 2, en donde la unidad receptora (202) está adaptada para recibir la al menos una tercera medición representativa de una velocidad de la aeronave.

4. El sistema como se define en la reivindicación 2 o 3, en donde la unidad de procesamiento está adaptada para generar la al menos una señal de control como una señal de control de cantidad del inyector para modificar una cantidad de combustible inyectado en la subcámara (72) por un inyector piloto (78) del motor y como una señal de control de temporización de inyector para modificar una temporización de una inyección de combustible por el inyector piloto (78), y en donde la unidad de procesamiento está además adaptada para detectar un modo transitorio del motor desde la al menos una primera medición y la al menos una tercera medición, para predecir la cantidad del combustible y la temporización de la inyección de combustible requerida para ajustar la temperatura actual hacia el punto de ajuste, y generar la al menos una señal de control en consecuencia.

5. El sistema como se define en cualquier reivindicación precedente, en donde la unidad de procesamiento está adaptada para calcular una diferencia entre el punto de ajuste y la temperatura actual y para generar la al menos una señal de control en función de la diferencia.

6. El sistema como se define en cualquier reivindicación precedente, en donde la unidad de procesamiento está adaptada para generar la al menos una señal de control como al menos una de una señal de control de intensidad para modificar una intensidad de un elemento de encendido (84) acoplado a la subcámara (72), una señal de control de cantidad del inyector para modificar una cantidad de combustible inyectado en la subcámara (72) por un inyector piloto (78) del motor, y una señal de control de temporización de inyector para modificar una temporización de una inyección de combustible por el inyector piloto (78).

7. El sistema como se define en cualquier reivindicación precedente, en donde la unidad receptora (202) está adaptada para recibir la segunda medición de uno de un sensor de temperatura (106) colocado en la subcámara (72), correspondiendo la temperatura actual a una temperatura del gas en la subcámara (72), y un sensor de temperatura (106) acoplado a una pared de la subcámara (72), la segunda medición representativa de la temperatura actual de la pared.

8. El sistema como se define en cualquier reivindicación precedente, en donde el motor es un motor rotativo, estando adaptada la unidad receptora (202) para recibir al menos una primera medición que comprende al menos una de una presión en un puerto de entrada (44) del motor, una temperatura en el puerto de entrada (44) del motor y una velocidad de rotación de un rotor (24) del motor.

9. Un procedimiento para controlar una temperatura en una subcámara piloto (72) para la inyección piloto de combustible en un motor de combustión interna, comprendiendo el procedimiento:

- recibir (302) al menos una primera medición de al menos un parámetro de funcionamiento del motor;
- recibir (304) una segunda medición indicativa de una temperatura actual en la subcámara (72);

- calcular (306), a partir de la al menos una primera medición, un punto de ajuste para la temperatura en la subcámara para mantener la temperatura en la subcámara a un nivel suficiente para provocar el encendido;
 - generar (314), en respuesta a la segunda medición, al menos una señal de control indicativa de una solicitud para ajustar la temperatura actual hacia el punto de ajuste; y
 - enviar la al menos una señal de control al motor.

10. El procedimiento como se define en la reivindicación 9, en donde el motor de combustión interna es un motor rotativo está acoplado a una aeronave, el procedimiento comprende además recibir al menos una tercera medición de al menos un parámetro de funcionamiento de la aeronave, y el punto de ajuste de la temperatura en la subcámara (72) se calcula a partir de la al menos una primera medición y la al menos una tercera medición.

11. El procedimiento como se define en la reivindicación 10, en donde generar la al menos una señal de control comprende generar al menos una de una señal de control de cantidad del inyector para modificar una cantidad de combustible inyectado en la subcámara mediante un inyector piloto (78) del motor y una señal de control de temporización de inyector para modificar una temporización de una inyección de combustible por el inyector piloto (78), comprendiendo además el procedimiento detectar (310) un modo transitorio del motor a partir de la al menos una primera medición y la al menos una tercera medición, prediciendo la cantidad de combustible y la temporización de la inyección de combustible requerida para ajustar la temperatura actual hacia el punto de ajuste, y generar la al menos una señal de control en consecuencia.

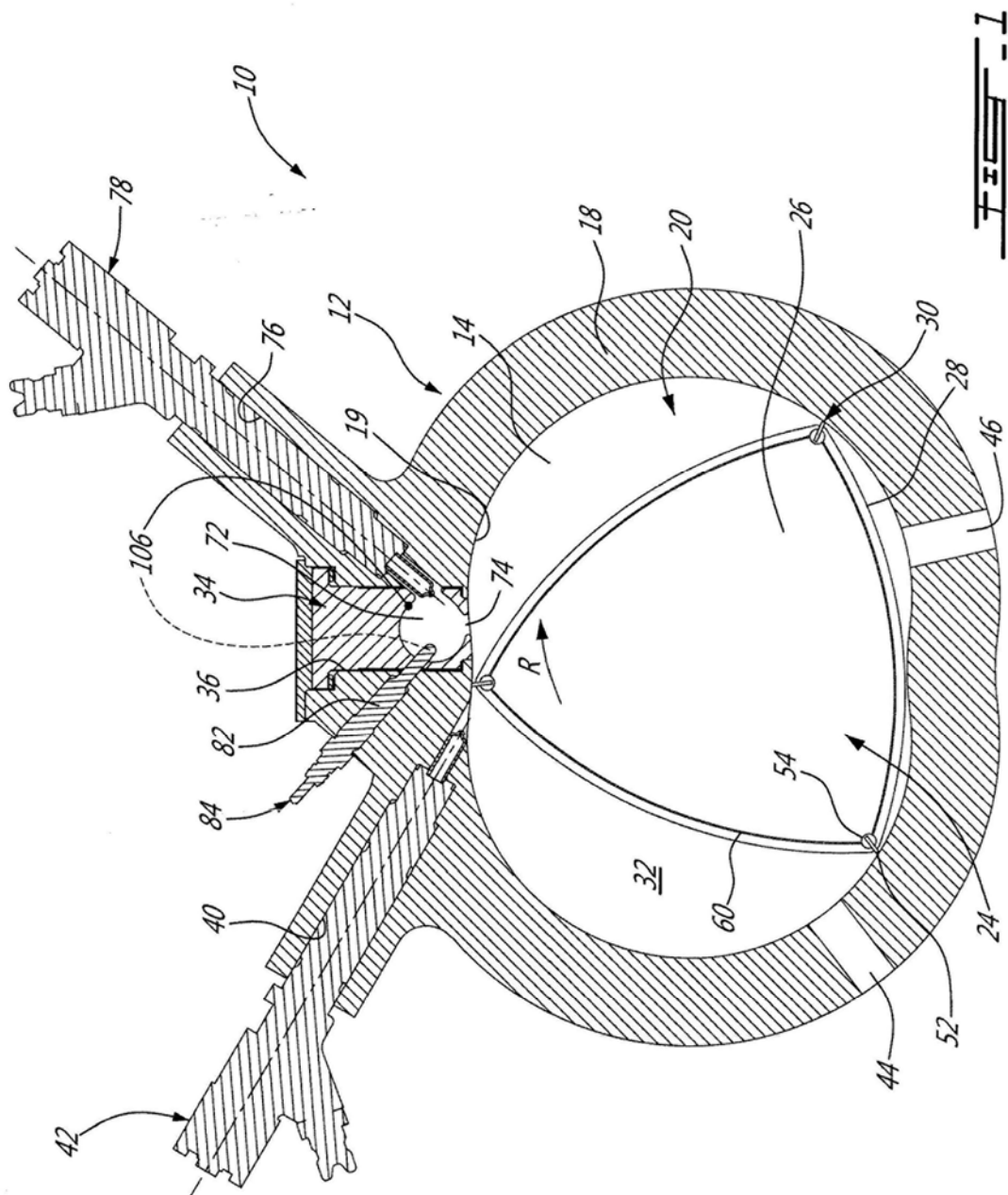
12. El procedimiento como se define en la reivindicación 9, 10 u 11, que comprende además calcular (308) una diferencia entre el punto de ajuste y la temperatura actual y generar la al menos una señal de control en función de la diferencia.

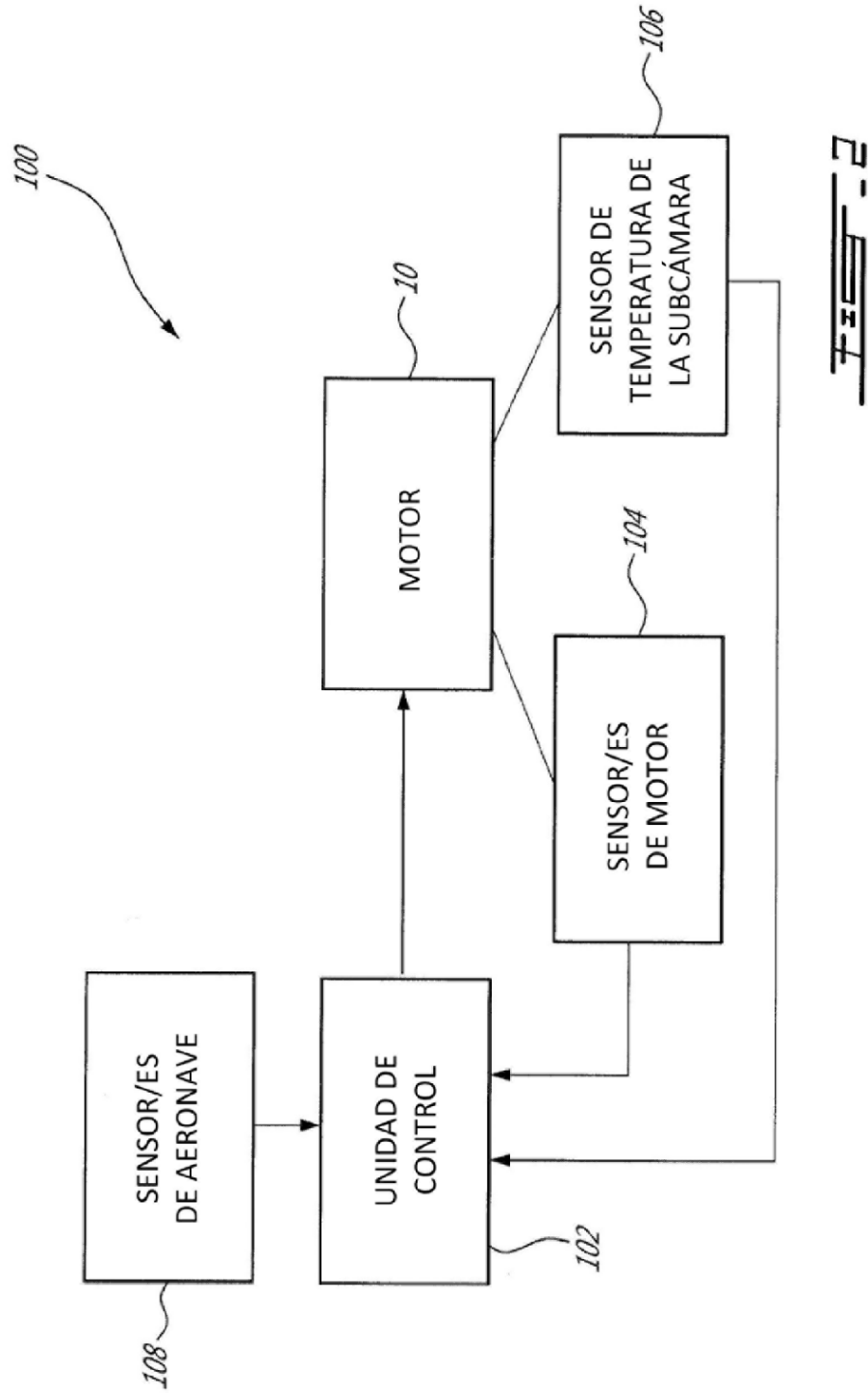
13. El procedimiento como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en donde generar (314) la al menos una señal de control comprende generar al menos una de una señal de control de intensidad para modificar una intensidad de un elemento de encendido (84) acoplado a la subcámara (72), una señal de control de cantidad del inyector para modificar una cantidad de combustible inyectado en la subcámara (72) por un inyector piloto (78) del motor, y una señal de control de temporización del inyector para modificar una temporización de una inyección de combustible por el inyector piloto (78).

14. El procedimiento como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en donde recibir la segunda medición comprende recibir la segunda medición desde uno de un sensor de temperatura (106) colocado en la subcámara (72), correspondiendo la temperatura actual a una temperatura del gas en la subcámara (72), y un sensor de temperatura (106) acoplado a una pared de la subcámara (72), la segunda medición representativa de la temperatura actual de la pared.

15. Un sistema para controlar una temperatura en una subcámara piloto para la inyección piloto de combustible en un motor de combustión interna, comprendiendo el sistema:

- medios (202) para recibir al menos una primera medición de al menos un parámetro de funcionamiento del motor;
- medios (202) para recibir una segunda medición indicativa de una temperatura actual en la subcámara;
- medios (204) para calcular, a partir de la al menos una primera medición, un punto de ajuste de la temperatura en la subcámara para mantener la temperatura en la subcámara a un nivel suficiente para provocar el encendido,
- medios (210) para generar, en respuesta a la segunda medición, al menos una señal de control indicativa de una solicitud para ajustar la temperatura actual hacia el punto de ajuste, y
- medios para enviar la al menos una señal de control al motor.





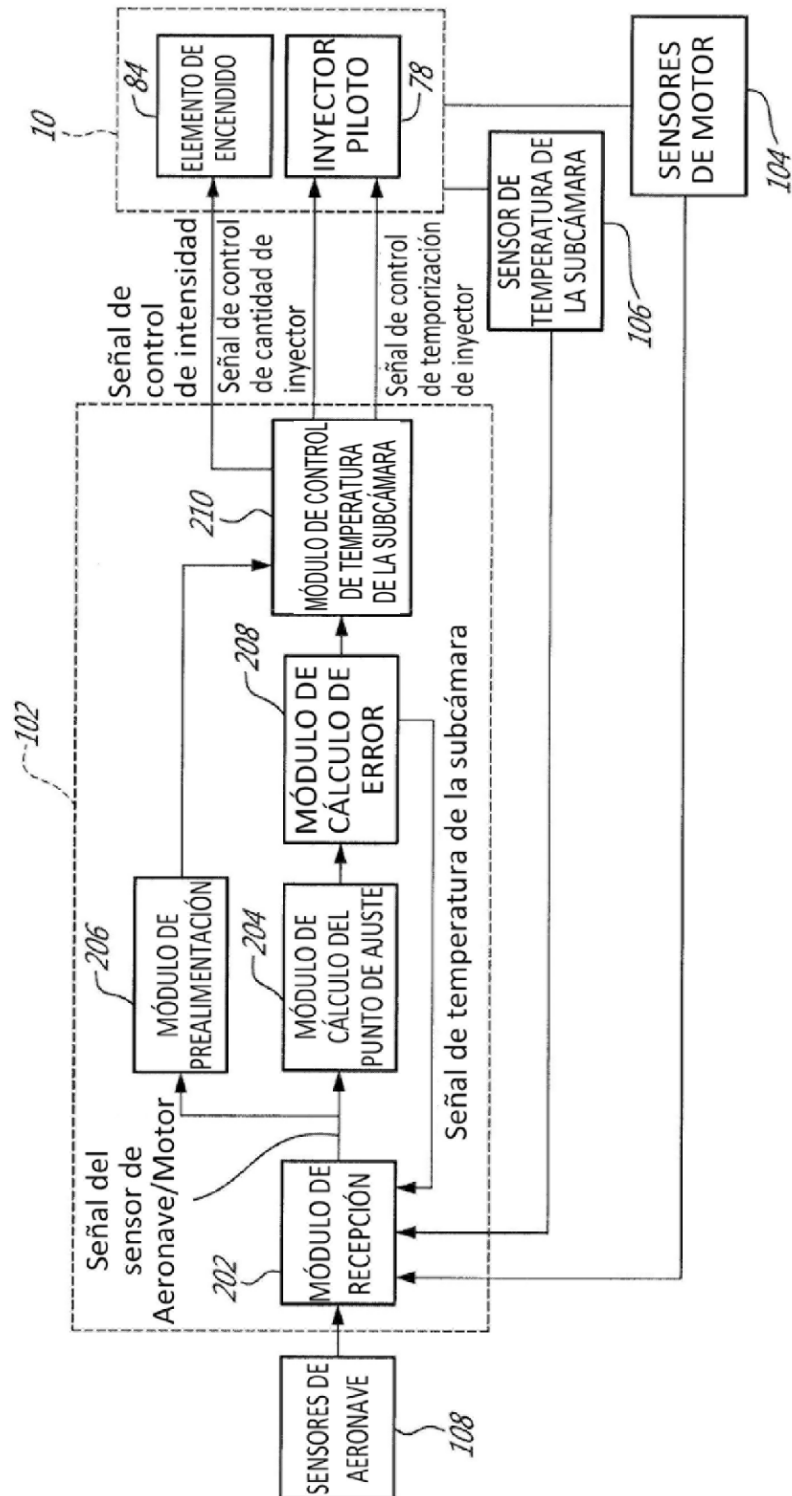


Fig. 3

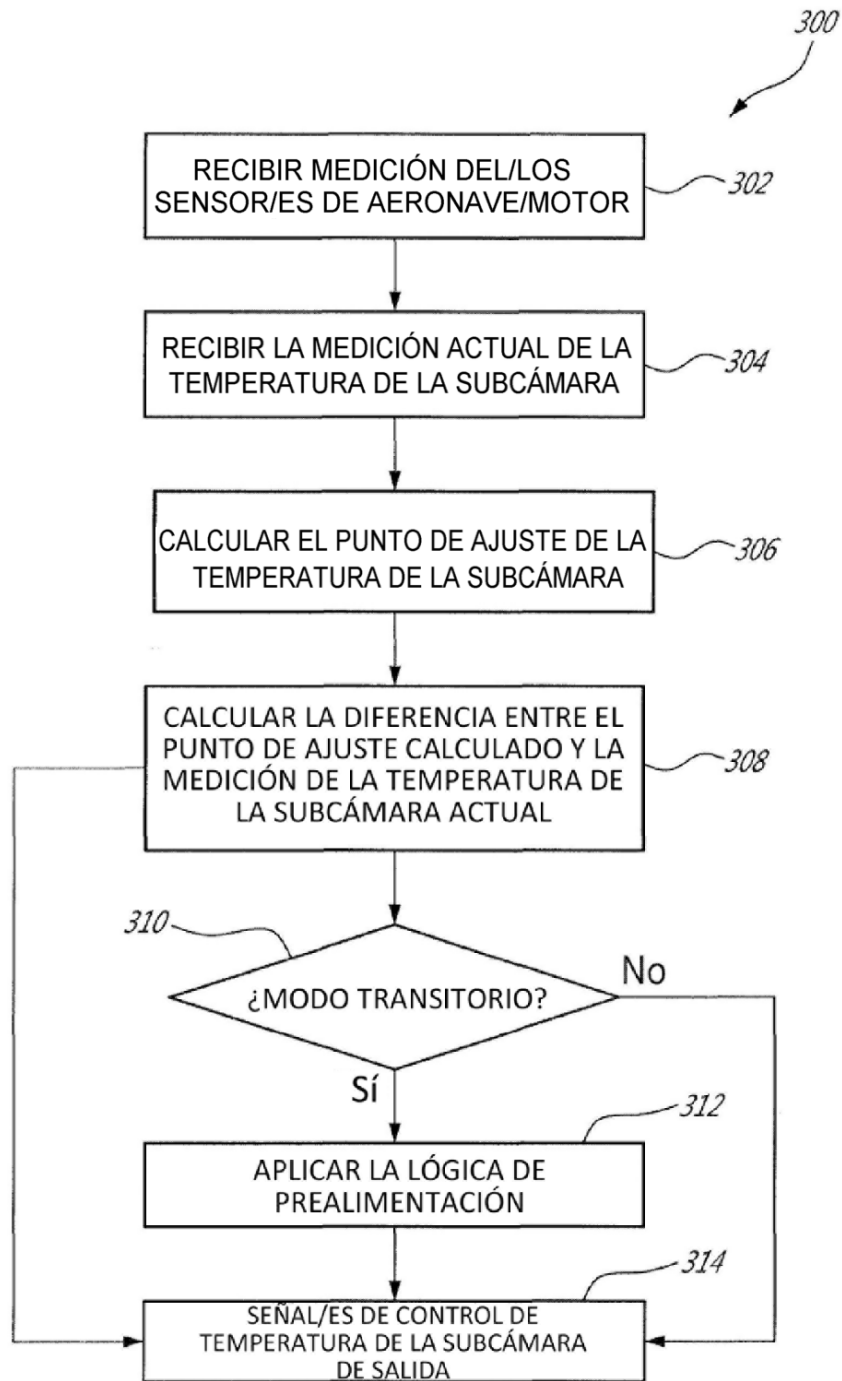


Fig. 4