

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 847 204**

51 Int. Cl.:

F01N 3/027	(2006.01) G05D 23/185	(2006.01)
F01N 3/10	(2006.01) H05B 1/02	(2006.01)
F01N 3/20	(2006.01) H05B 3/14	(2006.01)
F01N 11/00	(2006.01) H05B 3/18	(2006.01)
F01N 13/00	(2010.01) H05B 3/20	(2006.01)
F02D 41/02	(2006.01) H05B 3/40	(2006.01)
F02D 41/14	(2006.01)	
F02D 41/22	(2006.01)	
G01F 1/68	(2006.01)	
G01K 7/16	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.03.2017 PCT/US2017/020515**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.09.2017 WO17151967**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2017 E 17711471 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.11.2020 EP 3423685**

54 Título: **Sistema medición de flujo de fluido y calefactor de doble función**

30 Prioridad:

02.03.2016 US 201662302482 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.08.2021

73 Titular/es:

**WATLOW ELECTRIC MANUFACTURING
COMPANY (100.0%)
12001 Lackland Road
St. Louis, MO 63146, US**

72 Inventor/es:

**SWANSON, CAL;
EVERLY, MARK, D.;
CULBERTSON, DAVID P.;
PRADUN, JAMES N.;
QUANDT, JEREMY J.;
HOVEN, MARK;
OHSE, JEREMY y
ZHANG, SANHONG**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 847 204 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 medición de flujo de fluido y calefactor de doble función

5 **Campo de la técnica**

La presente divulgación se refiere a sistemas de calefacción y detección para aplicaciones de flujo de fluidos, por ejemplo, sistemas de escape de vehículos, tales como escape de diésel y sistemas de postratamiento.

10 **Antecedentes**

Las indicaciones en esta sección simplemente proporcionan información de antecedentes relacionados con la presente divulgación y pueden no constituir la técnica anterior.

15 El uso de sensores físicos en aplicaciones de flujo transitorio de fluidos, como el sistema de escape de un motor, es complejo, debido a las duras condiciones ambientales, como la vibración y los ciclos térmicos. Un sensor de temperatura conocido incluye un sensor con aislamiento mineral dentro de una vaina que, de este modo, se suelda a una sujeción de soporte que retiene un elemento tubular. Desafortunadamente, esta concepción requiere mucho tiempo para alcanzar estabilidad y los entornos de alta vibración pueden dañar los sensores físicos.

20 Los sensores físicos también presentan cierta incertidumbre de la temperatura real del elemento resistivo en muchas aplicaciones y, como resultado, a menudo se aplican grandes márgenes de seguridad en el diseño de la potencia del calefactor. De este modo, los calefactores que se utilizan con sensores físicos generalmente proporcionan una densidad de vatios más baja, lo que permite un menor riesgo de causar daños al calefactor a expensas de un mayor tamaño y coste del calefactor (la misma potencia del calefactor se extiende sobre un área de superficie mayor del elemento resistivo).

25 Además, la tecnología conocida utiliza un control de marcha/paro o control PID de un sensor externo en un bucle de control térmico. Los sensores externos presentan demoras inherentes a las resistencias térmicas entre sus cables y las salidas del sensor. Cualquier sensor externo aumenta el potencial de modos de fallo de los componentes y establece limitaciones de cualquier montaje mecánico en el sistema general.

30 Una aplicación de los calefactores en los sistemas de flujo de fluidos se encuentra en los escapes de los vehículos, que se acoplan a un motor de combustión interna para colaborar en la reducción de la liberación no deseada de emisiones de varios gases y otros contaminantes a la atmósfera. Estos sistemas de escape suelen incluir varios dispositivos de postratamiento, como filtros de partículas diésel (DPF), un convertidor catalítico, una reducción catalítica selectiva (SCR), un catalizador de oxidación diésel (DOC), una trampa de NO_x (LNT), un catalizador de amoníaco residual sin reaccionar, o reformadores, entre otros. El DPF, el convertidor catalítico y el SCR capturan monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas (PM) e hidrocarburos inquemados (HC) contenidos en los gases de escape. Los calefactores se pueden activar periódicamente, o en un tiempo predeterminado, para aumentar la temperatura de escape y activar los catalizadores y/o para quemar las partículas o los hidrocarburos inquemados que se han capturado en el sistema de escape.

35 Los calefactores generalmente se instalan en tubos de escape o componentes, tales como contenedores del sistema de escape. Los calefactores pueden incluir una pluralidad de elementos calefactores en el tubo de escape y, típicamente, se controlan a la misma temperatura objetivo para proporcionar la misma salida de calor. Sin embargo, normalmente se produce un gradiente de temperatura debido a diferentes condiciones de funcionamiento, como la diferente radiación de calor de los elementos calefactores adyacentes y los gases de escape de diferente temperatura que fluyen por los elementos calefactores.

40 La vida útil del calefactor depende de la vida útil del elemento calefactor que se encuentre bajo las condiciones de calefacción más duras y que falle primero. Es difícil predecir la vida útil del calefactor sin conocer qué elemento calefactor fallará primero. Para mejorar la fiabilidad de todos los elementos calefactores, el calefactor se concibe típicamente de modo que funcione con un factor de seguridad para reducir y/o evitar fallos en cualquiera de los elementos calefactores. Por lo tanto, los elementos calefactores que se encuentran en las condiciones de calefacción menos duras suelen funcionar para generar una salida de calor que se encuentra muy por debajo de su salida de calor máxima disponible. Se pueden encontrar elementos calefactores resistivos o sensores en las publicaciones siguientes: US 2015/185061 A1, US 2004/05632 A1, WO 2012/012519 A2, US 2005/028587 A1 y US 6134960 A.

60 **Sumario**

65 La invención se define en la reivindicación independiente 1 adjunta y sus variaciones en las reivindicaciones dependientes 2 a 19. En la presente divulgación, se proporciona un sistema de control para su uso en una aplicación de flujo de fluido que incluye un calefactor que presenta por lo menos un elemento calefactor resistivo adaptado para calentar el flujo de fluido. El sistema de control incluye además un dispositivo de control que utiliza

la pérdida de calor de por lo menos un elemento calefactor resistivo para determinar las características de flujo de flujo de fluido. En una forma de realización, el dispositivo de control puede funcionar para calcular el caudal másico sobre la base de una característica seleccionada de entre el grupo que consiste en temperatura del flujo de fluido, velocidad del flujo de fluido, geometría de un paso para el flujo de fluido, presión del flujo de fluido, densidad del flujo de fluido y combinaciones de las mismas. Las características de flujo se pueden seleccionar entre el grupo que consiste en velocidad de fluido, presión de fluido, temperatura de fluido, turbulencia de fluido y combinaciones de las mismas.

En otra forma de realización, el dispositivo de control puede funcionar de manera que se reciban características de flujo de fluido de por lo menos un elemento calefactor resistivo y características de flujo de fluido de un módulo de control del motor para determinar el rendimiento de calefacción del calefactor y el rendimiento de medición del flujo másico del módulo de control del motor. Además, el dispositivo de control puede funcionar para determinar incoherencias en las características de flujo de fluido recibidas desde dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo y el módulo de control del motor. Además, el dispositivo de control puede funcionar para recibir una ratio de enfriamiento de por lo menos un elemento calefactor resistivo, una ratio de calefacción de por lo menos un elemento calefactor resistivo y datos de flujo másico de un módulo de control del motor. De acuerdo con esta información, el dispositivo de control puede determinar si se forman depósitos en por lo menos un elemento calefactor resistivo de conformidad con las características de flujo determinadas por mediciones de por lo menos un elemento calefactor resistivo.

En otra forma de realización, el calefactor incluye una pluralidad de elementos calefactores resistivos provistos a lo largo de una vía de flujo de fluido. La pluralidad de elementos calefactores resistivos se adapta para proporcionar características de flujo de fluido.

Se pondrán de manifiesto otras áreas de aplicación a partir de la descripción proporcionada en esta memoria. Se deberá entender que la descripción y los ejemplos específicos se emplean únicamente con fines ilustrativos y no pretenden limitar el alcance de la presente divulgación.

Dibujos

Para una mejor comprensión de la divulgación, a continuación, se describirán varias formas de realización de la misma, que se proporcionan a título de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es un diagrama esquemático de un motor diésel y un sistema de postratamiento de escape en el que se aplican los principios de la presente divulgación;

la figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema de control según las enseñanzas de la presente divulgación;

la figura 3 es una vista en sección transversal de un calefactor tubular construido según las enseñanzas de la presente divulgación;

la figura 4A es una vista esquemática de una pluralidad de elementos calefactores resistivos sucesivos según las enseñanzas de la presente divulgación; y

la figura 4B es una vista esquemática de una pluralidad de elementos calefactores resistivos según las enseñanzas de la presente divulgación.

Los dibujos descritos en la presente memoria se proporcionan únicamente a título ilustrativo y no pretenden limitar el alcance de la presente divulgación en modo alguno.

Descripción detallada

La descripción siguiente es meramente a título de ejemplo y no pretende limitar la presente divulgación, aplicación o usos. Se deberá entender que, en todos los dibujos, los números de referencia correspondientes indican partes y características similares o correspondientes.

Haciendo referencia a la figura 1, un sistema de motor 10 incluye generalmente un motor diésel 12, un alternador 14 (o generador en algunas aplicaciones), un turbocompresor 16 y un sistema de postratamiento de escape 18. Dicho sistema de postratamiento de escape 18 se dispone aguas abajo de dicho turbocompresor 16 para tratar los gases de escape del motor diésel 12 antes de que los gases de escape se liberen a la atmósfera. El sistema de postratamiento de escape 18 puede incluir uno o más componentes, dispositivos o sistemas adicionales que pueden funcionar para tratar adicionalmente el flujo de fluido de escape para lograr un resultado deseado. En una forma de realización, el sistema de postratamiento de escape 18 incluye un sistema calefactor 20, un catalizador de oxidación diésel (DOC) 22, un filtro de partículas diésel (DPF) 24 y un dispositivo de reducción catalítica selectiva (SCR) 26. Dicho sistema calefactor 20 incluye un conjunto calefactor 28 dispuesto aguas arriba del DOC 22 y un

dispositivo de control del calefactor 30 para controlar el funcionamiento del conjunto calefactor 28. El sistema de postratamiento de escape 18 incluye un conducto de escape aguas arriba 32 que recibe el conjunto calefactor 28 en su interior, un conducto de escape intermedio 34 en el que se reciben el DOC 22 y el DPF 24 y un conducto de escape aguas abajo 36 en el que está dispuesto el SCR 26. Aunque se muestra un motor diésel 12, se deberá entender que las enseñanzas de la presente divulgación también se pueden aplicar a un motor de gasolina y a otras aplicaciones de flujo de fluidos. Por lo tanto, la aplicación del motor diésel no se deberá interpretar como una limitación del alcance de la presente divulgación.

El DOC 22 está dispuesto aguas abajo del conjunto calefactor 28 y sirve como catalizador para oxidar el monóxido de carbono y cualquier hidrocarburo inquemado en el gas de escape. Además, el DOC 22 convierte el óxido nítrico (NO) en dióxido de nitrógeno (NO₂). El DPF 24 se dispone aguas abajo de dicho DOC 22 para extraer las partículas de diésel (PM) o de hollín de los gases de escape. El SCR 26 se dispone aguas abajo del DPF 24 y, con la colaboración de un catalizador, convierte los óxidos de nitrógeno (NO_x) en nitrógeno (N₂) y agua. Se dispone un inyector de solución de agua de urea 27 aguas abajo del DPF 24 y aguas arriba del SCR 26, con el fin de inyectar una solución de agua de urea en la corriente del gas de escape. Cuando se utiliza una solución de agua de urea como reductor en el SCR 26, el NO_x se reduce a N₂, H₂O y CO₂.

Se deberá entender que el sistema de motor 10 ilustrado y descrito en la presente memoria es solo ejemplificativo y, por lo tanto, se pueden incluir otros componentes como un adsorbente de NO_x o un catalizador de oxidación de amoníaco, entre otros, mientras que otros componentes como el DOC 22, DPF 24 y SCR 26 pueden no utilizarse. Además, aunque se muestra un motor diésel 12, se deberá entender que las enseñanzas de la presente divulgación también se pueden aplicar a un motor de gasolina y a otras aplicaciones de flujo de fluidos. Por lo tanto, la aplicación del motor diésel no se debe interpretar como una limitación del alcance de la presente descripción. Se debe considerar que dichas variaciones recaen dentro del alcance de la presente divulgación.

Haciendo referencia también a la figura 2, se muestra un diagrama de bloques de una forma de realización de un sistema de control 100 para su uso en una aplicación de flujo de fluido según la presente descripción. Dicho sistema de control 100 se encuentra adaptado para su uso con el sistema de motor 10 de la figura 1, u otras aplicaciones, manteniéndose al mismo tiempo dentro del alcance de la presente divulgación. En particular, el sistema de control 100 puede hacer funcionar el sistema de calefactor 20. El sistema de control 100 incluye un calefactor 120 que presenta por lo menos un elemento calefactor resistivo 140 y un dispositivo de control 160. El calefactor 120, en una forma de realización, se incorpora en el conjunto de calefactor 28, en el que el dispositivo de control 160 se corresponde con el dispositivo de control del calefactor 30. El calefactor 120 que prevé por lo menos un elemento calefactor resistivo 140 se encuentra adaptado para calentar el flujo de fluido y, por lo tanto, se ubica dentro de o próximo a un flujo de fluido, como, por ejemplo, los gases de escape en el sistema de postratamiento de escape 18.

En una forma, el sistema de control 100 incluye un dispositivo de control 160 que usa la pérdida de calor de por lo menos un elemento calefactor resistivo 140 para determinar las características de flujo de fluido. El dispositivo de control 160 puede ser, a título de ejemplo, un controlador de potencia que prevé un dispositivo de conmutación 162 para proporcionar potencia al calefactor 120 y para recibir datos de resistencia del elemento calefactor resistivo 140, con el fin de determinar las características de flujo como se establecen en la presente memoria. El dispositivo de control 160 también incluye un microcontrolador 164 que procesa datos para conmutar el suministro al calefactor 120 y también para enviar una señal de salida desde el sistema de control 100 a un dispositivo de procesamiento externo (que no se muestra) para un control adicional de flujo de fluido.

El calefactor 120 está adaptado para calentar el flujo de fluido o los gases de escape, al mismo tiempo que proporciona ciertas mediciones de flujo. Por consiguiente, el calefactor 120 funciona como un "calefactor primario" que tiene efecto en la temperatura del flujo de fluido o la temperatura del gas de escape en aplicaciones de escape, tal como se describe en la presente memoria. El dispositivo de control 160 utiliza la pérdida de calor, o un cambio en la resistencia, de por lo menos un elemento calefactor resistivo 140 para determinar el caudal másico del gas de escape sobre la base de las características de flujo de fluido. Estas características de flujo pueden incluir, a título de ejemplo, temperatura del flujo de fluido, velocidad del flujo de fluido, geometría de un paso para el flujo de fluido, presión del flujo de fluido, densidad del flujo de fluido, y combinaciones de las mismas. Se deberá entender que se puede utilizar tanto la velocidad como la densidad de flujo de fluido, dependiendo de si se desea o no la magnitud y la dirección de flujo de fluido. Las características de flujo, más en general, son presión de fluido, temperatura de fluido, turbulencia de fluido y combinaciones de las mismas. Sobre la base de los datos de resistencia recibidos del calefactor 120, el sistema de control 100 calcula la ratio de flujo másico de un fluido de conformidad con la ratio de enfriamiento de los elementos calefactores resistivos 140. En general, la información necesaria para el flujo másico es velocidad de fluido, temperatura de fluido, geometría de un paso y densidad de fluido. Para un calefactor dado, la geometría es conocida y, en general, fija. De este modo la velocidad de fluido se determina sobre la base de la información de resistencia de los elementos calefactores resistivos y a la temperatura de entrada. La densidad de fluido se puede determinar mediante la temperatura y la presión de fluido, o se puede deducir de un mapa de las condiciones y la temperatura del motor.

El elemento calefactor resistivo 140 puede ser un hilo resistivo que se puede calentar eléctricamente a una temperatura más elevada que la del fluido cuyo caudal se va a medir. Cuando el fluido fluye a través del hilo

resistivo calentado, el fluido realiza un efecto de enfriamiento en dicho hilo resistivo. La resistencia eléctrica de muchos metales depende de la temperatura. Cuando la temperatura del hilo resistivo disminuye, la resistencia eléctrica del hilo resistivo también cambia. Por consiguiente, se puede obtener una relación entre la resistencia del hilo y la velocidad de flujo. Por lo tanto, el hilo calefactor también se puede utilizar para medir el caudal de un fluido.

5 El elemento calefactor resistivo 140 del calefactor 120 se puede usar tanto para calentar el gas de escape como para medir el caudal del gas de escape. La información sobre las características de flujo de fluido también se puede utilizar con fines de diagnóstico.

La velocidad de flujo se puede determinar sobre la base del cambio de resistencia del elemento calefactor resistivo 140 bajo una densidad de flujo de calor determinada. La velocidad de flujo también se puede convertir en caudal másico de acuerdo con un cálculo sobre la base de la temperatura del flujo, la geometría del canal de flujo y la densidad del flujo. Para un calefactor 120 dado, la geometría del canal de flujo es conocida y generalmente fija. La densidad del flujo se puede derivar de la presión, la temperatura y la ley de los gases ideales:

15 $PV = nRT$, donde:

P = presión del gas
 V = volumen del gas
 n = cantidad de sustancia de gas
 R = constante de Avogadro
 T = temperatura absoluta del gas

De forma alternativa, la densidad del flujo se puede derivar de un mapa de las condiciones y la temperatura del motor. Por consiguiente, el dispositivo de control 160 puede determinar el caudal másico sobre la base de la velocidad del flujo.

Con respecto a la construcción específica del calefactor, el elemento calefactor resistivo 140 se puede exponer directamente al flujo de fluido o se puede aislar del flujo de fluido. En una forma de realización, y haciendo referencia a la figura 3, el calefactor 120 puede ser un calefactor tubular 120', que incluye el elemento calefactor resistivo 140' rodeado por un material aislante 145 (típicamente MgO compactado) y, a continuación, rodeado por una funda 150. Tal como se muestra, el calefactor tubular 120' también puede incluir clavijas de alimentación 152 y sellos 154. Sin embargo, se debe entender que el calefactor 120 puede ser un calefactor de cable, un calefactor de cartucho, un calefactor flexible o un calefactor en capas, entre otros, manteniéndose dentro del alcance de la presente divulgación. De acuerdo con esto, la ilustración de un calefactor tubular 120' no se debe interpretar como una limitación del alcance de la presente descripción.

En muchos casos, la masa térmica del calefactor 120 que incluye el elemento calefactor resistivo 140 y cualquier capa protectora o aislante se puede utilizar para caracterizar la relación entre la resistencia medida del elemento calefactor resistivo 140 y el caudal de fluido.

En una forma de realización en la que el elemento calefactor resistivo 140 prevé una gran porción que se extiende en la corriente de gas de escape y su temperatura varía en diferentes porciones del elemento calefactor resistivo 140, se puede utilizar un promedio de estas temperaturas. Por tanto, el caudal resultante calculado es un caudal promedio.

Dado que la velocidad de fluido se determina sobre la base de una medición de la temperatura del elemento calefactor resistivo 140 mediante la resistencia, la temperatura del fluido entrante que fluye hacia el calefactor 120 afectará la medición. Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, en algunos casos, con el fin de proporcionar una medición mejorada, se puede utilizar un sensor de temperatura aguas arriba 170 para proporcionar información para el cálculo de la velocidad de flujo y, en consecuencia, el flujo másico.

En otra forma de realización, el calefactor 120 incluye una pluralidad de elementos calefactores resistivos 140. Esto puede resultar especialmente útil cuando no se dispone de un sensor de temperatura aguas arriba 170 o cuando su incorporación añadiría un coste o una complicación no deseados para alcanzar la precisión deseada. Haciendo referencia a las figuras 4A y 4B, el calefactor 120 puede prever sucesivos elementos calefactores resistivos 140'' y/o una pluralidad de elementos calefactores resistivos 140''' dentro del mismo alojamiento 142. De este modo, los elementos calefactores 140 se colocan a lo largo de la dirección del flujo como anemómetros, para proporcionar suficientes características de flujo de fluido a fin de calcular tanto una temperatura media como una velocidad de flujo media. Esta configuración puede dar lugar a dos ecuaciones simultáneas para el flujo de calor de los elementos calefactores resistivos 140''/140''' en relación con la temperatura de entrada y la velocidad de flujo. Teniendo en cuenta la energía añadida al flujo por los elementos calefactores resistivos aguas arriba 140''/140''' (y ajustando los cálculos de temperatura y de velocidad de flujo en el elemento aguas abajo utilizado como anemómetro de manera correspondiente), se pueden resolver las dos ecuaciones para las dos variables desconocidas. Esto se basa en la suposición de que se conocen otras variables en las ecuaciones de flujo de calor mediante el diseño del sistema, como las propiedades del fluido, la información dimensional de los elementos calefactores resistivos 140''/140''' y del canal de flujo inmediatamente adyacente a los elementos calefactores

resistivos 140"/140"', la información sobre la rugosidad de la superficie y el comportamiento del flujo en diversas condiciones en relación con la conformación de las superficies de los elementos calefactores resistivos 140"/140"', así como las superficies adyacentes. Este cálculo se puede mejorar incluyendo la temperatura y el caudal calculados para crear estimaciones de la presión en cada elemento calefactor resistivo 140"/140"' y volver a calcular la temperatura y el caudal, incluido el efecto de la presión y la diferencia de presión del flujo entre dos elementos calefactores resistivos adyacentes 140"/140"'. Se deberá entender que las representaciones esquemáticas que se muestran en las figuras 4A y 4B no limitan los elementos calefactores resistivos 140 a una configuración de circuito específico y, por lo tanto, se pueden emplear configuraciones de circuito en serie y/o paralelo manteniéndose al mismo tiempo dentro del alcance de la presente divulgación.

Para sistemas como, por ejemplo, un motor diésel que se muestra en la figura 1, que presenta un módulo de control de motor (ECM) que proporciona comunicación digital del flujo másico, el dispositivo de control 160 puede recibir el valor del flujo másico determinado desde el calefactor 120 y compararlo con los datos recibidos del ECM. Por lo tanto, el dispositivo de control 160 se puede usar como una herramienta de diagnóstico para determinar cualquier cambio en el rendimiento del calefactor o cualquier cambio en el rendimiento de la medición del flujo másico del ECM. Cuando se encuentra una inconsistencia entre los datos del ECM y los datos medidos por el elemento calefactor resistivo 140 utilizado como un anemómetro, el motor se puede conmutar a un modo "relajado", en el que la potencia al calefactor 120 o las potencias del motor se reducen para preservar la durabilidad del sistema. En una forma de realización de la presente divulgación, se puede activar una lámpara indicadora de mal funcionamiento (MIL) para proporcionar una advertencia a un usuario.

Además, el calefactor 120 usado como anemómetro también se puede utilizar como herramienta de diagnóstico para determinar si se forman depósitos en los elementos calefactores resistivos 140, si los elementos calefactores resistivos 140 se encuentran directamente expuestos al flujo de fluido o si se forman depósitos en el calefactor 120. Cuando se forman depósitos en el calefactor 120 o el rendimiento del calefactor se ve afectado por otros factores, la masa térmica del calefactor 120 puede cambiar. El dispositivo de control 160 puede determinar las condiciones de un elemento calefactor resistivo 140 mediante comparación de la ratio de enfriamiento o de la ratio de calefacción medida por el hilo de resistencia con respecto a los datos del caudal másico del ECM.

En general, existe un retraso térmico desde el momento en que se pone en marcha un elemento calefactor resistivo 140 hasta el momento en que el elemento calefactor resistivo 140 comienza a calentar el fluido que fluye por dicho elemento calefactor resistivo 140. La ratio inicial de calefacción se puede comparar con respecto a los datos de flujo másico del ECM para proporcionar una caracterización in situ de las masas y las resistencias térmicas del calefactor 120. El dispositivo de control 160 puede utilizar esta información para mejorar el control para aplicaciones transitorias.

De forma adicional, el calefactor resistivo 120 utilizado como anemómetro también se puede utilizar como sensor de temperatura. Por lo tanto, el elemento calefactor resistivo 140 cumple tres (3) funciones: calefacción, medición del caudal de fluido y medición de la temperatura del elemento/fluido de calefacción. A medida que la resistencia del elemento calefactor resistivo 140 cambia con la temperatura, la temperatura del hilo calefactor resistivo se puede determinar de acuerdo con el cambio de resistencia. Además, para un material con una relación no monotónica de la resistencia y temperatura, la pendiente del cambio en la resistencia y/o la determinación de los puntos de inflexión en la curva no monotónica, cuando el calefactor 120 no se encuentra alimentado, puede proporcionar una indicación sobre en qué porción de la curva se aplica una temperatura particular. Esta información se puede utilizar para permitir que el sistema de medición determine qué valor de temperatura equiparar con una resistencia particular (ya que, si no es monotónica, podría tener una resistencia idéntica en varias temperaturas), o cuando se acopla con hilo de resistencia o funda calefactora, se pueden utilizar modelos térmicos para identificar cambios en la curva R-T (resistencia - temperatura) a lo largo del tiempo, proporcionando información para actualizar la característica y permitiendo un mejor control de la temperatura.

Como alternativa a la medición de la temperatura cuando el calefactor 120 no está alimentado, el dispositivo de control 160 facilita la determinación de un intervalo de temperatura cambiando gradualmente el nivel de potencia aplicado al elemento calefactor resistivo 140 y examinando la respuesta del sistema mientras funciona. En este ejemplo, cualquier aumento incremental en la potencia debería tener como resultado un aumento correspondiente en la resistencia para los materiales del elemento con dR/dT positivo y una disminución en la resistencia para los materiales con un dR/dT negativo en el intervalo de temperatura de funcionamiento. Se pueden utilizar enfoques similares para dilucidar las condiciones de flujo/características de la capa límite y, por lo tanto, para permitir un refinado del control sobre la base de modelo del calefactor 120 como sensor (es decir, usando un modelo del comportamiento del sistema para controlar el calefactor 120 de una manera que mejora la precisión del elemento calefactor resistivo 140 como sensor).

En otra forma de realización adicional, los cambios incrementales periódicos en el nivel de potencia del elemento calefactor resistivo 140 se pueden utilizar para otros propósitos. Un ejemplo incluye un algoritmo de control donde el calefactor 120 funciona en P-Pi durante el tiempo T_0 a T_1 y en P+Pi durante el tiempo T_1 a T_2 (donde P es el nivel de potencia deseado para el calefactor 120 y Pi es un incremento de potencia, y donde $T_0 = T_2 - T_1$ y donde T_1 es una pequeña fracción de las constantes de tiempo asociadas con el funcionamiento del sistema [es decir,

donde T1 es un pequeño incremento de tiempo en comparación con el tiempo asociado con cualquier cambio significativo o importante en el caudal volumétrico o la temperatura de flujo media aparente]). Con este procedimiento, la resistencia del elemento calefactor resistivo 140 se puede medir en T1 y en T2 y, en combinación con un modelo del comportamiento transitorio de la temperatura del elemento, determinar el flujo de calor en T1 y en T2. Estos dos valores de flujo de calor se pueden usar para crear dos ecuaciones simultáneas para determinar el caudal y la temperatura de flujo durante el intervalo de tiempo que abarca de T0 a T2.

Esta medición se puede comparar con los datos de flujo másico de gas de un ECM, con el fin de determinar cualquier deriva de la curva de resistencia/temperatura en el tiempo. Esta información se puede utilizar para actualizar el control dinámico o para predecir la vida útil del calefactor.

Dado que el calefactor 120 utilizado como anemómetro se puede usar tanto para calefacción como para medición de flujo másico, el calefactor 120 se puede conectar a un dispositivo de control externo (que no se muestra) usando solo dos hilos para transmitir información de flujo másico al dispositivo de control externo y para suministrar potencia desde el dispositivo de control externo al calefactor 120.

El calefactor 120 utilizado como anemómetro presenta las siguientes ventajas cuando se compara la medición con los datos del ECM o de otras fuentes:

1. Proporcionar un diagnóstico del rendimiento del calefactor;
2. Determinar si se forman depósitos en el elemento calefactor 140;
3. Proporcionar caracterización in situ de la masa térmica del calefactor;
4. Colaborar en la obtención de la temperatura de un elemento calefactor 140 que presenta una característica de temperatura/resistencia no monotónica;
5. Colaborar en la identificación de cambios o derivas en la característica de temperatura a lo largo del tiempo; y
6. Colaborar en identificar dónde es más rápido o lento el flujo, a fin de evitar la sobrecalentación en "zonas muertas" y también en aplicaciones con múltiples zonas radiales.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de control (100) para su uso en una aplicación de flujo de fluido que comprende:
 - 5 un calefactor (120, 120') que presenta por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140'''), pudiendo el calefactor (120, 120') funcionar para calentar fluido; y
 - 10 un dispositivo de control (160) que determina dicha por lo menos una característica de flujo sobre la base de una pérdida de calor de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''') y determina un caudal másico del fluido sobre la base de dicha por lo menos una característica de flujo y una propiedad de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo,

caracterizado por que la propiedad de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''') incluye un cambio en la resistencia de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''') bajo una determinada densidad de flujo de calor.
2. Sistema de control (100) según la reivindicación 1, en el que el caudal másico está basado en una característica seleccionada de entre el grupo que consiste en temperatura del flujo de fluido, velocidad del flujo de fluido, geometría de un paso para el flujo de fluido, presión del flujo de fluido, densidad del flujo de fluido y combinaciones de las mismas.
3. Sistema de control (100) según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de control puede funcionar para determinar las características del flujo, siendo las características del flujo seleccionadas de entre el grupo que consiste en velocidad de fluido, presión de fluido, temperatura de fluido, turbulencia de fluido y combinaciones de las mismas.
4. Sistema de control (100) según la reivindicación 1, en el que el calefactor (120,120') comprende asimismo un aislamiento cerámico (145) que rodea dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''') y una funda de metal (150) que rodea el aislamiento cerámico (145).
5. Sistema de control (100) según la reivindicación 1, en el que el calefactor (120, 120') incluye una pluralidad de elementos calefactores resistivos (140, 140', 140'', 140''') previstos a lo largo de una vía de flujo de fluido, y el dispositivo de control (160) determina por lo menos una característica de flujo basada en el cambio en la resistencia de la pluralidad de elementos calefactores resistivos (140, 140', 140'', 140''').
6. Sistema de control (100) según la reivindicación 5 en el que, sobre la base del cambio en la resistencia de la pluralidad de elementos calefactores resistivos (140, 140', 140'', 140'''), el dispositivo de control (160) calcula una temperatura de fluido media, una velocidad de flujo media, o una combinación de las mismas como dicha por lo menos una característica de flujo.
7. Sistema de control (100) según la reivindicación 5, en el que dicha por lo menos una característica de flujo se selecciona de entre el grupo que consiste en velocidad de fluido, presión de fluido, temperatura de fluido, turbulencia de fluido y combinaciones de las mismas.
8. Sistema de control (100) según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de control (160) recibe características de flujo de un módulo de control del motor, y el dispositivo de control (160) determina inconsistencias en las características de flujo sobre la base del cambio de resistencia de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''') y de las características de flujo recibidas del módulo de control del motor.
9. Sistema de control (100) según la reivindicación 8, en el que el dispositivo de control (160) puede funcionar para reducir la potencia al calefactor (120, 120') cuando se determinan inconsistencias.
10. Sistema de control (100) según la reivindicación 8, en el que el dispositivo de control (160) puede funcionar para reducir la potencia del motor cuando se determinan inconsistencias.
11. Sistema de control (100) según la reivindicación 8, en el que el dispositivo de control (160) puede funcionar para activar una lámpara indicadora de mal funcionamiento cuando se determinan inconsistencias.
12. Sistema de control (100) según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de control (160) puede funcionar para recibir una ratio de enfriamiento de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140,140', 140'', 140'''), una ratio de calefacción de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140'''), y datos de flujo másico de un módulo de control del motor.
13. Sistema de control (100) según la reivindicación 12, en el que el dispositivo de control (160) puede funcionar para determinar si están formados depósitos sobre dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''') sobre la base de la ratio de enfriamiento y los datos de flujo másico del módulo de control del motor.

- 5 14. Sistema de control (100) según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de control (160) determina la temperatura de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''') sobre la base del cambio de resistencia a lo largo de una curva no monotónica.
- 10 15. Sistema de control (100) según la reivindicación 14, en el que el dispositivo de control (160) determina la temperatura de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''') sobre la base de un cambio en la pendiente de la resistencia de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''') a lo largo de la curva no monotónica.
- 15 16. Sistema de control (100) según la reivindicación 15, en el que el dispositivo de control (160) determina una temperatura del fluido sobre la base de la temperatura determinada de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''').
- 20 17. Sistema de control (100) según la reivindicación 14, en el que el dispositivo de control (160) determina la temperatura de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''') sobre la base de unos puntos de inflexión a lo largo de la curva no monotónica.
- 25 18. Sistema de control (100) según la reivindicación 14, en el que el dispositivo de control (160) determina la temperatura de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''') sobre la base de unos cambios incrementales en la potencia aplicada a dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''').
19. Sistema de control (100) según la reivindicación 18, en el que el dispositivo de control (160) determina un intervalo de temperatura de fluido sobre la base de la temperatura determinada de dicho por lo menos un elemento calefactor resistivo (140, 140', 140'', 140''').

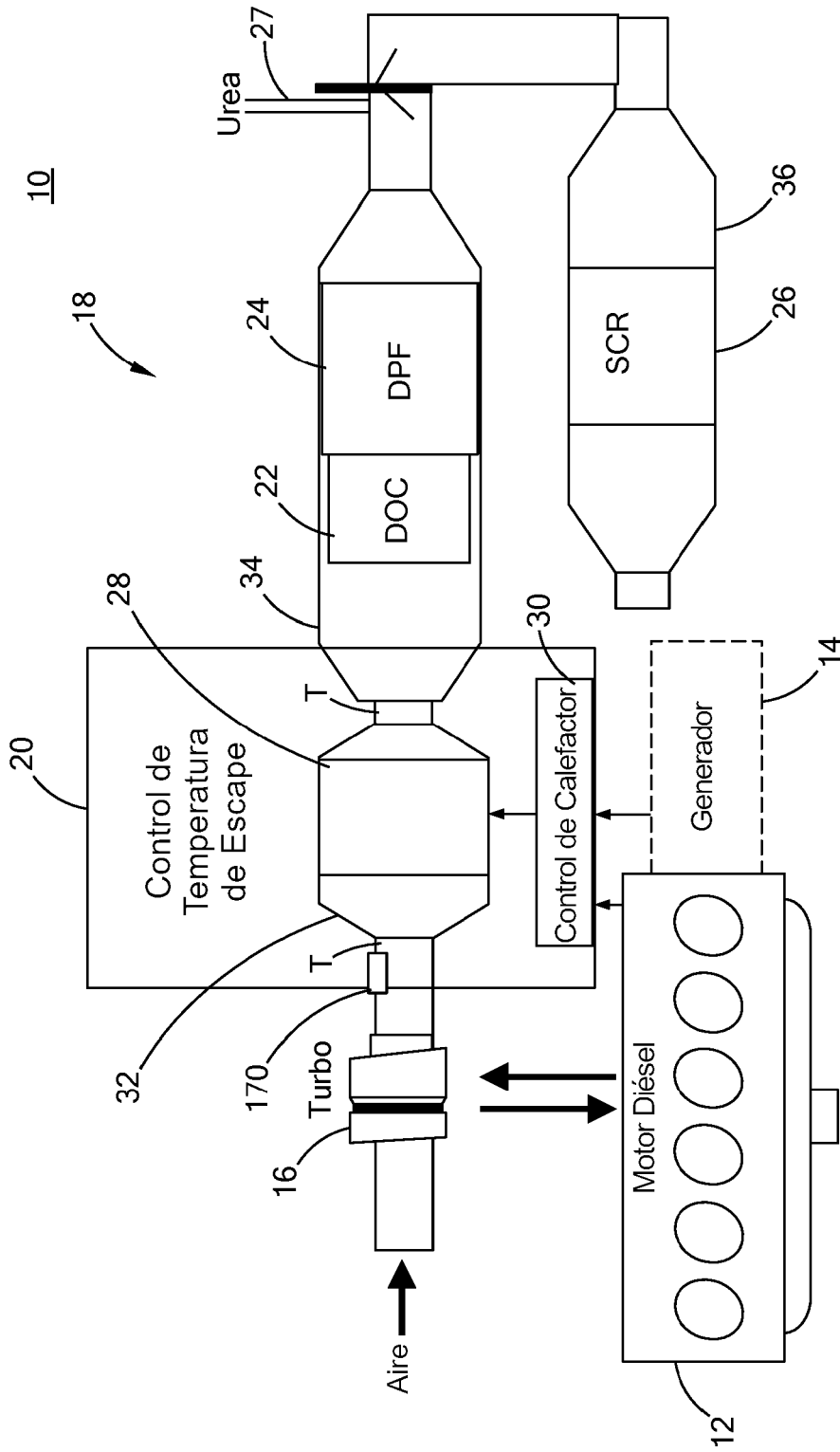


FIG. 1

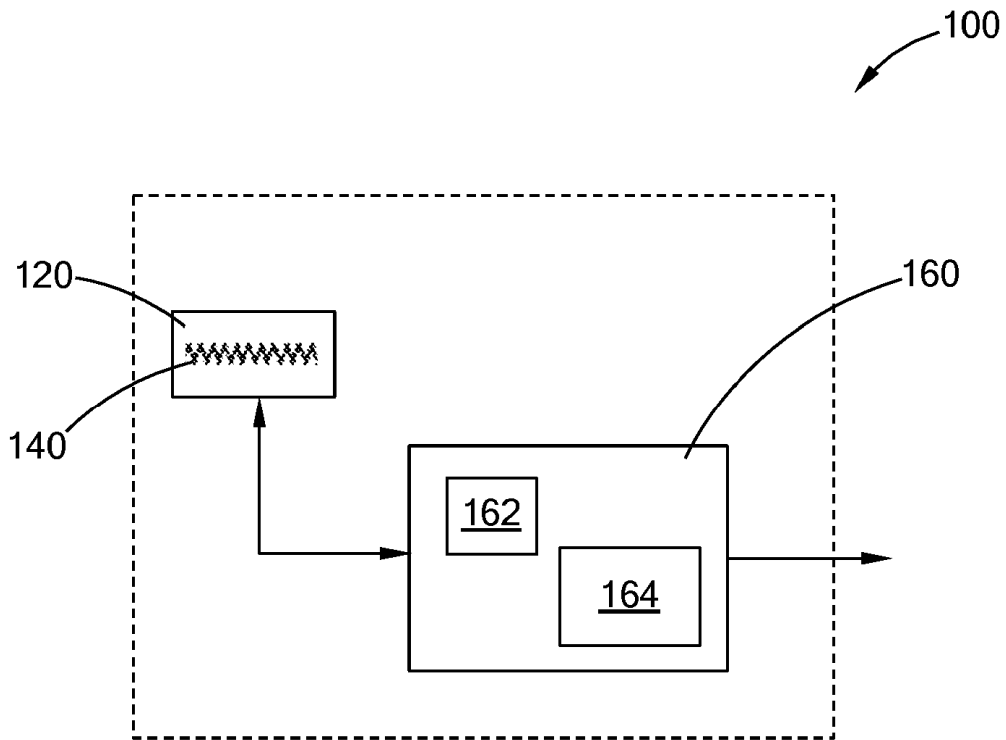


FIG. 2

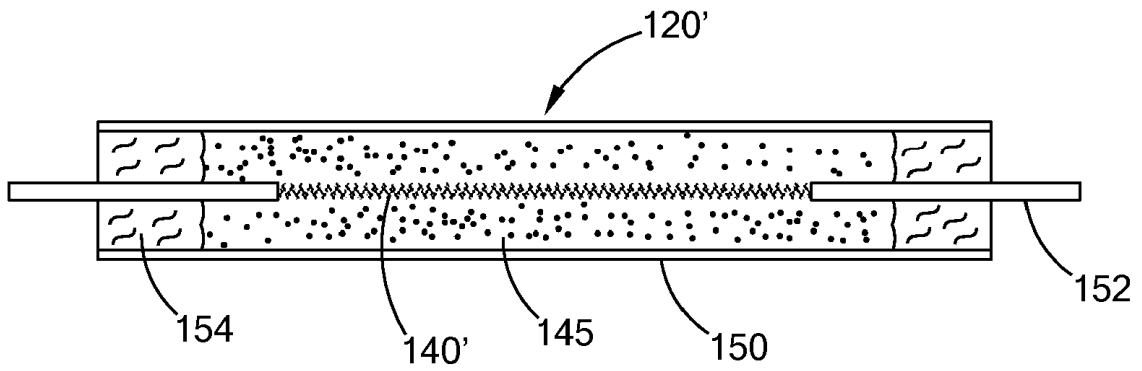


FIG. 3

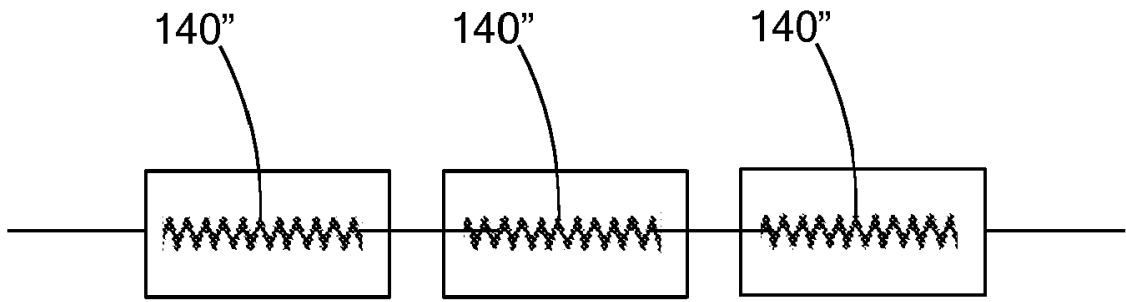


FIG. 4A

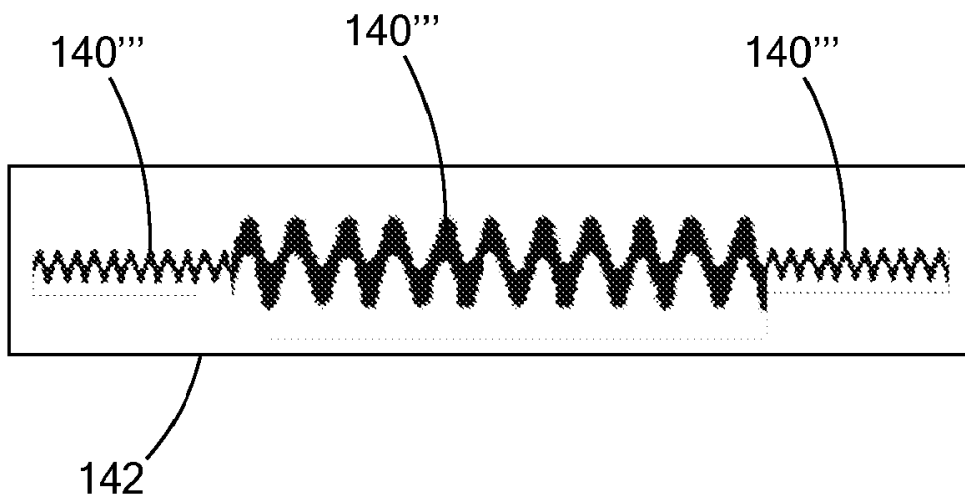


FIG. 4B