

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 801 394**

(51) Int. Cl.:

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

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.03.2017 PCT/US2017/020513**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **08.09.2017 WO17151966**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2017 E 17712884 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 3423684**

(54) Título: **Sistema para la zonificación axial de la potencia de calefacción**

(30) Prioridad:

02.03.2016 US 201662302482 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.01.2021

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

**EVERLY, MARK;
PRADUN, JAMES, N. y
ZHANG, SANHONG**

(74) Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 801 394 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 la zonificación axial de la potencia de calefacción

5 **Campo**

La presente divulgación se refiere a sistemas de calefacción y sensores para aplicaciones de flujo de fluido, por ejemplo, sistemas de escape de vehículos, como sistemas de escape diésel y de tratamiento posterior.

10 **Antecedentes**

Las exposiciones en la presente sección únicamente proporcionan información de antecedentes relacionada con la presente divulgación y pueden no constituir la técnica anterior.

15 El uso de sensores físicos en aplicaciones de flujo de fluido transitorio, como el sistema de escape de un motor, es un desafío, debido a las duras condiciones ambientales como la vibración y el ciclo térmico. Un sensor de temperatura conocido incluye un sensor con aislamiento mineral dentro de una vaina térmica que, a continuación, se suelda a una abrazadera de soporte que retiene un elemento tubular. Lamentablemente, este diseño tarda mucho tiempo alcanzar la estabilidad y los entornos de alta vibración pueden dañar los sensores físicos.

20 Los sensores físicos asimismo presentan cierta incertidumbre sobre 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 de calefactor. En consecuencia, los calefactores que se utilizan con sensores físicos generalmente proporcionan una menor densidad de vatios, lo que permite un menor riesgo de dañar el calefactor a expensas de un mayor tamaño y coste del calefactor (la misma potencia de calefactor se extiende sobre una mayor área de superficie de elemento resistivo).

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

30 Una aplicación para calefactores en sistemas de flujo de fluido son los escapes de vehículos, que están acoplados a un motor de combustión interna para ayudar en la reducción de una liberación no deseada de varios gases y de otras emisiones contaminantes a la atmósfera. Estos sistemas de escape generalmente incluyen varios dispositivos de tratamiento posterior, como filtros de partículas diésel (DPF), un convertidor catalítico, una reducción catalítica selectiva (SCR), un catalizador de oxidación diésel (DOC), catalizadores absorbedores de NOx (LNT), un catalizador de reducción de amoníaco, o reformadores, entre otros. Los DPF, el convertidor catalítico y la SCR capturan monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), material partículas (PM) e hidrocarburos no quemados (HC) contenidos en el gas de escape. Los calefactores se pueden activar periódicamente o en un momento predeterminado para aumentar la temperatura de escape y activar los catalizadores y/o quemar las partículas o hidrocarburos no quemados que han sido capturados en el sistema de escape.

35 Los calefactores se instalan generalmente en tubos de escape o componentes como por ejemplo contenedores del sistema de escape. Los calefactores pueden incluir una pluralidad de elementos de calefacción dentro del tubo de escape y, típicamente, se controlan a la misma temperatura objetivo para proporcionar la misma salida de calor. Sin embargo, un gradiente de temperatura típicamente tiene lugar debido a diferentes condiciones de funcionamiento, como la radiación de calor diferente de los elementos de calefacción adyacentes y los gases de escape de diferentes temperaturas que fluyen más allá de los elementos de calefacción. Por ejemplo, los elementos de calefacción aguas abajo generalmente presentan una temperatura más elevada que los elementos aguas arriba, debido a que los elementos de calefacción aguas abajo están expuestos a un fluido que presenta una temperatura más elevada que se ha calentado mediante los elementos de calefacción aguas arriba. Además, los elementos de calefacción intermedios reciben más radiación de calor de los elementos de calefacción adyacentes aguas arriba y aguas abajo. En la patente US nº 7.829.048, los documentos JP 06 336 915, EP 0 841 475, US 2009/0074630, DE 10 2007 041 884 y WO 2014/100118 se han descrito calefactores según el preámbulo de la reivindicación 1.

40 La vida útil del calefactor depende de la vida útil del elemento de calefacción que se encuentra bajo las condiciones de calefacción más severas y que falla en primer lugar. Resulta difícil predecir la vida útil del calefactor sin saber qué elemento de calefacción fallará primero. Para mejorar la fiabilidad de todos los elementos de calefacción, el calefactor típicamente se concibe de manera que funcione con un factor de seguridad para reducir y/o evitar el fallo de cualquiera de los elementos de calefacción. Por lo tanto, los elementos de calefacción que se encuentran en condiciones de calefacción menos duras típicamente funcionan de modo que generen una salida de calor que se encuentra muy por debajo de su salida de calor máxima disponible.

Sumario

- La presente descripción proporciona un sistema de calefactor para un sistema de escape que incluye un calefactor dispuesto en un conducto de escape del sistema de escape. Dicho calefactor incluye una pluralidad de elementos de calefacción dispuestos a lo largo de una dirección axial del conducto de escape. El sistema de calefactor incluye un módulo de control de calefactor que funciona para controlar por lo menos dos de entre la pluralidad de elementos de calefacción de manera diferente entre sí de acuerdo por lo menos con una condición de funcionamiento específica de por lo menos entre de la pluralidad de elementos de calefacción.
- 5 En otra forma de realización, está previsto un sistema de calefactor para un sistema de escape que incluye un calefactor dispuesto en un conducto de escape del sistema de escape. Dicho calefactor incluye una pluralidad de zonas dispuestas a lo largo de una dirección axial del conducto de escape. Dicho sistema incluye además un módulo de control de calefactor que funciona para controlar por lo menos dos entre la pluralidad de zonas de calefacción de manera diferente entre sí y de acuerdo con por lo menos una condición de funcionamiento específica para por lo menos dos entre la pluralidad de zonas de calefacción.
- 10
- 15

A partir de la descripción proporcionada en la presente memoria, se pondrán de manifiesto otras áreas de aplicación. Se deberá apreciar que la descripción y los ejemplos específicos únicamente se proporcionan a título ilustrativo y no limitativo del alcance de la presente divulgación.

20

Dibujos

Para que la divulgación se pueda comprender adecuadamente, a continuación se describirán varias formas de realización de la misma, proporcionadas a título de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

25

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

30

la figura 2 es una vista en perspectiva de un conjunto calefactor instalado en un conducto de escape aguas arriba y realizado de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación;

35

la figura 3 es una vista en perspectiva, en sección transversal del conjunto calefactor instalado en un conducto de escape aguas arriba de la figura 2;

40

la figura 4 es una vista en perspectiva, en sección transversal de otro conjunto calefactor, que muestra una distribución de temperatura en la dirección del flujo;

la figura 5 es una vista esquemática de un módulo de control de calefactor de un sistema de calefactor construido y que funciona de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación; y

45

la figura 6 es un gráfico que compara la potencia máxima disponible y la potencia de salida real de cada elemento de calefacción para lograr una temperatura uniforme en los elementos de calefacción del conjunto calefactor.

50

Los dibujos descritos en la presente memoria únicamente son para fines ilustrativos y no pretenden limitar el alcance de la presente divulgación de ningún modo.

Descripción detallada

55

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

60

Haciendo referencia a la figura 1, un sistema de motor 10 a título de ejemplo generalmente incluye un motor diésel 12, un alternador 14 (o generador en algunas aplicaciones), un turbocompresor 16 y un sistema de tratamiento posterior de escape 18. El sistema de tratamiento posterior de escape 18 se dispone aguas abajo de un turbocompresor 16 para tratar gases de escape del motor diésel 12 antes de que se liberen los gases de escape a la atmósfera. El sistema de tratamiento posterior de escape 18 puede incluir uno o más componentes, dispositivos o sistemas adicionales que funcionan para tratar adicionalmente el flujo de fluido de escape, con el fin de conseguir un resultado deseado. En el ejemplo de la figura 1, el sistema de tratamiento posterior de escape 18 incluye un sistema de calefactor 20, un catalizador de oxidación diésel (DOC) 22, un dispositivo de filtro de partículas de diésel (DPF) 24 y un dispositivo de reducción catalítica selectiva (SCR) 26. El sistema de tratamiento posterior de escape 18 incluye un conducto de escape aguas arriba 32 que recibe un conjunto calefactor 28 en el mismo, un conducto de escape intermedio 34 en el que se proporcionan el DOC 22 y DPF 24 y un conducto de escape aguas abajo 36 en el que se dispone el SCR 26.

- Se deberá apreciar que el sistema de motor 10 ilustrado y descrito en la presente memoria es únicamente a título de ejemplo y, por lo tanto, se pueden incluir otros componentes, como por ejemplo un adsorbente de NOx o un catalizador de oxidación de amoníaco, entre otros, aunque puede que no se utilicen otros componentes como el DOC 22, el DPF 24 y el SCR 26. Además, aunque se muestra un motor diésel 12, se deberá apreciar que las enseñanzas de la presente descripción asimismo se pueden aplicar a un motor de gasolina y a otras aplicaciones de flujo de fluido. Por lo tanto, la aplicación del motor diésel no se deberá interpretar como una limitación del alcance de la presente divulgación. Dichas variaciones se deben interpretar como comprendidas dentro del alcance de la presente divulgación.
- 5 10 El sistema de calefactor 20 incluye un conjunto calefactor 28 dispuesto aguas arriba del DOC 22 y un módulo de control de calefactor 30 para controlar el funcionamiento del conjunto calefactor 28. Dicho conjunto calefactor 28 puede incluir uno o más calefactores eléctricos, incluyendo cada uno de dichos calefactores eléctricos por lo menos un elemento de calefacción resistivo. El conjunto calefactor 28 se dispone en un paso de flujo de fluido de escape para calentar el flujo de fluido durante el funcionamiento. El módulo de control de calefactor 30 típicamente incluye un dispositivo de control adaptado para recibir la entrada del conjunto calefactor 28. Algunos ejemplos del control del funcionamiento del conjunto calefactor 28 pueden incluir conectar y desconectar el conjunto calefactor, modular de la potencia al conjunto calefactor 28 como una sola unidad y/o modular la potencia a los subcomponentes por separado, como por ejemplo elementos de calefacción resistivos individuales o grupos, si están disponibles, y combinaciones de los mismos.
- 15 20 25 30 En una forma de realización, el módulo de control de calefactor 30 incluye un dispositivo de control. Dicho dispositivo de control se encuentra en comunicación con por lo menos un calefactor eléctrico del conjunto calefactor 28. El dispositivo de control está adaptado para recibir por lo menos una entrada que incluye, pero no se limita a, un flujo de fluido de escape, velocidad de masa de un flujo de fluido de escape, temperatura de flujo aguas arriba del por lo menos un calefactor eléctrico, temperatura de flujo aguas abajo del por lo menos un calefactor eléctrico, entrada de potencia al por lo menos un calefactor eléctrico, parámetros derivados de las características físicas del sistema de calefactor y combinaciones de los mismos. El por lo menos un calefactor eléctrico puede ser cualquier calefactor adecuado para calentar un fluido de escape. Los calefactores eléctricos a título de ejemplo incluyen, entre otros, un calefactor en banda, un elemento de calefacción resistivo de cable desnudo, un calefactor de cable, un calefactor de cartucho, un calefactor en capas, un calefactor en banda y un calefactor tubular.
- 35 40 45 50 55 60 65 El sistema de la figura 1 incluye el DOC 22 dispuesto aguas abajo del conjunto calefactor 28. El DOC 22 sirve como catalizador para oxidar el monóxido de carbono y cualquier hidrocarburo no quemado 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 del DOC 22 para ayudar a eliminar las partículas de diésel (PM) o el hollín del gas de escape. El SCR 26 se dispone aguas abajo del DPF 24 y, con la ayuda de un catalizador, convierte los óxidos de nitrógeno (NOx) 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 para inyectar 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, se reduce el NOx a N₂, H₂O y CO₂.
- Haciendo referencia a las figuras 2 y 3, se muestra una forma del conjunto calefactor 28 dispuesta en el conducto de escape 32 y que incluye una pluralidad de elementos de calefacción 38. Dichos elementos de calefacción 38 se pueden encontrar en forma de bobinas calefactoras, como un calefactor tubular, tal como se ilustra en la presente memoria, dispuesto a lo largo de un eje longitudinal X del conducto de escape aguas arriba 32. Se puede proporcionar la pluralidad de elementos de calefacción 38 en cualquier tipo de construcción, como por ejemplo un calefactor en banda, un conjunto de elemento de calefacción resistivo de cable desnudo, un calefactor de cable, un calefactor de cartucho, un calefactor en capas, un calefactor en banda o un calefactor tubular, entre otros. En consecuencia, la ilustración de un calefactor tubular no se debe interpretar como limitativa del alcance de la presente descripción. En una forma de realización, el conjunto calefactor 28 se monta en el conducto de escape aguas arriba 32 mediante soportes 40. En otra forma de realización, el conjunto calefactor 28 puede incluir una pluralidad de zonas de calefacción dispuestas a lo largo de una dirección axial del conducto de escape aguas arriba. Cada zona de calefacción incluye por lo menos un elemento de calefacción resistivo.
- La pluralidad de elementos de calefacción 38 puede mostrar características de comportamiento predeterminadas mediante medición o estimación. Las características de comportamiento de la pluralidad de elementos de calefacción 38 incluyen una densidad de flujo de calor para la pluralidad de elementos de calefacción 38 a un voltaje determinado o bajo una condición de flujo de proceso especificada. El flujo de calor es la tasa de transferencia de potencia térmica en una superficie dada por unidad de tiempo. La densidad de flujo de calor es la tasa de calor por unidad de área medida en densidad de vatios (vatios/mm²). El flujo de calor o la densidad de flujo de calor proporciona información útil para predecir el comportamiento de la pluralidad de elementos de calefacción 38, incluyendo temperatura, eficiencia de transferencia y vida útil (y, en consecuencia, fiabilidad). Un elemento de calefacción 38 con una densidad de flujo más elevada generalmente proporciona un aumento de temperatura más rápido y presenta un área superficial más pequeña (y, en consecuencia, menores costes de fabricación) que un elemento de calefacción 38 con una densidad de flujo de calor más baja. Sin embargo, un elemento de calefacción 38 con una densidad de flujo más elevada generalmente presenta una vida útil reducida y una fiabilidad más baja debido a un mayor estrés y fatiga térmicos.

Haciendo referencia a la figura 4, cuando el gas de escape fluye a través del conjunto calefactor 28 que incluye una pluralidad de elementos de calefacción 38, la temperatura del gas de escape en los elementos de calefacción aguas arriba 42 es generalmente más baja que la del gas de escape en los elementos de calefacción aguas abajo 44. Si los elementos de calefacción aguas arriba y aguas abajo 42, 44 se controlan para generar el mismo flujo de calor, los elementos de calefacción aguas arriba 42 generalmente presentan una temperatura más baja que el elemento de calefacción aguas abajo 44, debido a que el flujo aguas arriba de los elementos de calefacción 38 no se ha calentado. Sin embargo, si los elementos de calefacción aguas arriba 42 se controlan a la misma temperatura para generar una mayor densidad de flujo de calor de salida que el elemento de calefacción aguas abajo 44, el aumento de la densidad de flujo de calor en los elementos de calefacción aguas arriba 42 provocará mayores tasas de calefacción y enfriamiento para los elementos de calefacción aguas arriba 42 en varios puntos del ciclo, lo que lleva a un mayor estrés térmico y a una vida más corta debido a la fatiga térmica.

Por lo tanto, en lugar de simplemente aumentar la densidad de flujo de calor de los elementos de calefacción aguas arriba 42, el módulo de control de calefactor 30 de la presente descripción controla de forma activa la pluralidad de elementos de calefacción 38 de forma independiente, para proporcionar un ciclo de calefacción, una tasa de calefacción y una temperatura objetivo según se deseé, sobre la base de los parámetros de funcionamiento específicos de la pluralidad de elementos de calefacción 38, teniendo en cuenta el gradiente térmico a través de la pluralidad de elementos de calefacción 38 y las diferentes radiaciones de calor, con el fin de mejorar el comportamiento del calefactor al tiempo que se proporciona una mayor fiabilidad. Se deberá apreciar que el módulo de control de calefactor 30 puede controlar por lo menos dos de los elementos de calefacción 38 de forma independiente, o cualquiera entre una pluralidad de elementos de calefacción 38 de forma independiente, o cada uno de los elementos de calefacción 38 de forma independiente, al tiempo que permanece dentro del alcance de la presente descripción.

La pluralidad de elementos de calefacción 38 se puede concebir de modo que presente las mismas propiedades físicas y, en consecuencia, la misma densidad de flujo de calor a un nivel de potencia dado, para simplificar la fabricación y el control del conjunto calefactor 28. Alternativamente, la pluralidad de elementos de calefacción 38 se puede concebir de manera que presente diferentes tamaños y propiedades físicas para proporcionar diferentes densidades de vatios a un nivel de potencia determinado. En cualquier caso, la pluralidad de elementos de calefacción 38 se controla mediante el módulo de control de calefactor 30 para proporcionar diferentes densidades de flujo de calor teniendo en cuenta el gradiente térmico y la radiación de calor, con el fin de mejorar la fiabilidad del conjunto calefactor 28.

Haciendo referencia a la figura 5, el módulo de control de calefactor 30 controla la pluralidad de elementos de calefacción 38 del conjunto calefactor 28 de manera diferente entre sí de acuerdo con, por lo menos, una condición de funcionamiento específica para cada uno entre la pluralidad de elementos de calefacción 38, con el fin de conseguir un comportamiento y una fiabilidad de calefacción mejorados. El módulo de control de calefactor 30 incluye un módulo de adquisición de parámetros de funcionamiento 50, un módulo de determinación de fiabilidad 52, un módulo de determinación de la temperatura objetivo y del ciclo de calefacción 54 y un módulo de control y conmutación de potencia 56. Opcionalmente, el módulo de control de calefactor 30 puede incluir un módulo sensor virtual 58 y un módulo de almacenamiento de datos de características de comportamiento del calefactor 59 detalladas con anterioridad. Asimismo, se deberá entender que los diversos módulos que incluyen, a título de ejemplo, el módulo de determinación de fiabilidad 52, el módulo de determinación de la temperatura objetivo y del ciclo de calefacción 54 y el módulo sensor virtual 58, entre otros, pueden ser opcionales.

El módulo de adquisición de parámetros de funcionamiento 50 capta parámetros de funcionamiento específicos para por lo menos uno entre la pluralidad de elementos de calefacción 38 de una pluralidad de sensores 60, 62, 64. Dichos parámetros incluyen, pero no se limitan a, la temperatura del elemento de calefacción 38 medida por un sensor de temperatura 60 (o calculada) y el caudal de flujo del gas de escape medido por un sensor de caudal 62.

El módulo sensor virtual 58 puede recibir datos de un módulo de control del motor (ECM) 66 para estimar o predecir algunos parámetros de funcionamiento, dando lugar a una detección virtual de algunos de los parámetros de funcionamiento. Por ejemplo, los datos obtenidos del ECM 66 pueden incluir el caudal de escape y la temperatura de entrada del calefactor. El módulo sensor virtual 58 puede estimar la temperatura de salida del calefactor en función de los datos del ECM 66. Los datos estimados se pueden enviar al módulo de adquisición de parámetros de funcionamiento 50 para una estimación de una fiabilidad más precisa.

En algunas aplicaciones, el sistema de escape puede funcionar bajo diferentes modos, como normal (sin regeneración activa pero con la posibilidad de regeneración pasiva); modo de calefacción (o modo de preparación) --el motor eleva la temperatura de tratamiento posterior para lograr la regeneración activa; modo frío (o modo de arranque en frío) --se almacena NOx activamente en una condición de baja temperatura; modo de carga pesada: permite la liberación del NOx almacenado a temperaturas de escape más elevadas. En la solicitud de patente US nº 2014/0130481 se describen unos modos de funcionamiento adicionales.

- El módulo sensor virtual 58 puede recibir parámetros de funcionamiento de por lo menos uno entre la pluralidad de elementos de calefacción 38. Por ejemplo, el módulo sensor virtual 58 puede recibir información sobre un modo particular y estimar la temperatura de salida de cada elemento de calefacción 38 para aumentar la precisión de la densidad de flujo de calor potencial disponible para cada elemento de calefacción 38. Por lo tanto, el módulo sensor virtual 58 puede estimar una temperatura de salida de cada elemento de calefacción 38, que es la temperatura de entrada al siguiente elemento de calefacción 38, en lugar de solo conocer la temperatura de entrada utilizada para cada elemento de calefacción 38. La estimación de la temperatura se puede basar en el equilibrio de potencia (conservación de potencia) para predecir la temperatura de salida de cada elemento de calefacción 38, incluidas las pérdidas al medio ambiente circundante.
- El módulo de determinación de fiabilidad 52 determina la fiabilidad de cada elemento de calefacción 38 para un nivel de potencia particular en función de los parámetros de funcionamiento específicos de cada elemento de calefacción 38. El módulo de determinación de fiabilidad 52 puede recibir datos del módulo de almacenamiento de datos de características de comportamiento del calefactor 59 que almacena datos de características de comportamiento específicos para los elementos de calefacción individuales 38. Si bien la pluralidad de elementos de calefacción 38 se puede fabricar de acuerdo con las mismas especificaciones, cada elemento de calefacción 38 puede no proporcionar el mismo comportamiento calefactor, como la densidad de flujo de calor, debido a variaciones y a desviaciones de fabricación. Por lo tanto, los parámetros relacionados con variaciones y desviaciones de fabricación se pueden predeterminar y almacenar en el módulo de almacenamiento de datos de características de comportamiento del calefactor 59 y se proporcionan al módulo de determinación de fiabilidad 52 para un cálculo de fiabilidad más preciso.
- La fiabilidad de cada elemento de calefacción 38 asimismo se puede ver afectada por otros factores, como la vibración o las cargas físicas impuestas por el soporte de montaje 40 que monta el conjunto calefactor 28 en el conducto de escape aguas arriba 32. Si un elemento de calefacción 38 asimismo interviene como un componente estructural afecta la fiabilidad del elemento de calefacción 38. Por lo tanto, los efectos de estos factores se pueden almacenar previamente en el módulo de almacenamiento de datos de características de comportamiento del calefactor 59 para una determinación de fiabilidad más precisa.
- El módulo de determinación de fiabilidad 52 puede determinar la fiabilidad esperada para la pluralidad de elementos de calefacción 38 en función de una relación entre la fiabilidad y los parámetros de funcionamiento. Esta relación se puede encontrar disponible directamente para un elemento de calefacción 42 aguas arriba sobre la base de datos empíricos o mediante ensayos. Por ejemplo, dicha relación se puede obtener llevando a cabo un ensayo de envejecimiento acelerado calibrado (CALT) del elemento de calefacción 38. Dicho ensayo de envejecimiento acelerado es el proceso de probar un producto sometiéndolo a condiciones tales como estrés, deformación, temperaturas, etc. con respecto a sus parámetros de servicio normales, en un esfuerzo por descubrir fallos y modos potenciales de fallo en un corto período de tiempo. En la presente forma de realización, se puede utilizar el CALT para proporcionar una relación entre el ciclo de calefacción y el tiempo para un nivel de potencia dado o un entorno de funcionamiento dado. Por lo tanto, el CALT proporciona una relación entre la fiabilidad y los parámetros de funcionamiento para cada elemento de calefacción 38. Los datos de fiabilidad se pueden proporcionar solo para el elemento de calefacción 38 que experimenta condiciones de funcionamiento más duras.
- Después de determinar la fiabilidad de los elementos de calefacción aguas arriba y aguas abajo 42, 44, el módulo de determinación de fiabilidad 52 determina la fiabilidad media con la media de la fiabilidad de los elementos de calefacción aguas arriba y aguas abajo 42, 44. La información con respecto a la fiabilidad media se suministra al módulo de determinación de la temperatura objetivo y del ciclo de calefacción 54.
- El módulo de determinación de la temperatura objetivo y del ciclo de calefacción 54 calcula la temperatura objetivo de los elementos de calefacción aguas arriba y aguas abajo 42, 44, así como el ciclo de calefacción basándose en la misma fiabilidad media. La temperatura objetivo permite que la pluralidad de elementos de calefacción 38 logre la misma fiabilidad media. Para los elementos de calefacción intermedios 39, se puede utilizar la interpolación entre los valores de los elementos de calefacción aguas arriba y aguas abajo 42, 44 para determinar una temperatura objetivo.
- El módulo de determinación de la temperatura objetivo y del ciclo de calefacción 54 calcula la temperatura objetivo para cada elemento de calefacción 38, con el fin de obtener la misma fiabilidad media para un nivel de potencia y de caudal de flujo deseados dado. La temperatura objetivo se puede actualizar constantemente en respuesta a un cambio en el nivel de potencia que puede cambiar con el tiempo, además de cambios en otras variables del sistema. Este cálculo dinámico permite una determinación más precisa de las temperaturas objetivo para un elemento de calefacción 38 sobre la base de una pluralidad de parámetros, que incluyen, sin que comporte limitaciones, el caudal real, el nivel de potencia y los valores de diseño para estas cantidades. Por lo tanto, se puede mejorar la fiabilidad de un conjunto calefactor dado 28 en un sistema de calefactor en funcionamiento 20.
- El módulo de determinación del ciclo de calefacción y de la temperatura objetivo 54 asimismo puede realizar un cálculo de temperatura objetivo en tiempo real para una fiabilidad mejorada. Por ejemplo, el módulo de determinación de fiabilidad 52 puede determinar el efecto de di/dt (cambio de la corriente con el tiempo, o dV/dt ,

cambio del voltaje con el tiempo) en la fiabilidad del calefactor y el impacto de la frecuencia de conmutación para un nivel de potencia deseado. El módulo de determinación de ciclo de calefacción y de la temperatura objetivo 54 determina de este modo una temperatura objetivo correspondiente al nivel de potencia deseado con mayor fiabilidad. El módulo de determinación de ciclo de calefacción y de la temperatura objetivo 54 asimismo determina el número de ciclos de calefacción para mantener las temperaturas objetivo particulares para que los diversos elementos de calefacción 38 produzcan el nivel de potencia deseado con mayor fiabilidad.

En otra forma de realización, el módulo de determinación de ciclo de calefacción y de temperatura objetivo 54 pueden ser dos módulos. El módulo de control y conmutación de potencia 56 controla el nivel de potencia proporcionado a cada elemento de calefacción 38 y conmuta los elementos de calefacción 38 en función del ciclo de calefacción calculado para conseguir la temperatura objetivo. El módulo de control y conmutación de potencia 56 controla la conmutación de los elementos de calefacción 38 entre un estado de "marcha" y un estado de "paro" en función del ciclo de calefacción calculado. La densidad de potencia media se puede reducir a un nivel para proporcionar una fiabilidad mejorada de los elementos de calefacción 38. Una conmutación más rápida generalmente facilitaría una vida más larga, pero se puede seleccionar la tasa de conmutación para mejorar la durabilidad. Cada elemento de calefacción 38 se puede controlar para obtener una densidad de flujo de calor media máxima, al tiempo que se garantiza una fiabilidad óptima de los elementos de calefacción 38.

El módulo de control de calefactor 30 controla y varía la densidad de flujo de calor de los elementos de calefacción 38 en función de su posición axial en el conducto de escape aguas arriba 32 para mantener una durabilidad constante en la pluralidad de elementos de calefacción 38 al tiempo que aumenta la densidad total combinada del flujo de calor en la totalidad de los elementos de calefacción 38. La densidad de flujo de calor variada desde el primer elemento de calefacción 38 hasta el siguiente puede mantener una durabilidad constante y aumentar la potencia dentro de un espacio físico más pequeño, al establecer diferentes temperaturas objetivo en diferentes zonas. En consecuencia, los elementos de calefacción 38 pueden funcionar para proporcionar una mayor densidad de flujo de calor disponible al tiempo que se mantiene una durabilidad/fiabilidad constante en la pluralidad de elementos de calefacción 38. Puede que no se precise un factor de seguridad, debido a que se supervisan cuidadosamente los parámetros de funcionamiento específicos de un elemento de calefacción particular 38 y a que la emisión de calor para una fiabilidad óptima se ajusta constantemente.

La pluralidad de elementos de calefacción 38 se puede controlar para obtener diferentes temperaturas objetivo, generando así una emisión de calor diferente (densidad de flujo de calor) para mantener una temperatura uniforme de la pluralidad de elementos de calefacción 38, teniendo en cuenta los parámetros específicos de cada elemento de calefacción 38. Cada elemento de calefacción 38 se puede concebir de manera que se obtenga la misma gran densidad de flujo de calor y se pueden conectar a plena potencia al mismo tiempo durante el arranque en frío del motor. Después de que los elementos de calefacción 38 alcancen la temperatura objetivo, dichos elementos de calefacción 38 se pueden conmutar a un nivel de potencia apropiado para mantener el elemento de calefacción 38 a la temperatura objetivo. Por lo tanto, el conjunto calefactor 28 puede generar una mayor densidad de flujo de calor para calentar rápidamente el gas de escape y los elementos de calefacción individuales 38 se pueden desconectar cuando se alcancen los límites de seguridad.

Haciendo referencia a la figura 6, los gráficos muestran que el conjunto calefactor 28 que incluye una pluralidad de elementos de calefacción 38 dispuestos axialmente puede prever cada uno de dichos elementos de calefacción 38 concebidos de modo que presenten el mismo nivel de potencia elevada, tal como se indica mediante las barras A. Los elementos de calefacción 38 pueden conmutarse al nivel apropiado, tal como lo indican las barras B, cuando se alcancen los límites de temperatura del material, u otros parámetros de funcionamiento dicten una potencia reducida. Dichas barras B asimismo indican la potencia de calefactor de cada elemento de calefacción 38 en estado estacionario o un transitorio simple que mantiene una temperatura de recubrimiento constante. La durabilidad de cada elemento de calefacción 38 se puede ver afectada por la cantidad y la magnitud de los ciclos térmicos, así como por una condición transitoria, como por ejemplo di/dt (cambio de la corriente con el tiempo). El kW máximo para cada elemento de calefacción 38 puede variar en función de las condiciones transitorias. Por ejemplo, se puede utilizar una densidad de potencia mucho mayor durante un período de tiempo más corto cuando el elemento de calefacción 38 está frío. La densidad de potencia se puede reducir a medida que se incrementa el tiempo. Además, se puede regular la tasa de aplicación de potencia a los elementos de calefacción 38 para que sea más lenta, con el fin de evitar daños al conjunto calefactor 28. Por lo tanto, el módulo de control de calefactor 30 incluye un algoritmo de control para tener en cuenta la condición transitoria de por lo menos uno entre la pluralidad de elementos de calefacción 38 para mejorar la durabilidad/fiabilidad. Al usar un módulo de control de calefactor 30 para controlar la conexión y desconexión y la subida y bajada de potencia de los elementos de calefacción individuales 38, se puede optimizar el comportamiento del calefactor en función de las condiciones de funcionamiento y de las limitaciones en la estructura del calefactor, como la capacidad o la durabilidad, obteniendo así una fiabilidad óptima de la totalidad de los elementos de calefacción 38.

La presente descripción cuenta con las ventajas de generar más densidad de flujo de calor en un área más pequeña. El aumento de la densidad del flujo de calor puede dar como resultado un tamaño reducido de los elementos de calefacción 38, un coste reducido de los elementos de calefacción 38 y una calefacción más rápida durante el arranque en frío del motor. Por lo tanto, la presente descripción equilibra la fiabilidad, el tamaño y la

potencia de salida de los elementos de calefacción 38 para un conjunto calefactor multizona 28, alcanzando así un resultado de calefacción mejorado.

- 5 La presente descripción asimismo puede acomodar condiciones transitorias, así como proporcionar una mejor adaptación a un elemento de calefacción 38 fallido. Si un elemento de calefacción 38 o sus componentes de potencia relacionados fallan, los elementos de calefacción 38 restantes se pueden controlar para suministrar una porción de la potencia perdida. Cuando un elemento de calefacción 38 presenta una fiabilidad inferior, o si el elemento de calefacción 38 falla, se puede alimentar el elemento de calefacción 38 específico para reducir la densidad de flujo de calor. La salida de los elementos de calefacción restantes 38 se puede ajustar para compensar el flujo de calor reducido del elemento de calefacción particular 38. Por lo tanto, la totalidad del conjunto calefactor 28 aún puede generar la potencia de salida global deseada sin someter el calefactor particular a una fiabilidad reducida.
- 10 15 Todavía en otra forma de realización de la presente descripción, se pueden controlar los elementos de calefacción 38 para proporcionar una densidad de vatios aumentada deseada (con tamaños más pequeños, reduciendo así los costes de fabricación). La salida de flujo de calor de los elementos de calefacción individuales 38 se puede controlar de manera diferente y ajustar durante el funcionamiento de acuerdo con los datos de funcionamiento adquiridos por el módulo de adquisición de parámetros de funcionamiento 50. El flujo de calor de cada elemento de calefacción 38 se puede cambiar usando el módulo de control y conmutación de potencia 56 para conmutar en "marcha" y "paro" los elementos de calefacción 38 para conseguir un flujo de calor deseado y una fiabilidad mejorada. El sistema de calefactor 20 permite un elemento de calefacción 38 más pequeño (por lo tanto, con un coste menor) para un nivel de potencia dado y un nivel de fiabilidad deseado. Para cada elemento de calefacción 38, se puede hacer un seguimiento en el tiempo de la temperatura del elemento de calefacción 38, la diferencia entre la temperatura máxima y mínima, la tasa máxima de enfriamiento, la cantidad de ciclos de calefacción (tanto "ciclos de control" como "ciclos de máquina") y la tasa de calefacción o la potencia máxima. La salida de calor de los elementos de calefacción 38 se puede ajustar de acuerdo con estos varios parámetros.
- 20 25 30 35 Aunque en la presente memoria se ha ilustrado y descrito una aplicación de flujo de fluido de un escape diésel, se deberá apreciar que las diversas formas de calefacción axial se pueden aplicar a cualquier cantidad de aplicaciones y para proporcionar una variedad de distribuciones de calefacción/potencia, o funcionalidad del sistema, a lo largo de un flujo de fluido. Por ejemplo, la calefacción axial se podría emplear para variar la densidad de potencia de un elemento de calefacción a los elementos de calefacción siguientes, con el fin de incrementar la potencia en un espacio físico más pequeño. En otra forma de realización, se podría variar la densidad de potencia para mantener una temperatura constante del elemento del recubrimiento o del cable. Adicionalmente, se podría crear un mapa de distribución de potencia axial a diferentes velocidades y pares de motor y, a continuación, se podrían controlar las variaciones de potencia en función de las condiciones reales del motor en uso. Por lo tanto, las diversas formas ilustradas y descritas en la presente memoria no se deberán interpretar como limitativas del alcance de la presente divulgación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de calefactor (20) para un sistema de escape (18), comprendiendo el sistema de calefactor (20) un calefactor (28) dispuesto en un conducto de escape (32, 34, 36) del sistema de escape (18), incluyendo el calefactor (28) una pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44) dispuesta a lo largo de una dirección axial del conducto de escape (32, 34, 36),

10 caracterizado por que la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44) incluye unos elementos de calefacción aguas arriba y unos elementos de calefacción aguas abajo, incluyendo además el sistema de calefactor (20) un módulo de control de calefactor (30) que controla por lo menos dos elementos de calefacción de entre la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44) de manera diferente uno respecto a otro de acuerdo con por lo menos una condición de funcionamiento específica de por lo menos dos elementos de calefacción de entre la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44),

15 en el que el módulo de control de calefactor (30) controla los elementos de calefacción aguas arriba a un nivel de potencia superior y una temperatura inferior a los elementos de calefacción aguas abajo durante un modo frío.

20 2. Sistema de calefactor (20) según la reivindicación 1, en el que el módulo de control de calefactor (30) incluye:

25 un módulo de adquisición de parámetros de funcionamiento (50) que adquiere unos parámetros de funcionamiento de por lo menos un elemento de calefacción de entre la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44);

30 un módulo sensor virtual (58) que adquiere unos parámetros de funcionamiento de por lo menos un elemento de calefacción de entre la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44);

35 un módulo de almacenamiento de datos de características de comportamiento de calefactor (59) que almacena unos parámetros de funcionamiento de por lo menos un elemento de calefacción de entre la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44); y/o

40 un módulo de determinación de fiabilidad (52) que determina la fiabilidad de por lo menos un elemento de calefacción de entre la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44) de acuerdo con las condiciones de funcionamiento del por lo menos un elemento de calefacción de entre la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44).

45 3. Sistema de calefactor (20) según la reivindicación 2, en el que el módulo de control de calefactor (30) incluye el módulo de determinación de fiabilidad (52) y el módulo de determinación de fiabilidad (52) determina una fiabilidad media de la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44).

50 4. Sistema de calefactor (20) según la reivindicación 2, en el que el módulo de control de calefactor (30) incluye un módulo de determinación de temperatura objetivo y de ciclo de calefacción (54) que determina una temperatura objetivo y/o un ciclo de calefacción para cada elemento de calefacción (38, 39, 42, 44) sobre la base de la fiabilidad determinada, una temperatura objetivo diferente o combinaciones de las mismas.

55 5. Sistema de calefactor (20) según la reivindicación 4, en el que el módulo de control de calefactor (30) incluye un módulo de conmutación y de control de potencia (56) para controlar el nivel de potencia proporcionado a cada elemento de calefacción de entre la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44) y conmutar cada elemento de calefacción de entre la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44) a activo e inactivo sobre la base del ciclo de calefacción determinado suficiente para alcanzar la temperatura objetivo.

60 6. Sistema de calefactor (20) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el módulo de control de calefactor (30) incluye un algoritmo de control para determinar las condiciones transitorias de por lo menos un elemento de calefacción de entre la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44).

65 7. Sistema de calefactor (20) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el módulo de control de calefactor (30) controla cada elemento de calefacción de entre la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44) para alcanzar por lo menos uno de una temperatura objetivo diferente, un ciclo de calefacción diferente o combinaciones de los mismos.

8. Sistema de calefactor (20) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el módulo de control de calefactor (30) se configura para proporcionar potencia a los elementos de calefacción aguas arriba, al mismo tiempo que proporciona potencia a los elementos de calefacción aguas abajo.

9. Sistema de calefactor (20) según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de elementos de calefacción (38, 39, 42, 44) está dispuesta dentro de una pluralidad de zonas de calefacción dispuesta a lo largo de la dirección axial del conducto de escape (32, 34, 36), incluyendo la pluralidad de zonas de calefacción unas zonas de

calefacción aguas arriba y unas zonas de calefacción aguas abajo,

en el que el módulo de control de calefactor (30) controla por lo menos dos zonas de calefacción de entre la pluralidad de zonas de calefacción de manera diferente una respecto a otra y de acuerdo con por lo menos una condición de funcionamiento específica de por lo menos dos zonas de calefacción de entre la pluralidad de zonas de calefacción.

10. Sistema de calefactor (20) según la reivindicación 9, en el que la pluralidad de zonas de calefacción está dispuesta aguas arriba en el conducto de escape y una pluralidad de zonas de calefacción está dispuesta aguas abajo en el conducto de escape.

11. Sistema de calefactor (2) según la reivindicación 9 o 10, en el que el módulo de control de calefactor (30) controla las zonas de calefacción aguas arriba a un nivel de potencia superior y una temperatura inferior a las zonas de calefacción aguas abajo.

15. Sistema de calefactor (20) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que el módulo de control de calefactor (30) incluye:

20 un módulo de adquisición de parámetros de funcionamiento (50) que adquiere unos parámetros de funcionamiento de por lo menos una zona de calefacción de entre la pluralidad de zonas de calefacción;

25 un módulo sensor virtual (52) que adquiere unos parámetros de funcionamiento de por lo menos una zona de calefacción de entre la pluralidad de zonas de calefacción;

30 un módulo de almacenamiento de datos de características de comportamiento de calefactor (59) que almacena unos parámetros de funcionamiento de por lo menos una zona de calefacción de entre la pluralidad de zonas de calefacción;

35 un módulo de determinación de fiabilidad (52) que determina la fiabilidad de por lo menos una zona de calefacción de entre la pluralidad de zonas de calefacción de acuerdo con la condición de funcionamiento de por lo menos una zona de calefacción de entre la pluralidad de zonas de calefacción;

40 un módulo de determinación de temperatura objetivo y de ciclo de calefacción (54) que determina una temperatura objetivo y/o un ciclo de calefacción para cada zona de calefacción sobre la base de la fiabilidad determinada, una temperatura objetivo diferente o combinaciones de las mismas; y/o

45 un módulo de conmutación y de control de potencia (56) que controla la potencia proporcionada al calefactor (28) y que conmuta a activa e inactiva cada zona de calefacción de entre la pluralidad de zonas de calefacción sobre la base del ciclo de calefacción determinado suficiente para alcanzar la temperatura objetivo.

40 13. Sistema de calefactor (20) según la reivindicación 12, en el que el módulo de control de calefactor (30) incluye el módulo de determinación de fiabilidad (52) y el módulo de determinación de fiabilidad (52) se configura para determinar una fiabilidad media de la pluralidad de zonas de calefacción.

45 14. Sistema de calefactor (20) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que el módulo de control de calefactor (30) incluye un algoritmo de control para determinar las condiciones transitorias de por lo menos una zona de calefacción de entre la pluralidad de zonas de calefacción.

50 15. Sistema de calefactor (20) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, en el que el módulo de control de calefactor (30) controla cada zona de calefacción de entre la pluralidad de zonas de calefacción para alcanzar diferentes temperaturas objetivo, diferentes ciclos de calefacción o combinaciones de los mismos.

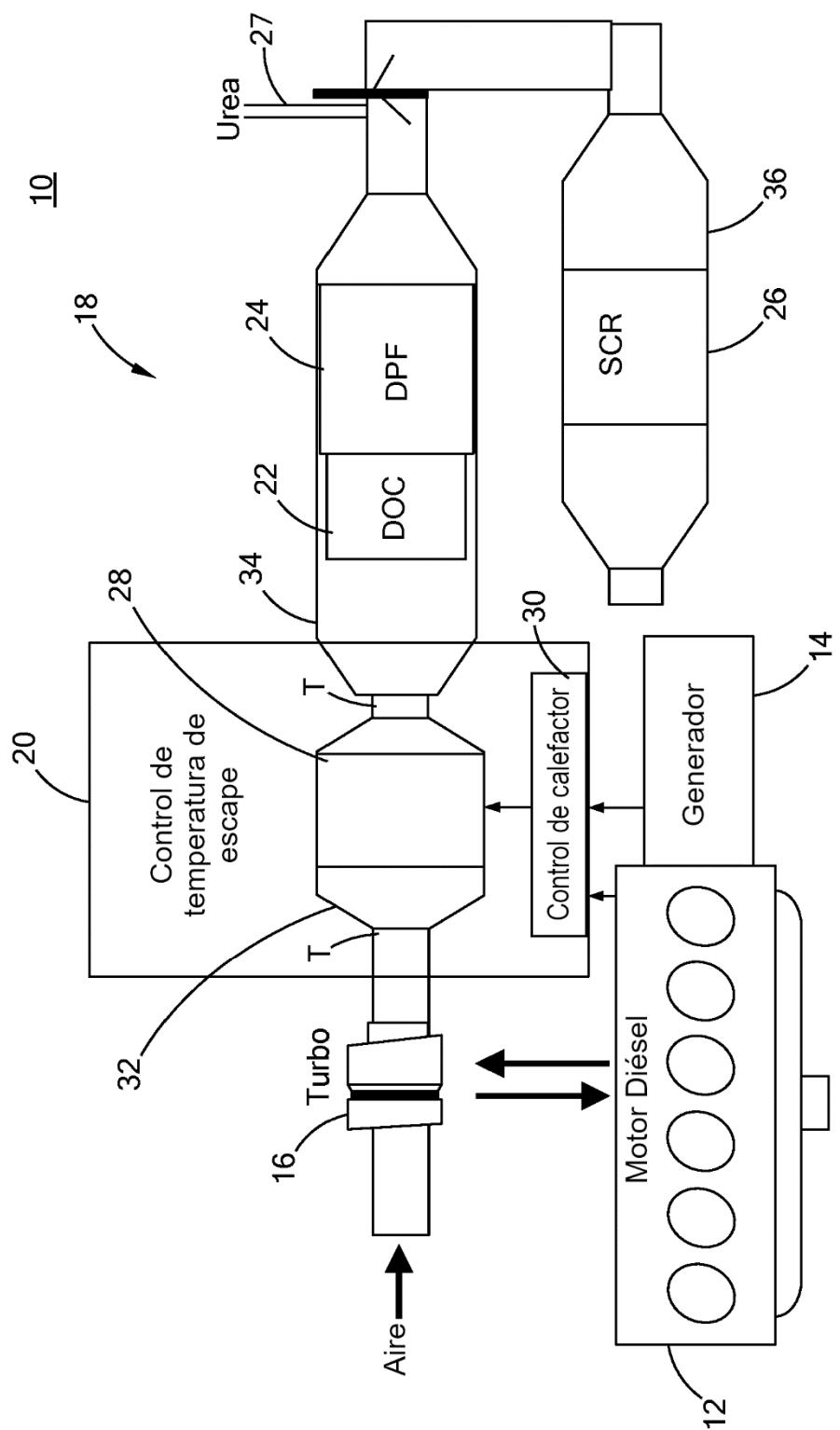


FIG. 1

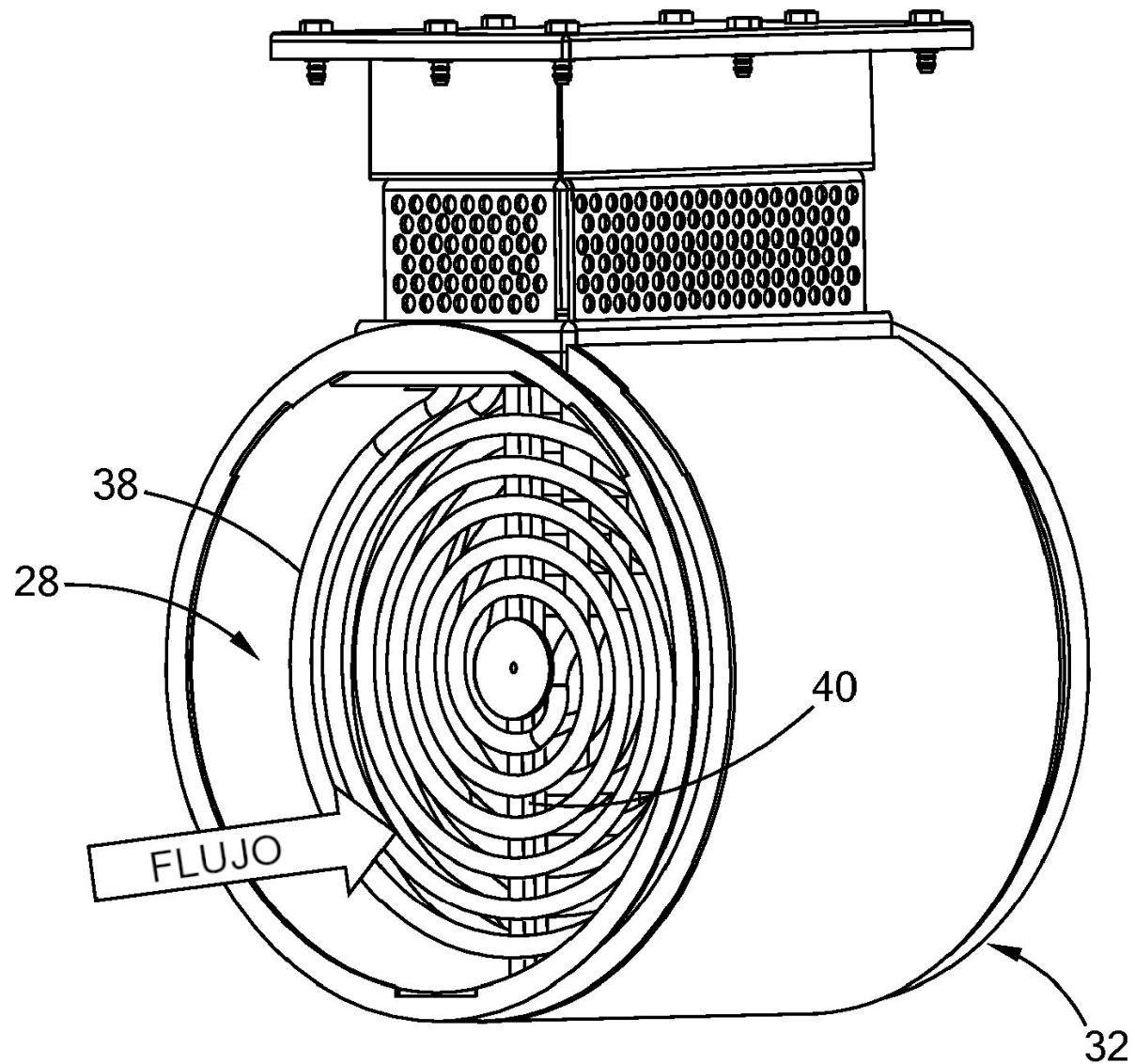


FIG. 2

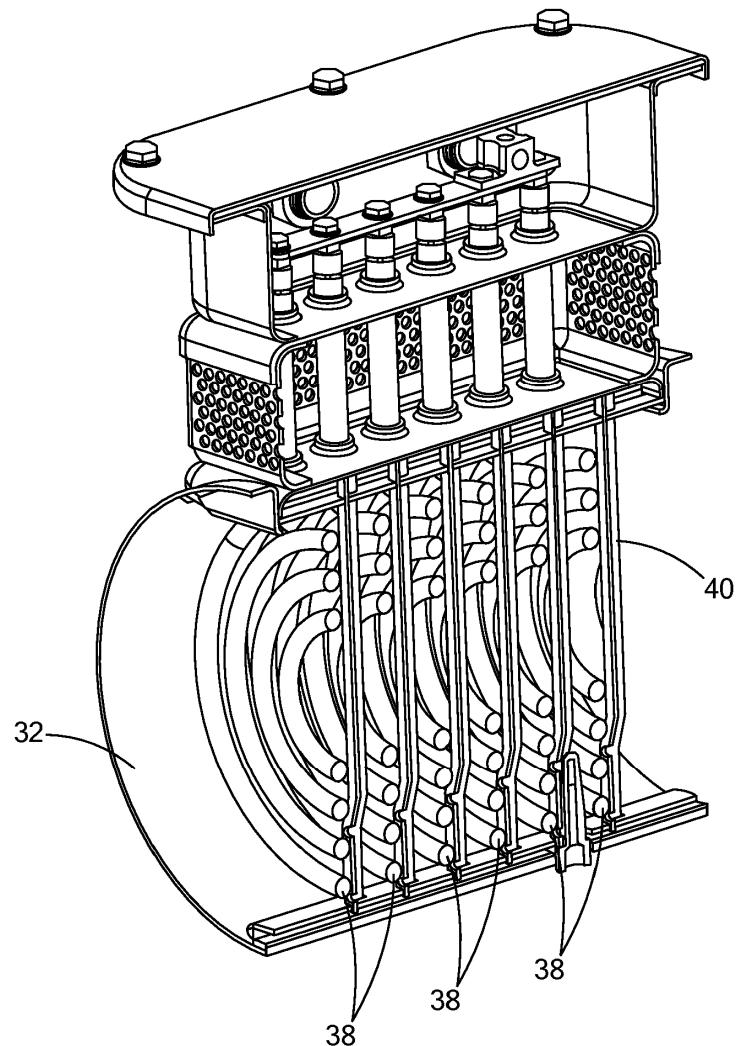
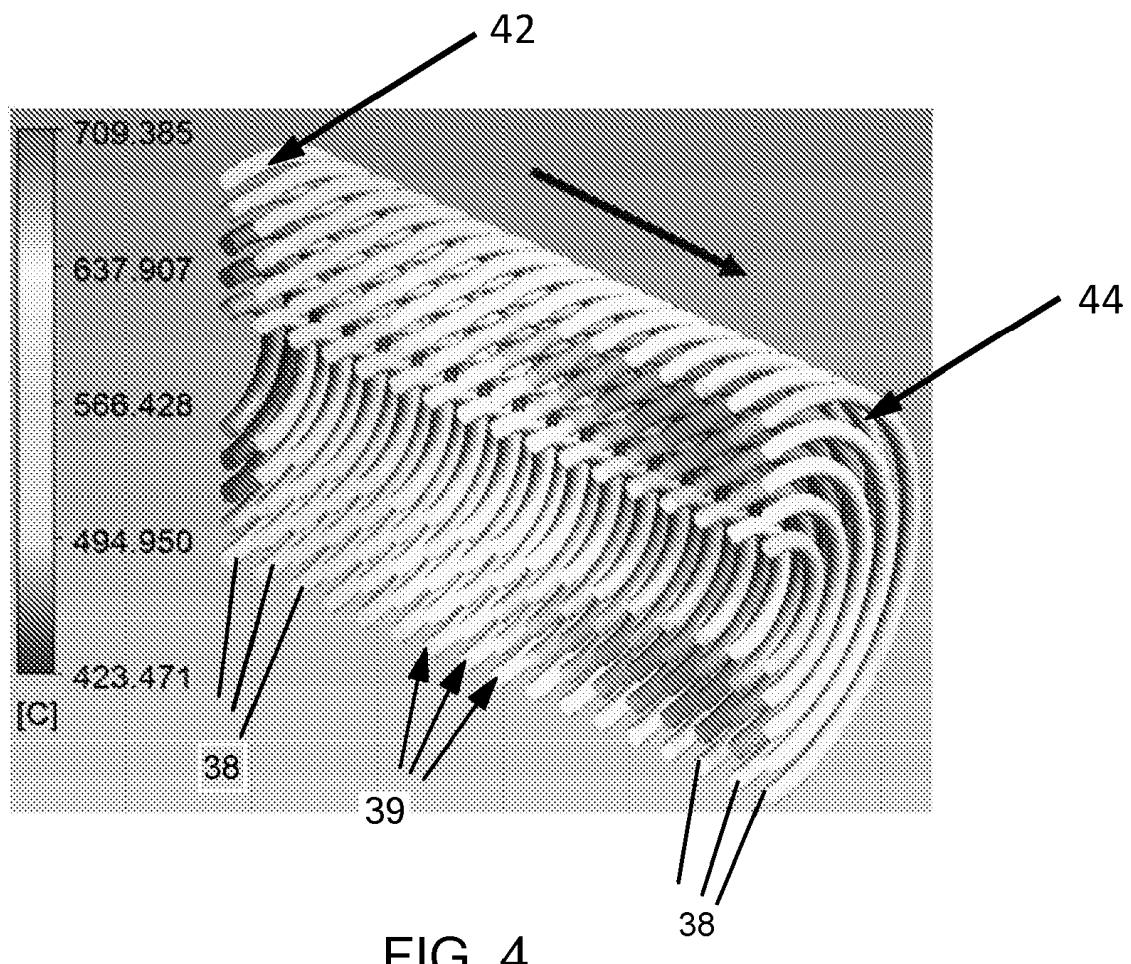


FIG. 3



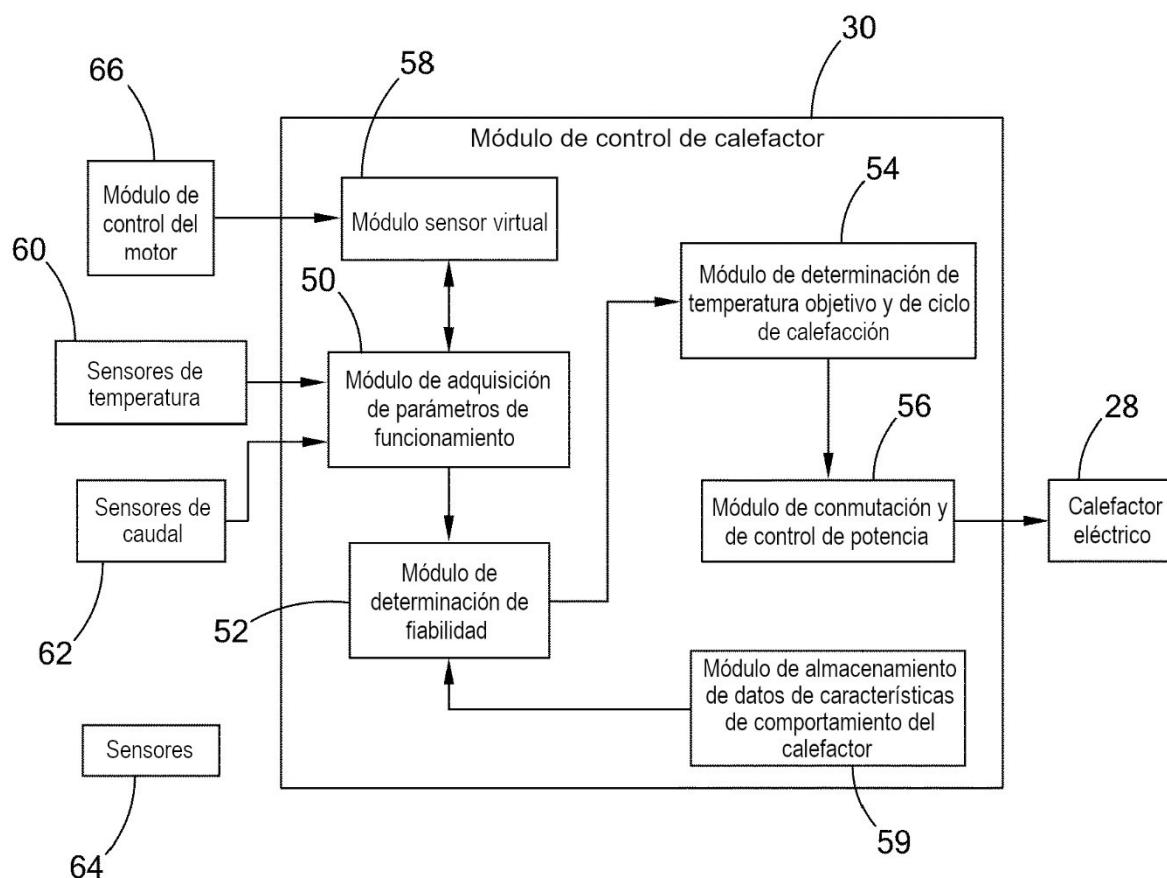


FIG. 5

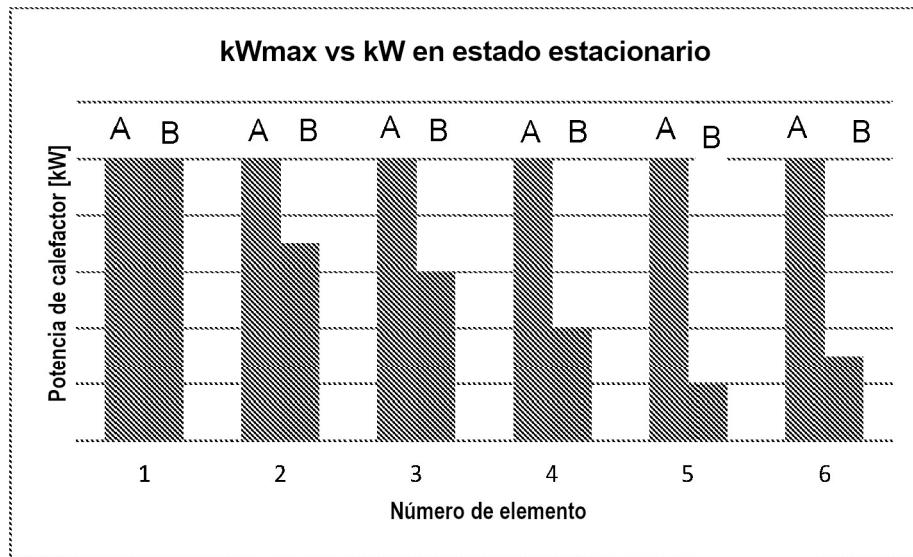


FIG. 6