

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 737 849**

51 Int. Cl.:

F01N 9/00 (2006.01)

F01N 3/027 (2006.01)

F01N 3/20 (2006.01)

F01N 13/00 (2010.01)

F01N 3/035 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2013** **E 17158493 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019** **EP 3192991**

54 Título: **Procedimiento de calentamiento de un gas de escape en un sistema de post-tratamiento del escape**

30 Prioridad:

22.02.2012 US 201261601923 P

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

16.01.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ZHANG, WENZHONG;
BANGE, MIKE;
BOEHMER, SCOTT;
KHAIR, MAGDI y
TAN, JULIAN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 737 849 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

Procedimiento de calentamiento de un gas de escape en un sistema de post-tratamiento del escape

Campo

5 La presente divulgación se refiere a sistemas de tratamiento posterior de escape para motores diésel y más particularmente a calentamiento y control eléctricos para proporcionar calentamiento asistido en los sistemas de tratamiento posterior de escape.

Antecedentes

La descripción de antecedentes proporcionada en el presente documento es para el fin de presentar en general el contexto de la divulgación y puede no constituir el estado de la técnica.

10 Los motores diésel se han usado en una diversidad de aplicaciones tales como locomotoras, marina y generadores motores. La Agencia de Protección Ambiental (EPA, del inglés *Environmental Protection Agency*) de EE.UU. y la Junta de Recursos del Aire de California (CARB, del inglés *California Air Resources Board*), así como otras agencias reguladoras alrededor del mundo, imponen estrictas limitaciones al contenido de las emisiones de los motores diésel, tales como materia particulada (MP), hidrocarburo (HC) y NOx. En consecuencia, se han empleado sistemas de
15 tratamiento posterior de gases de escape que generalmente incluyen un Catalizador de Oxidación Diésel (COD), un Filtro de Partículas Diésel (FPD) y una RCS (reducción catalítica selectiva de NOx) para tratar los gases de escape y controlar las emisiones a la atmósfera o al ambiente exterior.

Se producen diversas reacciones químicas en el COD y RCS para convertir óxidos de nitrógeno nocivos (NOx), monóxido de carbono (CO) e hidrocarburo no quemado (HC) en N₂, CO₂ y agua. El FDP está diseñado para retirar la materia particulada (MP) de diésel de los gases de escape. Normalmente estas reacciones químicas tendrían lugar a
20 altas temperaturas. Con el uso de catalizadores, las reacciones químicas pueden ocurrir a temperaturas mucho más bajas. Sin embargo, todavía debe suministrarse energía suficiente en forma de calor a los catalizadores para acelerar las reacciones químicas. Por lo tanto, el rendimiento del sistema de tratamiento posterior del escape es altamente dependiente de la temperatura del gas de escape, que lleva la energía y el calor deseados a los catalizadores. La
25 temperatura normal de los gases de escape, sin embargo, no siempre cumple con los requisitos para las reacciones químicas deseadas. Cuando la temperatura normal de escape es más baja que la temperatura diana, el sistema de tratamiento posterior del escape no puede tratar eficazmente los gases de escape, dando como resultado mayores emisiones al medio ambiente.

Un procedimiento para aumentar la temperatura de los gases de escape es a través de la inyección de hidrocarburos corriente arriba de un COD, ya sea en el tubo de escape o dentro del cilindro durante la carrera de escape. Este procedimiento aumenta el consumo de combustible y también cambia la composición de los gases de escape. Por ejemplo, cuando la inyección de combustible se inyecta en el escape, la generación de NO₂ en el COD se reduce significativamente. El NO₂ es un reactivo eficaz para la regeneración pasiva de FPD en un intervalo de temperatura
30 mucho más bajo. Por lo tanto, la generación de NO₂ reducida afecta negativamente a la regeneración pasiva del FPD.

35 Un procedimiento para calentar un gas de escape de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 independiente se ha desvelado en el documento US 2011/030554 A1.

Sumario

La presente invención se refiere a un procedimiento para calentar un gas de escape en un sistema de tratamiento posterior de escape de acuerdo con la reivindicación 1 independiente.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, incorporados y que forman parte de la memoria descriptiva, ilustran varios aspectos de la presente invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. Los componentes en las figuras no están necesariamente a escala. En los dibujos:

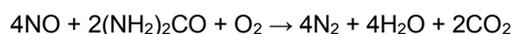
45 La figura 1 es una vista esquemática de un sistema de motor que incluye un módulo de calentamiento construido de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación;
La figura 2 es una vista esquemática de un módulo de calentamiento construido de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación;
La figura 3 es un gráfico que muestra la relación entre la concentración de NO₂ y la temperatura del catalizador;
La figura 4 es una vista esquemática de un calentador eléctrico;
50 La figura 5 es un gráfico que muestra una estrategia de calentamiento para hacer funcionar el calentador eléctrico;
La figura 6 es una tabla que muestra las propiedades de los gases de escape a diferentes cargas del motor; y
La figura 7 es una vista esquemática de otra forma de un sistema de motor que incluye un módulo de calentamiento construido de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.

Descripción detallada

La siguiente descripción es de naturaleza meramente ejemplar y de ninguna manera pretende limitar la presente invención, su aplicación o sus usos. También debe entenderse que las etapas dentro de un procedimiento pueden ejecutarse en un orden diferente sin alterar los principios de la invención.

5 Con referencia a la figura 1, un sistema 10 de motor generalmente incluye un motor 12 diésel, un generador 14, un turbocompresor 16 y un sistema 18 de tratamiento posterior de escape. El sistema 18 de tratamiento posterior de escape está dispuesto corriente abajo de un turbocompresor 16 para tratar los gases de escape del motor 12 diésel antes de que los gases de escape se liberen a la atmósfera. El sistema 18 de tratamiento posterior del escape incluye un módulo 20 de calentamiento, un COD 22, un FPD 24 y una RCS 26. El módulo 20 de calentamiento incluye un calentador 28 eléctrico dispuesto corriente arriba del COD 22 y un módulo 30 de control del calentador para controlar el funcionamiento del calentador 28 eléctrico. El sistema 18 de tratamiento posterior del escape incluye un conducto 32 de escape corriente arriba que recibe el calentador 28 eléctrico en su interior, un conducto de escape intermedio 34 en el que se reciben el COD 22 y el FPD 24 y un conducto 36 de escape corriente abajo en el que se dispone la RCS.

15 El COD 22 está dispuesto corriente abajo del calentador 28 eléctrico y sirve como un catalizador para oxidar el monóxido de carbono y cualquier hidrocarburo no quemado en el gas de escape. Además, el COD 22 convierte el óxido nítrico (NO) nocivo en dióxido de nitrógeno (NO₂). El FPD 24 está dispuesto corriente abajo del COD 22 para retirar la materia particulada (MP) del diésel o el hollín del gas de escape. La RCS 26 está dispuesta corriente abajo del FPD 24 y, con la ayuda de un catalizador, convierte los óxidos de nitrógeno (NO_x) en nitrógeno (N₂) y agua. Un inyector 27 de solución de agua de urea está dispuesto corriente abajo del FPD 24 y corriente arriba de la RCS 26 para inyectar solución de agua de urea en la corriente del gas de escape. Cuando se usa una solución de agua de urea como reductor en la RCS 18, el NO_x se reduce a N₂, H₂O y CO₂ en la siguiente reacción:



25 El calentador 28 eléctrico proporciona calentamiento asistido de los gases de escape que fluyen en los conductos 32, 34, 36 de escape. El generador 14 está conectado al motor 12 diésel para impulsar el motor 12 diésel durante el arranque del motor como una opción y para suministrar electricidad al calentador 34 eléctrico durante el funcionamiento normal del motor. El módulo 30 de control del calentador controla estratégicamente el calentador 28 eléctrico en diferentes modos de calentamiento para facilitar tanto la regeneración activa como pasiva del FPD 24.

30 La regeneración es el procedimiento de quemar y eliminar las materias partículas acumuladas del FPD 24. La regeneración puede producirse de forma pasiva o activa. La regeneración pasiva puede producirse en el funcionamiento normal del motor cuando la temperatura del gas de escape es suficientemente alta. La regeneración activa puede producirse a base de una condición del FPD monitorizada o a base de un cronograma predeterminado al introducir un calor muy alto en el sistema 10 de tratamiento posterior del escape. La regeneración activa puede lograrse mediante la gestión adecuada del control del motor para aumentar la temperatura de escape a través de la inyección de combustible tardía o inyección durante la carrera de expansión. La regeneración activa también puede lograrse a través del calentamiento asistido por un calentador eléctrico. La regeneración activa requiere mucho más calor que la regeneración pasiva y, por lo tanto, somete a la estructura cerámica del FPD 24 al riesgo de agrietamiento y disminuye el tiempo de vida del revestimiento catalítico.

40 Con referencia a la figura 2, el módulo 30 de control del calentador controla estratégicamente el funcionamiento del calentador 28 eléctrico basándose en una carga del motor y un estado del FPD 24 para proporcionar calentamiento asistido tanto en la regeneración activa como en la pasiva del FPD. El módulo 24 de control del calentador puede ser parte de una unidad de control del motor (UCM) (no se muestra) o externo a la UCM. La UCM controla el funcionamiento del motor 12 diésel, un sistema de inyección de combustible (no mostrado), entre otros, y adquiere y almacena diversos parámetros relacionados con las condiciones de funcionamiento del motor, incluyendo, pero sin limitación, temperatura de escape, carga del motor diésel, condiciones de flujo (flujo de aire y presión de aire, etc.). El módulo 30 de control del calentador recibe entradas de la UCM para tomar la decisión correcta sobre cómo hacer funcionar el calentador 28 eléctrico. El módulo de control también podría recibir información de forma independiente después de los sistemas de control de tratamiento.

50 El módulo 30 de control del calentador incluye un módulo 62 de determinación del modo de calentamiento y un módulo 63 de funcionamiento del calentador que incluye un módulo 64 de calentamiento de regeneración pasiva y un módulo 66 de calentamiento de regeneración activa. El calentador 22 eléctrico puede funcionar en dos modos de funcionamiento: modo de calentamiento de regeneración pasiva y modo de calentamiento de regeneración activa. El módulo 62 de determinación de modo de calentamiento determina el modo de calentamiento deseado en función de la carga del motor y el estado del FPD 24. Cuando el FPD 24 se regenera activamente, el modo de calentamiento deseado es el modo de calentamiento de regeneración activa. Cuando el FPD 24 no se regenera activamente y la carga del motor es baja, por ejemplo, al 10 %, el modo de calentamiento deseado es el modo de calentamiento de regeneración pasiva. El módulo 62 de determinación del modo de calentamiento puede incluir una estrategia de calentamiento que especifique la correlación entre los modos de calentamiento, duración, cargas del motor y el aumento de temperatura de escape deseado. El módulo 62 de determinación del modo de calentamiento también determina cuándo debe encenderse o apagarse el calentador 28 eléctrico durante el funcionamiento normal del motor. En respuesta a la determinación del módulo 62 de determinación del modo de calentamiento, el módulo de

funcionamiento del calentador 63 hace funcionar el calentador 28 eléctrico en consecuencia.

En el modo de calentamiento de regeneración pasiva, el calentador 28 eléctrico se controla para calentar los gases de escape a una temperatura predeterminada que permite una generación óptima de NO₂ en el COD 22. El NO₂ es un reactivo eficaz para la regeneración pasiva de FPD 24. Aumentar la generación de NO₂ puede facilitar la regeneración pasiva de FPD 24. En el modo de calentamiento activo, el calentador 28 eléctrico se controla para calentar los gases de escape de manera diferente para reducir el gradiente de temperatura de escape a través de los conductos de escape. Cuando el gradiente de temperatura se reduce, la regeneración activa puede lograrse de manera más eficiente.

Cuando el módulo 62 de determinación de modo de calentamiento determina que se desea el modo de calentamiento pasivo, el módulo 64 de calentamiento de regeneración pasiva después controla el calentador 28 eléctrico para calentar los gases de escape a una temperatura predeterminada. El módulo 64 de calentamiento de regeneración pasiva calcula y determina el aumento de temperatura deseado basándose en una temperatura de escape y la temperatura predeterminada. La temperatura de escape puede obtenerse de la entrada de los sensores de temperatura de la UMC. La temperatura predeterminada depende de las propiedades de los catalizadores en el COD 14 y se establece para permitir una generación de NO₂ óptima.

Con referencia a la figura 3, la concentración de NO₂ en la salida del COD 14 depende de la temperatura del gas de escape. Para un catalizador de COD BASF, la concentración de NO₂ es relativamente alta cuando la temperatura del catalizador está en el intervalo de 300 a 460 °C, particularmente en el intervalo de 320 a 380 °C. Por lo tanto, la temperatura predeterminada se establece en un intervalo de 300 a 460 °C y preferentemente en el intervalo de 320 a 380 °C. Cuando el calentador 28 eléctrico calienta los gases de escape a la temperatura predeterminada, se genera una cantidad óptima de NO₂ para facilitar la regeneración pasiva del FPD 24. Con la regeneración pasiva extensiva de FPD, el material particulado se acumula en el FPD a una velocidad menor, reduciendo así la frecuencia de regeneración activa. Como resultado, se reducen la probabilidad del agrietamiento cerámico del FPD y la degradación de los catalizadores debido al alto calor asociado a la regeneración activa (generalmente en el intervalo de 500 a 650 °C).

Con referencia de nuevo a la Figura 2, Cuando el FPD 24 se regenera activamente, el modo de calentamiento deseado es el modo de calentamiento de regeneración activa. El módulo 66 de calentamiento de regeneración activa controla el calentador 28 eléctrico para proporcionar calentamiento diferencial a los gases de escape. El calentador 28 eléctrico genera más calor a lo largo de la periferia del calentador eléctrico y menos calor en el centro del conducto de escape.

El conducto de escape generalmente tiene una temperatura relativamente más alta a lo largo del eje central del conducto y una temperatura relativamente más baja cerca de la pared del conducto. Para asegurar una regeneración activa efectiva a través del FPD 24, el gas de escape próximo a la pared del conducto de escape también necesita calentarse a la temperatura de regeneración activa deseada. Debido al gradiente de temperatura en la sección transversal del conducto de escape, el gas de escape próximo al centro del conducto de escape se sobrecalienta innecesariamente, sometiendo la parte central del FPD 24 a un calor más alto y un riesgo más alto de grietas. Al hacer funcionar el calentador 28 eléctrico para reducir el gradiente de temperatura, se requiere menos calor para calentar los gases de escape a la temperatura de regeneración activa deseada. Por lo tanto, se reduce la probabilidad de sobrecalentamiento en el centro del FPD y los problemas que lo acompañan.

Con referencia a la figura 4, se muestra una realización ejemplar del calentador 28 eléctrico que tiene una zona 40 de baja densidad de vatios próxima al centro y una zona 42 de alta densidad de vatios a lo largo de la periferia del calentador 28 eléctrico. El calentador 28 eléctrico puede proporcionar calentamiento diferencial a través del conducto de escape.

El calentador 28 eléctrico recibe potencia por el generador 32. El generador 32 conduce el motor 30 diésel durante el arranque del motor. Después de que el motor 30 diésel comience a funcionar por su cuenta, el generador 32 se conduce por el motor 30 diésel para generar electricidad para suministrar potencia a otros dispositivos electrónicos o eléctricos. La estrategia de calentamiento permite el uso de la capacidad de generación de electricidad disponible cuando no se necesita para suministrar potencia a los otros sistemas eléctricos y electrónicos durante el funcionamiento con baja carga del motor.

Con referencia a la figura 5, el módulo 32 de determinación del modo de calentamiento incluye una estrategia de calentamiento que especifica las correlaciones entre los modos de calentamiento, el aumento de la temperatura de escape, las cargas del motor. Como se muestra en el diagrama ejemplar, cuando la carga del motor es baja y la contrapresión del FPD está en el intervalo de medio a alto, el aumento de la temperatura de escape diana (delta) sería bajo y el calentador 28 eléctrico funciona en el modo de regeneración pasiva. Por ejemplo, el calentador 28 eléctrico está en el modo de calentamiento de regeneración pasiva cuando el motor 30 diésel está funcionando cerca de condiciones de carga baja tales como un 10 % de carga. El calentador 28 eléctrico requiere menos potencia eléctrica del generador 32 porque el aumento de temperatura deseado (delta) es menor que para la regeneración activa y porque el motor 30 diésel genera menos gases de escape debido a la baja carga del motor.

A medida que la carga del motor sigue aumentando, por ejemplo, del 10 % al 25 %, al 50 %, al 75 %, el calentador 28

eléctrico se apaga. La regeneración activa de FPD puede iniciarse cuando la carga del motor es baja o de acuerdo con un programa predeterminado para beneficiarse del calentamiento del flujo de masa de escape inferior. Cuando el FPD se regenera activamente, por ejemplo, con una carga del motor del 25 %, el calentador eléctrico se enciende y se hace funcionar en el modo de calentamiento de regeneración activa para proporcionar calentamiento diferencial. Cuando se completa la regeneración activa y la carga del motor comienza a aumentar, el calentador 28 eléctrico se apaga.

Con referencia a la figura 6, La tabla ilustra el contenido del escape para diferentes condiciones de carga. Como se muestra, cuando el motor diésel funciona bajo la condición de carga del 10 %, el gas de escape exhibe el flujo de escape más bajo (1925 cfm) y el NOx específico más alto disponible (6,8 g/bhp-h) entre las 5 condiciones de carga para un tipo de grupo electrógeno de motor diésel grande. Por ejemplo, si la temperatura de escape se elevó de 235 °C a una temperatura que está dentro de la ventana de temperatura dulce de la generación de NO₂ de COD de 320 a 380 °C, el COD corriente abajo del calentador generará una cantidad máxima de NO₂ debido a la mayor NOx disponible bajo esta condición del motor de carga. El NO₂ oxida de forma pasiva el FPD cargado de partículas corriente abajo del COD a su velocidad máxima. Adicionalmente, el aumento delta T es de solo 85 °C, lo que minimizará el consumo de energía en comparación con una regeneración activa que tendrá una T delta tan alta como 350 °C.

Para la condición de carga del 10 % en este grupo electrógeno con un flujo de 81,6 kg/min, requerirá 121 kW de energía para calentar el escape y tendrá una elevación de T delta de 85 °C. Necesitará 450 kW para calentar el escape hasta 550 °C en una condición de carga del 25 % con un flujo de 137,3 kg/min.

Para la condición de muesca 1 en un motor de locomotora GE con un flujo de 54,8 kg/min, requerirá 73 kW de energía para calentar el escape y tendrá un aumento de temperatura (delta) de 76 °C hasta 355 °C. Necesitará 315 kW para calentar el escape hasta 607 °C en la misma condición de muesca 1.

Con la extensa regeneración pasiva, la acumulación de hollín y MP en el FPD 16, así como la contrapresión del FPD, se reducen. Como resultado, los periodos y frecuencias de regeneración activa pueden reducirse significativamente, mejorando así la durabilidad del FPD caro. La estrategia de calentamiento eléctrico de la presente divulgación puede reemplazar la regeneración activa basada en inyección de combustible.

Con referencia a la figura 6, el módulo 20 de calentamiento de la presente divulgación se aplica a todos los motores diésel que pueden generar electricidad mientras están en funcionamiento, preferentemente a aquellos motores diésel que no son EGR que tienen altos NOx de salida del motor en ciclos de trabajo más bajos. Como se muestra, el módulo 20 de calentamiento puede aplicarse a un sistema de escape catalizado con FPD únicamente, así como un sistema 50 de tratamiento posterior de gases de escape que incluye COD 52 y FPD 54 sin RCS.

El módulo 20 de calentamiento de la presente divulgación tiene al menos los siguientes beneficios:

1. Utilizar la capacidad de generación de electricidad disponible cuando no se necesita para otras funciones en un generador diésel o un motor marino o una locomotora con baja carga para ayudar a regenerar pasivamente el FPD como parte del sistema de control de emisiones del motor.
2. Reducir la frecuencia de la regeneración activa basada en la inyección de combustible diésel y por lo tanto mejorar la economía de combustible del funcionamiento del motor.
3. Reducción de la carga de hollín funcional del FPD a través de la regeneración pasiva asistida por calentamiento para minimizar la contrapresión funcional general.
4. Reducir los riesgos de agrietamiento del FPD causado por las regeneraciones fuera de control sobrecargadas de hollín a través de la regeneración pasiva asistida por calentamiento.
5. Mejora del rendimiento del sistema de tratamiento posterior del escape al proporcionar temperaturas de escape más uniformes a través de la cara de entrada del sistema.

Adicionalmente, la presente divulgación puede incluir procedimientos de calentamiento de porciones del flujo de gas en una materia más indirecta. Por ejemplo, el sistema podría detectar porciones más frías dentro de la sección transversal del flujo de gas y proporcionar calor donde sea necesario para proporcionar una distribución de temperatura más uniforme y compensar las pérdidas de calor. Además, para sistemas que requieren más electricidad de la que está disponible para regenerar la sección transversal completa de la corriente de gas, el sistema puede regenerarse en ciertas secciones o zonas en diferentes momentos. Estas formas alternativas de la presente divulgación también tendrían un tipo de calentador correspondiente que soporta el calentamiento de la zona en la sección transversal del flujo de gas, tales como, a modo de ejemplo, calentadores de capas o calentadores de calor modulares, como los que se desvelan en la solicitud pendiente de EE.UU. número de serie 11/238.747 titulada "Modular Layered Heater System" y en la Patente de EE.UU. N.º 7.626.146 titulada "Sistemas de calefacción modular", ambos de los cuales están transferidos legalmente con la presente solicitud.

Las enseñanzas generales de la divulgación se pueden implementar en una diversidad de formas. Por lo tanto, si bien esta divulgación incluye ejemplos particulares, el verdadero ámbito de la divulgación no debe ser tan limitado ya que las modificaciones se harán evidentes a partir de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de calentamiento de un gas de escape en un sistema de post-tratamiento del escape que incluye un filtro de partículas diésel (FPD) catalizado o en un sistema de post-tratamiento del escape (18) que incluye un catalizador de oxidación diésel (COD) (22) y un filtro de partículas diésel (FPD) (24), comprendiendo el procedimiento:
- 5 seleccionar un modo de calentamiento entre una pluralidad de modos de calentamiento a base de una carga del motor y un estado del FPD (24); y
calentar los gases de escape haciendo funcionar un calentador eléctrico (28) en el modo de calentamiento seleccionado;
- 10 **caracterizado porque** la pluralidad de modos de calentamiento incluye un modo de calentamiento de regeneración pasiva y un modo de calentamiento de regeneración activa y **caracterizado por** una etapa de hacer funcionar el calentador (28) eléctrico en el modo de calentamiento de regeneración pasiva para calentar un gas de escape a una temperatura predeterminada para aumentar la generación de NO₂ a partir del FPD catalizado o el COD (22) cuando el FPD (24) no se regenera activamente, y una etapa de hacer funcionar el calentador eléctrico (28) en el modo de calentamiento de regeneración activa para proporcionar calentamiento diferencial cuando el FPD (24) se regenera activamente.
- 15
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de hacer funcionar el calentador (28) eléctrico comprende además: generar electricidad con un generador (14) a bajas cargas de motor y utilizar la electricidad generada para hacer funcionar el calentador (28) eléctrico.
- 20
3. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de post-tratamiento del escape incluye el catalizador de oxidación diésel (COD) (22) separado del FPD.
4. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además hacer funcionar el calentador (28) eléctrico para generar más calor próximo a una periferia del calentador (28) y menos calor próximo al centro del conducto (32) de escape para reducir un gradiente de temperatura de escape a través de un conducto (32) de escape.
- 25
5. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además proporcionar más calor próximo a una pared de un conducto (32) de escape y menos calor próximo al centro del conducto (32) de escape para reducir un gradiente de temperatura de escape a través de un conducto (32) de escape.
6. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de hacer funcionar el calentador (28) eléctrico en el modo de calentamiento de regeneración activa no incluye inyectar combustible en el gas de escape.
- 30
7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la temperatura predeterminada es una función de las propiedades del COD (22).
8. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura predeterminada está en un intervalo de 300 a 460 °C, preferentemente en el intervalo de 320 a 380 °C.
- 35
9. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de seleccionar el modo de calentamiento comprende además:
- medir una temperatura de escape de los gases de escape; y
determinar un aumento de temperatura deseado por encima de la temperatura de escape para la pluralidad de modos de calentamiento.
- 40
10. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de seleccionar el modo de calentamiento comprende además hacer funcionar el calentador (28) eléctrico en uno de la pluralidad de modos de calentamiento a base de una función del aumento de temperatura, la carga del motor y el estado del FPD (24).
- 45
11. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además apagar el calentador (28) eléctrico cuando la carga del motor es mayor que aproximadamente el 25 %.
12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el generador (14) está conducido por un motor (12) que genera el gas de escape que fluye a través del sistema de post-tratamiento del escape.

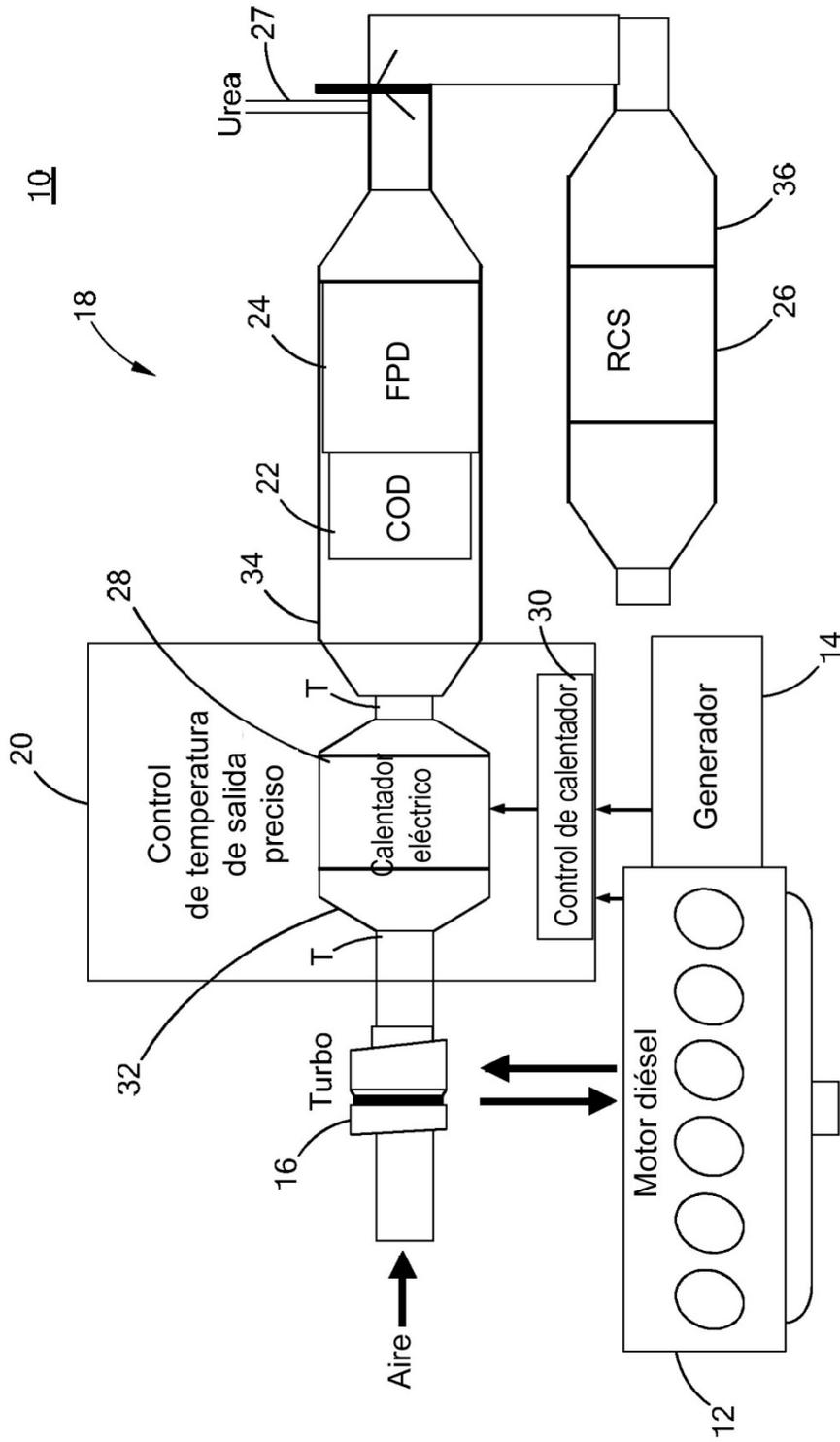


FIG. 1

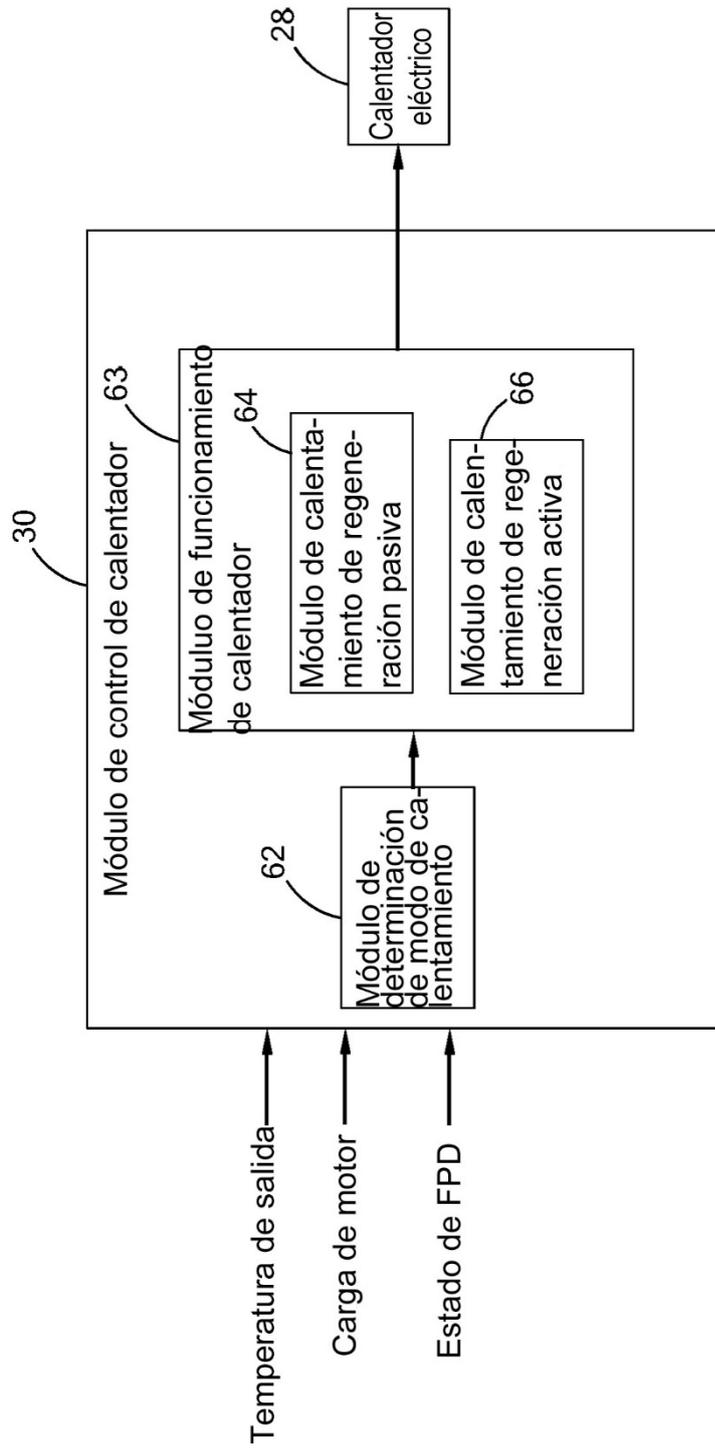
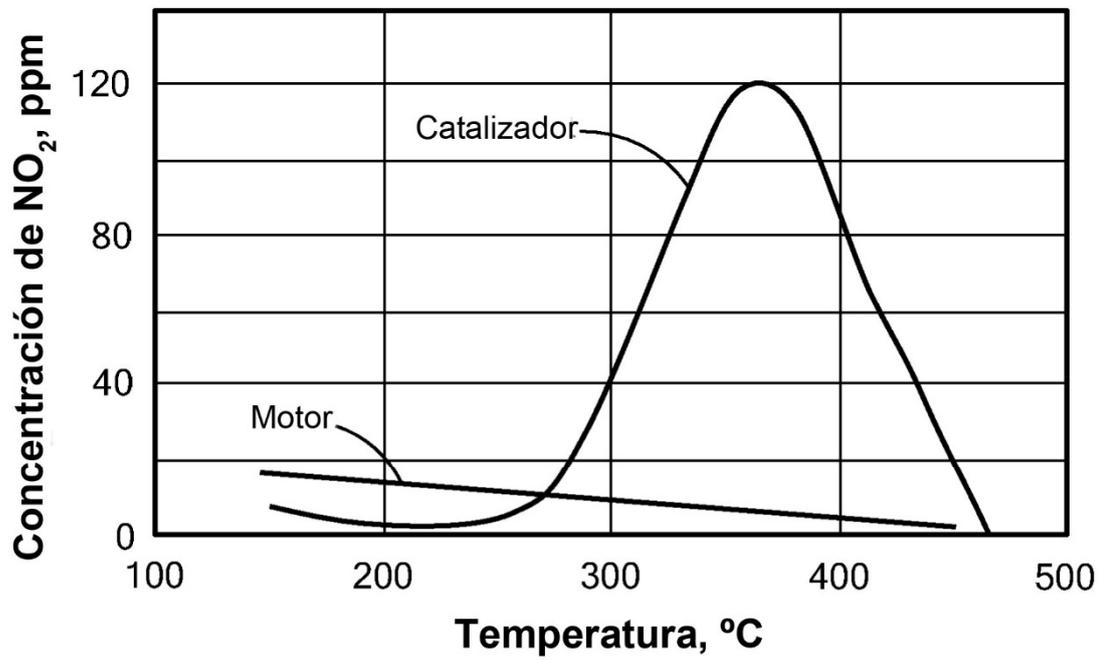


FIG. 2



Concentración de NO₂ con catalizador de oxidación diésel

FIG. 3

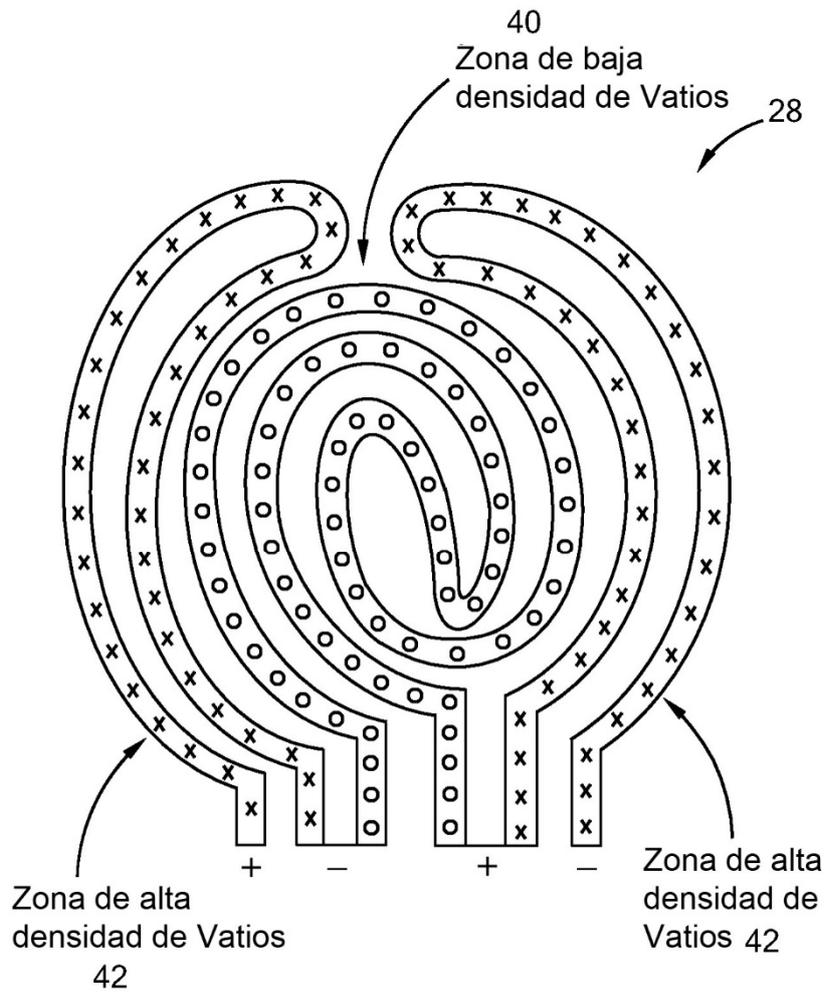


FIG. 4

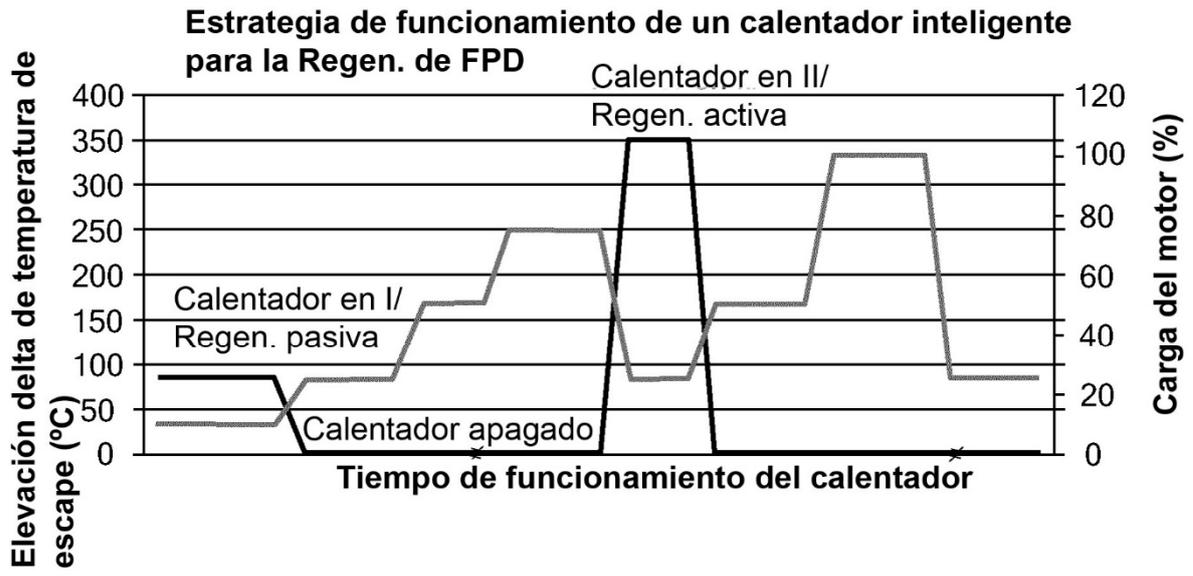


FIG. 5

Modelo de motor		QST30-G5
HP de motor de reserva clasificado		1,490
kWe de reserva de grupo electrógeno clasificado		1000
Límites NTE de Nivel 4i	NOx*	0,5
	HC*	0,3
	CO*	2,6
	MP*(1)	0,07
Límites NTE de Nivel 4	NOx*	0,5
	HC*	0,14
	CO*	2,6
	MP*(1)	0,02
Carga del 10 %	Flujo (cfm)	1925
	Temp (F)	455
	NOx*	6,8
	HC*	0,34
	CO*	2,3
	MP*(1)	0,18
Carga del 25 %	Flujo (cfm)	2745
	Temp (F)	620
	NOx*	5,14
	HC*	0,13
	CO*	0,66
	MP*(1)	0,19
Carga del 50 %	Flujo (cfm)	4595
	Temp (F)	760
	NOx*	3,88
	HC*	0,11
	CO*	0,37
	MP*(1)	0,15
Carga del 75 %	Flujo (cfm)	6445
	Temp (F)	815
	NOx*	3,97
	HC*	0,09
	CO*	0,47
	MP*(1)	0,12
Carga del 100 %	Flujo (cfm)	7660
	Temp (F)	895
	NOx*	4,16
	HC*	0,07
	CO*	0,68
	MP*(1)	0,11

FIG. 6

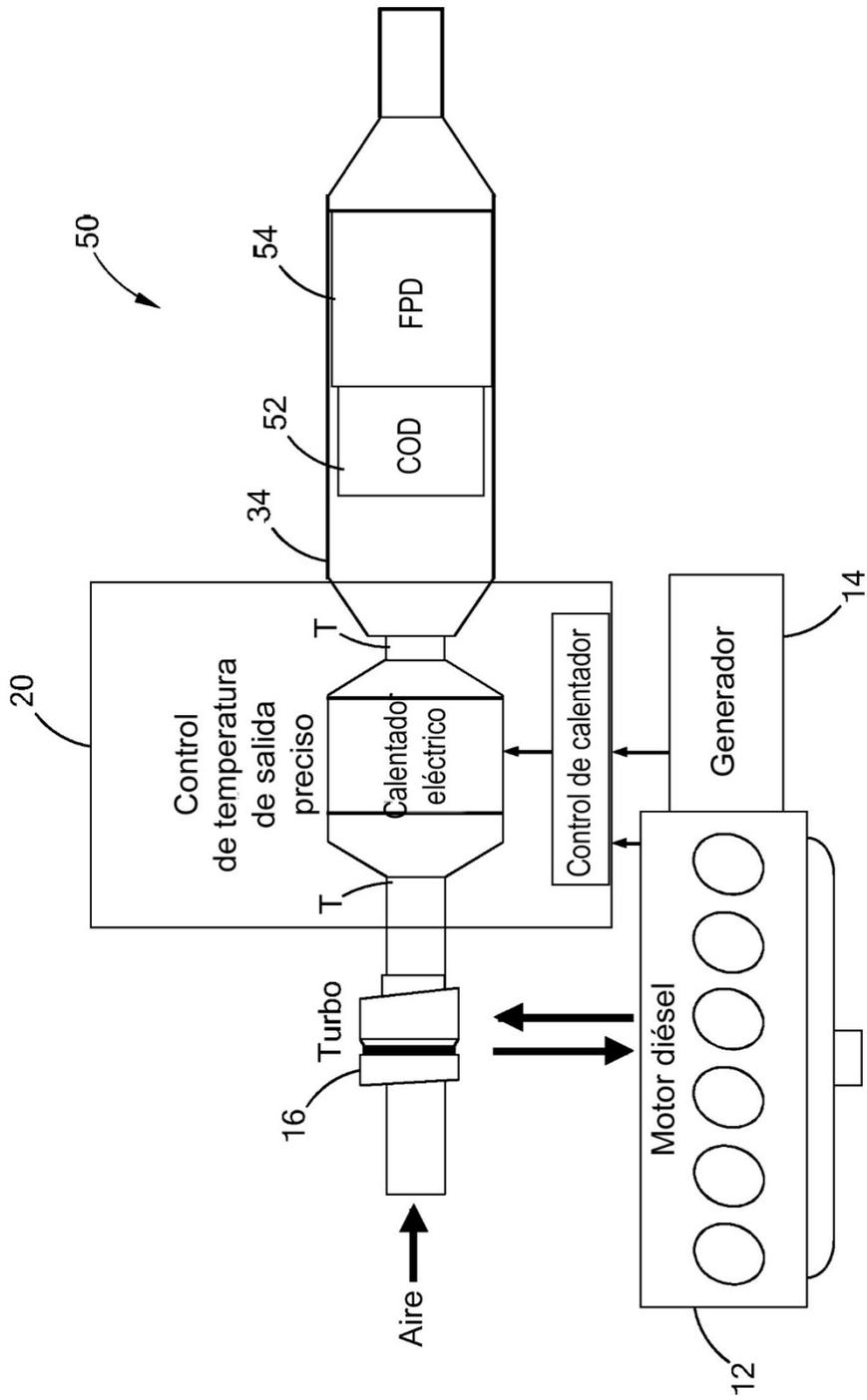


FIG. 7