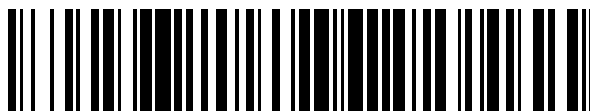


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 605**

51 Int. Cl.:

F01N 9/00 (2006.01)

F01N 3/027 (2006.01)

F01N 3/20 (2006.01)

F01N 3/035 (2006.01)

F01N 13/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.02.2013 PCT/US2013/027142**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.08.2013 WO13126575**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2013 E 13714727 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017 EP 2834488**

54 Título: **Regeneración activa y pasiva asistida por calentamiento eléctrico para controles de emisión eficaces de motores diésel**

30 Prioridad:

22.02.2012 US 201261601923 P

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

23.10.2017

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
JULIAN, TAN**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 638 605 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

Regeneración activa y pasiva asistida por calentamiento eléctrico para controles de emisión eficaces de motores diésel

5

Campo técnico

La presente divulgación se refiere a sistemas de tratamiento posterior de gases de escape para motores diésel, y más particularmente al calentamiento eléctrico y control para proporcionar un calentamiento asistido en los sistemas de tratamiento posterior de gases de escape.

10

Antecedentes de la técnica

La descripción de antecedentes proporcionada en la presente memoria se realiza con el fin de presentar de manera general el contexto de la divulgación y puede no constituir técnica anterior.

15

Se han utilizado motores diésel en una variedad de aplicaciones tales como locomotoras, marinas y generadores de motor. La U.S. Environmental Protection Agency (EPA) y la California Air Resources Board (CARB), así como otros organismos regulatorios en todo el mundo, imponen estrictas limitaciones con respecto al contenido de las emisiones procedentes de motores diésel, tales como material en partículas (PM), hidrocarburos (HC) y NOx. Por lo tanto, se han utilizado sistemas de tratamiento posterior de gases de escape y generalmente incluyen un catalizador de oxidación diésel (DOC), un filtro de partículas diésel (DPF) y una SCR (reducción catalítica selectiva de NOx) para tratar los gases de escape y controlar las emisiones a la atmósfera o al entorno exterior.

20

En el DOC y SCR se producen diversas reacciones químicas para convertir óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no quemados (HC) dañinos en N₂, CO₂ y agua. El DPF está diseñado para eliminar material en partículas (PM) diésel de los gases de escape. Normalmente, estas reacciones químicas tendrían lugar a altas temperaturas. Con la utilización de catalizadores, las reacciones químicas pueden producirse a temperaturas mucho más bajas. Sin embargo, debe seguir suministrándose energía suficiente en forma de calor a los catalizadores para acelerar las reacciones químicas. Por tanto, el rendimiento del sistema de tratamiento posterior de gases de escape depende en gran medida de la temperatura de los gases de escape, que transportan la energía y calor deseados a los catalizadores. Sin embargo, la temperatura normal de los gases de escape no siempre cumple los requisitos para las reacciones químicas deseadas. Cuando la temperatura de los gases de escape normal es más baja que la temperatura objetivo, el sistema de tratamiento posterior de gases de escape no puede tratar de manera efectiva los gases de escape, dando como resultado unas emisiones más altas al entorno exterior.

25

30

35

Un procedimiento para aumentar la temperatura de gases de escape es mediante inyección de hidrocarburos aguas arriba de un DOC o bien en el tubo de escape o bien 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 se inyecta la inyección de combustible en los gases de escape, se reduce significativamente la generación de NO₂ en el DOC. El NO₂ es un reactivo eficaz para la regeneración pasiva de DPF en un intervalo de temperatura mucho más bajo. Por tanto, la generación de NO₂ reducida afecta de manera adversa a la regeneración pasiva del DPF.

40

45

A partir del documento US2011030554 se conoce un calentador eléctrico y un procedimiento para filtros de partículas calentados eléctricamente. A partir del documento US2011000194 se conoce un sistema de reducción catalítica selectiva que utiliza un catalizador calentado eléctricamente. El documento US2010326403 da a conocer una regeneración de filtro de partículas calentado eléctricamente durante una operación de arranque/apagado de un motor.

50

Sumario

En una forma, se proporciona un módulo de control de calentador según la reivindicación 1.

55

En otra forma, se proporciona un procedimiento según la reivindicación 8.

El aumento de generación de NO₂ facilita la regeneración pasiva del DPF. El gradiente de temperatura de los gases de escape se reduce proporcionando más calor en las proximidades de una pared de un conducto de escape y menos calor en las proximidades de un centro del conducto de escape. La eficacia de la regeneración activa del DPF puede requerir calor para que pueda aumentarse la regeneración activa de DPF debido a un quemado más eficaz de PM en los canales periféricos del DPF.

60

Breve descripción de los dibujos

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

la figura 1 es una vista esquemática de un sistema de motor que incluye un módulo de calentamiento construido según las enseñanzas de la presente divulgación;

la figura 2 es una vista esquemática de un módulo de calentamiento construido según las enseñanzas de la presente divulgación;

la figura 3 es una gráfica que representa la relación entre la concentración de NO₂ y la temperatura de catalizador;

la figura 4 es una vista esquemática de un calentador eléctrico;

la figura 5 es una gráfica que representa una estrategia de calentamiento para hacer funcionar el calentador eléctrico;

la figura 6 es una tabla que representa las propiedades de los gases de escape a diferentes cargas de motor; y

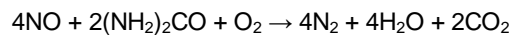
la figura 7 es una vista esquemática de otra forma de un sistema de motor que incluye un módulo de calentamiento construido según las enseñanzas de la presente divulgación.

Descripción detallada

La siguiente descripción presenta una naturaleza únicamente ejemplificativa y no se pretende de ningún modo que limite la presente invención, su aplicación o sus utilidades. También debe comprenderse que las etapas dentro de un procedimiento pueden ejecutarse en diferente orden sin alterar los principios de la invención.

Haciendo referencia a la figura 1, un sistema de motor 10 incluye generalmente un motor diésel 12, un generador 14, un turbocompresor 16 y un sistema de tratamiento posterior de gases de escape 18. El sistema de tratamiento posterior de gases de escape 18 está dispuesto aguas abajo de un turbocompresor 16 para tratar gases de escape procedentes del motor diésel 12 antes de que los gases de escape se liberen a la atmósfera. El sistema de tratamiento posterior de gases de escape 18 incluye un módulo de calentamiento 20, un DOC 22, DPF 24 y una SCR 26. El módulo de calentamiento 20 incluye un calentador eléctrico 28 dispuesto aguas arriba del DOC 22, y un módulo de control de calentador 30 para controlar el funcionamiento del calentador eléctrico 28. El sistema de tratamiento posterior de gases de escape 18 incluye un conducto de escape aguas arriba 32 que aloja el calentador eléctrico 28 en el interior del mismo, un conducto de escape intermedio 34 en el que se alojan el DOC 22 y el DPF 24, y un conducto de escape aguas abajo 36 en el que está dispuesta la SCR.

El DOC 22 está dispuesto aguas abajo del calentador eléctrico 28 y funciona como un catalizador para oxidar monóxido de carbono y cualquier hidrocarburo no quemado en los gases de escape. Además, el DOC 22 convierte óxido nítrico (NO) dañino en dióxido de nitrógeno (NO₂). El DPF 24 está dispuesto aguas abajo del DOC 22 para eliminar material en partículas (PM) diésel u hollín de los gases de escape. La SCR 26 está dispuesta aguas abajo del DPF 24 y, con la ayuda de un catalizador, convierte los óxidos de nitrógeno (NO_x) en nitrógeno (N₂) y agua. Un inyector 27 de disolución acuosa de urea está dispuesto aguas abajo del DPF 24 y aguas arriba de la SCR 26 para inyectar la disolución acuosa de urea en la corriente de los gases de escape. Cuando se utiliza la disolución acuosa de urea como agente reductor en la SCR 18, se reduce NO_x para proporcionar N₂, H₂O y CO₂ en la siguiente reacción:



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

La regeneración es el procedimiento de quemar y eliminar los materiales particulados acumulados del DPF 24. La regeneración puede producirse de manera pasiva o activa. La regeneración pasiva puede producirse en el funcionamiento normal del motor cuando la temperatura de los gases de escape es suficientemente alta. La regeneración activa puede producirse basándose en una condición de DPF monitorizada o basándose en una programación predeterminada introduciendo mucho calor al sistema de tratamiento posterior de gases de escape

10. La regeneración activa puede lograrse mediante una gestión de control de motor adecuada para aumentar la temperatura de los gases de escape mediante inyección de combustible tardía o inyección durante la carrera de expansión. La regeneración activa también puede lograrse mediante calentamiento asistido mediante un calentador eléctrico. La regeneración activa requiere mucho más calor que la regeneración pasiva y por tanto
 5 somete la estructura cerámica del DPF 24 al riesgo de agrietamiento y disminuye la vida útil del revestimiento del catalizador.

Haciendo referencia a la figura 2, el módulo de control de calentador 30 controla estratégicamente el funcionamiento del calentador eléctrico 28 basándose en una carga de motor y un estado del DPF 24 para
 10 proporcionar calentamiento asistido en la regeneración tanto pasiva como activa del DPF. El módulo de control de calentador 24 puede ser una parte de una unidad de control de motor (ECU) (no representada) o externo a la ECU. La ECU controla el funcionamiento del motor diésel 12, un sistema de inyección de combustible (no representado), entre otros y adquiere y almacena diversos parámetros relacionados con las condiciones de funcionamiento del motor, incluyendo de manera no limitativa, la temperatura de los gases de escape, la carga
 15 de motor diésel, las condiciones de flujo (flujo de aire y presión de aire, etc.). El módulo de control de calentador 30 recibe entradas procedentes de la ECU para determinar de manera apropiada cómo hacer funcionar el calentador eléctrico 28. El módulo de control también puede recibir información procedente de sistemas de control de tratamiento posterior independientes.

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

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

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

Haciendo referencia a la figura 3, la concentración de NO₂ en la salida del DOC 14 depende de la temperatura de los gases de escape. Para un catalizador DOC BASF, la concentración de NO₂ es relativamente alta cuando la
 55 temperatura de catalizador está en el intervalo de 300 a 460°C, particularmente en el intervalo de desde 320 hasta 380°C. Por tanto, la temperatura predeterminada se establece para encontrarse en un intervalo de 300 a 460°C, y preferentemente en el intervalo de desde 320 hasta 380°C. Cuando el calentador eléctrico 28 calienta los gases de escape hasta la temperatura predeterminada, se genera una cantidad óptima de NO₂ para facilitar la regeneración pasiva del DPF 24. Con la regeneración pasiva extensa de DPF, el material en partículas se acumula en el DPF a una velocidad inferior, reduciendo de este modo la frecuencia para la regeneración activa. Como resultado, se reduce la probabilidad de agrietamiento de cerámica de DPF y degradación de los catalizadores debido un calor elevado asociado con la regeneración activa (generalmente en el intervalo de 500 a 650°C).

Haciendo referencia de nuevo a la figura 2, cuando el DPF 24 se regenera de manera activa, el modo de
 65 calentamiento deseado es el modo de calentamiento de regeneración activa. El módulo de calentamiento de

ES 2 638 605 T3

regeneración activa 66 controla el calentador eléctrico 28 para proporcionar calentamiento diferencial a los gases de escape. El calentador eléctrico 22 genera más calor a lo largo de la periferia del calentador eléctrico y menos calor en el centro del conducto de escape.

5 Generalmente, el conducto de escape presenta una temperatura relativamente más alta a lo largo del eje central del conducto y una temperatura relativamente más baja en las proximidades de la pared de conducto. Para garantizar una regeneración activa eficaz a través del DPF 24, los gases de escape en las proximidades de la pared del conducto de escape también necesitan calentarse hasta la temperatura de regeneración activa deseada. Debido al gradiente de temperatura a través de la sección transversal del conducto de escape, los gases de escape en las proximidades del centro del conducto de escape se sobrecalientan de manera innecesaria, sometiendo la parte central del DPF 24 a más calor y a un mayor riesgo de agrietamiento. Al hacer funcionar el calentador eléctrico 28 para reducir el gradiente de temperatura, se requiere menos calor para calentar los gases de escape hasta la temperatura de regeneración activa deseada. Por tanto, se reducen la probabilidad de sobrecalentamiento en el centro del DPF y los problemas relacionados.

10
15 Haciendo referencia a la figura 4, se muestra una realización ejemplificativa del calentador eléctrico 28 que presenta una zona de densidad de potencia baja 40 en las proximidades del centro y una zona de densidad de potencia alta 42 a lo largo de la periferia del calentador eléctrico 28. El calentador eléctrico 28 puede proporcionar calentamiento diferencial a través del conducto de escape.

20 El calentador eléctrico 28 se alimenta mediante el generador 32. El generador 32 acciona el motor diésel 30 durante el arranque del motor. Después de que el motor diésel 30 comience a funcionar por su cuenta, el generador 30 se acciona mediante el motor diésel 30 para generar electricidad para alimentar otros dispositivos eléctricos o electrónicos. La estrategia de calentamiento permite la utilización de capacidad de generación de electricidad disponible cuando no se requiere alimentar los demás sistemas electrónicos y eléctricos durante la operación de carga de motor baja.

25 Haciendo referencia a la figura 5, el módulo de determinación de modo de calentamiento 32 incluye una estrategia de calentamiento que especifica las correlaciones entre los modos de calentamiento, el aumento de temperatura de los gases de escape, las cargas de motor. Tal como se muestra en el diagrama a título de ejemplo, cuando la carga de motor es baja y la contrapresión del DPF está en el intervalo de media a alta, el aumento de temperatura de los gases de escape objetivo (delta) será bajo y el calentador eléctrico 28 se hace funcionar en el modo de regeneración pasiva. Por ejemplo, el calentador eléctrico 22 está en el modo de calentamiento de regeneración pasiva cuando el motor diésel 30 está funcionando próximo a condiciones de carga baja tales como a una carga del 10%. El calentador eléctrico 22 requiere menos potencia eléctrica del generador 32 porque el aumento de temperatura deseado (delta) es menor que el de la regeneración activa y porque se generan menos gases de escape procedentes del motor diésel 30 debido a la carga de motor baja.

30 A medida que la carga de motor continúa aumentando, por ejemplo, del 10% al 25%, al 50%, al 75%, el calentador eléctrico 22 se apaga. La regeneración activa de DPF puede iniciarse cuando la carga de motor es baja o según una programación predeterminada para beneficiarse del calentamiento de un flujo de masa de gases de escape más bajo. Cuando el DPF se regenera de manera activa, por ejemplo, a una carga de 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 de motor comienza a aumentar, el calentador eléctrico 28 se apaga.

35 Haciendo referencia a la figura 6, la tabla ilustra el contenido de gases de escape para diferentes condiciones de carga. Tal como se muestra, cuando el motor diésel se hace funcionar en la condición de carga al 10%, los gases de escape muestran el flujo de gases de escape más bajo (1925 cfm) y el NOx específico disponible más alto (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 los gases de escape aumenta desde 235° C (455° F) hasta una temperatura que está comprendida en el intervalo de temperatura adecuado de generación de NO₂ del DOC de 320 a 380°C, el DOC aguas abajo del calentador generará una cantidad máxima de NO₂ debido a una mayor cantidad de NOx disponible en esta condición de motor de carga. El NO₂ oxida de manera pasiva el DPF cargado de material en partículas aguas abajo del DOC a su velocidad máxima. Adicionalmente, el aumento delta T es de tan sólo 85°C lo que minimizará el consumo de energía en comparación con una regeneración activa que presentará un delta T de hasta 350°C.

40 Para la condición de carga al 10% en este grupo electrógeno con un flujo de 81,6 kg/min, se requerirá una entrada de energía de 121 KW para calentar los gases de escape y presentará un aumento delta T de 85°C. Se necesitarán 450 KW para calentar los gases de escape hasta 550°C a la condición de carga al 25% con un flujo de 137,3 kg/min.

45 Para la condición de muesca 1 en un motor de locomotora GE con un flujo de 54,8 kg/min, se requerirá una entrada de energía de 73 KW para calentar los gases de escape y presentará un aumento de temperatura (delta)

de desde 76°C hasta 355°C. Se necesitarán 315 KW para calentar los gases de escape hasta 607°C en la misma condición de muesca 1.

5 Con la regeneración pasiva extensa, se reducen la acumulación del hollín y PM en el DPF 16, así como la contrapresión del DPF. Como resultado, pueden reducirse significativamente los periodos y frecuencias de regeneración activa, potenciando de este modo la durabilidad del costoso DPF. La estrategia de calentamiento eléctrico de la presente divulgación puede sustituir a la regeneración activa basada en inyección de combustible.

10 Haciendo referencia a la figura 6, el módulo de calentamiento 20 de la presente divulgación se aplica a todos los motores diésel que pueden generar electricidad durante el funcionamiento, preferentemente a los motores diésel sin EGR que presentan una alta salida de NOx del motor en ciclos de trabajo más bajos. Tal como se muestra, el módulo de calentamiento 20 puede aplicarse a un sistema de escape de solamente DPF catalizado, así como a un sistema de tratamiento posterior de gases de escape 50 que incluye DOC 52 y DPF 54 sin SCR.

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

20 1. Utilizar la capacidad de generación de electricidad disponible cuando no se necesita para otras operaciones en un generador diésel o un motor marino o una locomotora a carga baja para ayudar a regenerar de manera pasiva el DPF como parte del sistema de control de emisiones del motor.

2. Reducir la frecuencia de la regeneración activa basa en inyección de combustible diésel y, por tanto, potenciar el ahorro de combustible del funcionamiento del motor.

25 3. Reducir la carga de hollín de funcionamiento de DPF mediante regeneración pasiva asistida por calentamiento para minimizar la contrapresión de funcionamiento global.

4. Reducir riesgos de agrietamiento de DPF provocados por regeneraciones de fuga con sobrecarga de hollín mediante regeneración pasiva asistida por calentamiento.

30 5. Mejorar el rendimiento del sistema de tratamiento posterior de gases de escape proporcionando temperaturas de los gases de escape más uniformes a través de la cara de entrada del sistema.

35 Adicionalmente, la presente divulgación puede incluir procedimientos de calentamiento de partes del flujo de gas de manera más indirecta. Por ejemplo, el sistema puede detectar partes más frías dentro de la sección transversal del flujo de gas y proporcionar calor donde se necesite para proporcionar una distribución de temperatura más uniforme y compensar las pérdidas de calor. Además, para sistemas que requieren más electricidad de la disponible para regenerar toda la sección transversal de corriente de gas, el sistema puede regenerar en determinadas secciones o zonas en diferentes momentos. Estas formas alternativas de la presente divulgación también presentarán un tipo de calentador correspondiente que soporte el calentamiento de zonas a través de la sección transversal de flujo de gas, tal como, a título de ejemplo, calentadores en capas o calentadores de trazado de calor modulares tales como los dados a conocer en la solicitud estadounidense en tramitación con número de serie 11/238.747 titulada "Modular Layered Heater Sytem" y en la patente US n.º 7.626.146 titulada "Modular Heater Systems".

45 Las amplias enseñanzas de la divulgación pueden implementarse en una variedad de formas. Por tanto, aunque esta divulgación incluye ejemplos particulares, el verdadero alcance de la divulgación no debe limitarse a los mismos ya que resultarán evidentes modificaciones a partir de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Módulo de control de calentador (30) para controlar un calentador eléctrico (28) en un sistema de tratamiento posterior de gases de escape (18) que incluye un catalizador de oxidación diésel (DOC) (22) y un filtro de partículas diésel (DPF) (24), comprendiendo el módulo de control de calentador (30):
- 10 un módulo de determinación de modo de calentamiento (62) que está configurado para seleccionar un modo de calentamiento deseado de entre una pluralidad de modos de calentamiento basándose en una carga de motor y un estado del DPF (24); y
- 15 un módulo de funcionamiento de calentador (63) que está configurado para hacer funcionar el calentador eléctrico (28) basándose en el modo de calentamiento deseado,
- 20 caracterizado por que la pluralidad de modos de calentamiento incluye un modo de calentamiento de regeneración pasiva y un modo de calentamiento de regeneración activa, en el que el calentador eléctrico (28) se hace funcionar en el modo de calentamiento de regeneración pasiva para calentar el gas de escape hasta una temperatura predeterminada para aumentar la regeneración de NO₂ cuando el DPF (24) no se regenera de manera activa, y el calentador eléctrico (28) se hace funcionar en el modo de calentamiento de regeneración activa para proporcionar un calentamiento diferencial cuando el DPF (24) se regenera de manera activa.
- 25 2. Módulo de control de calentador (30) según la reivindicación 1, en el que el calentador eléctrico (28) se hace funcionar en el modo de calentamiento de regeneración activa para reducir un gradiente de temperatura a través de un conducto de escape (32).
- 30 3. Módulo de control de calentador (30) según la reivindicación 1 o 2, en el que el calentador eléctrico (28) se hace funcionar en el modo de calentamiento de regeneración pasiva cuando la carga de motor es baja.
- 35 4. Módulo de control de calentador (30) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la carga de motor es de aproximadamente 10%.
- 40 5. Módulo de control de calentador (30) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura predeterminada depende de las propiedades de los catalizadores en el DOC (22).
- 45 6. Módulo de control de calentador (30) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura predeterminada se encuentra en un intervalo de 300 a 460°C.
- 50 7. Módulo de control de calentador (30) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura predeterminada se encuentra en un intervalo de 320 a 380°C.
- 55 8. Procedimiento de calentamiento de un gas de escape en un sistema de tratamiento posterior de gases de escape (18) que incluye un catalizador de oxidación diésel (DOC) (22) y un filtro de partículas diésel (DPF) (24), caracterizado por que el procedimiento comprende:
- 60 calentar un gas de escape hasta una temperatura predeterminada cuando el DPF (24) no se regenera de manera activa; y
- 65 calentar el gas de escape para reducir un gradiente de temperatura de gases de escape cuando el DPF (24) se regenera de manera activa.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que la temperatura predeterminada depende de las propiedades del DOC (22).
10. Procedimiento según la reivindicación 8 o 9, que comprende además aumentar la concentración de NO₂ en una salida del DOC (22) cuando el DPF (24) no se regenera de manera activa.
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, en el que la temperatura predeterminada se encuentra en un intervalo de 300 a 460°C.
12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que la temperatura predeterminada se encuentra en un intervalo de 320 a 380°C.
13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que comprende además proporcionar más calor próximo a una pared de un conducto de escape (32) y menos calor próximo a un centro del conducto de escape (32) para reducir el gradiente de temperatura de gases de escape.

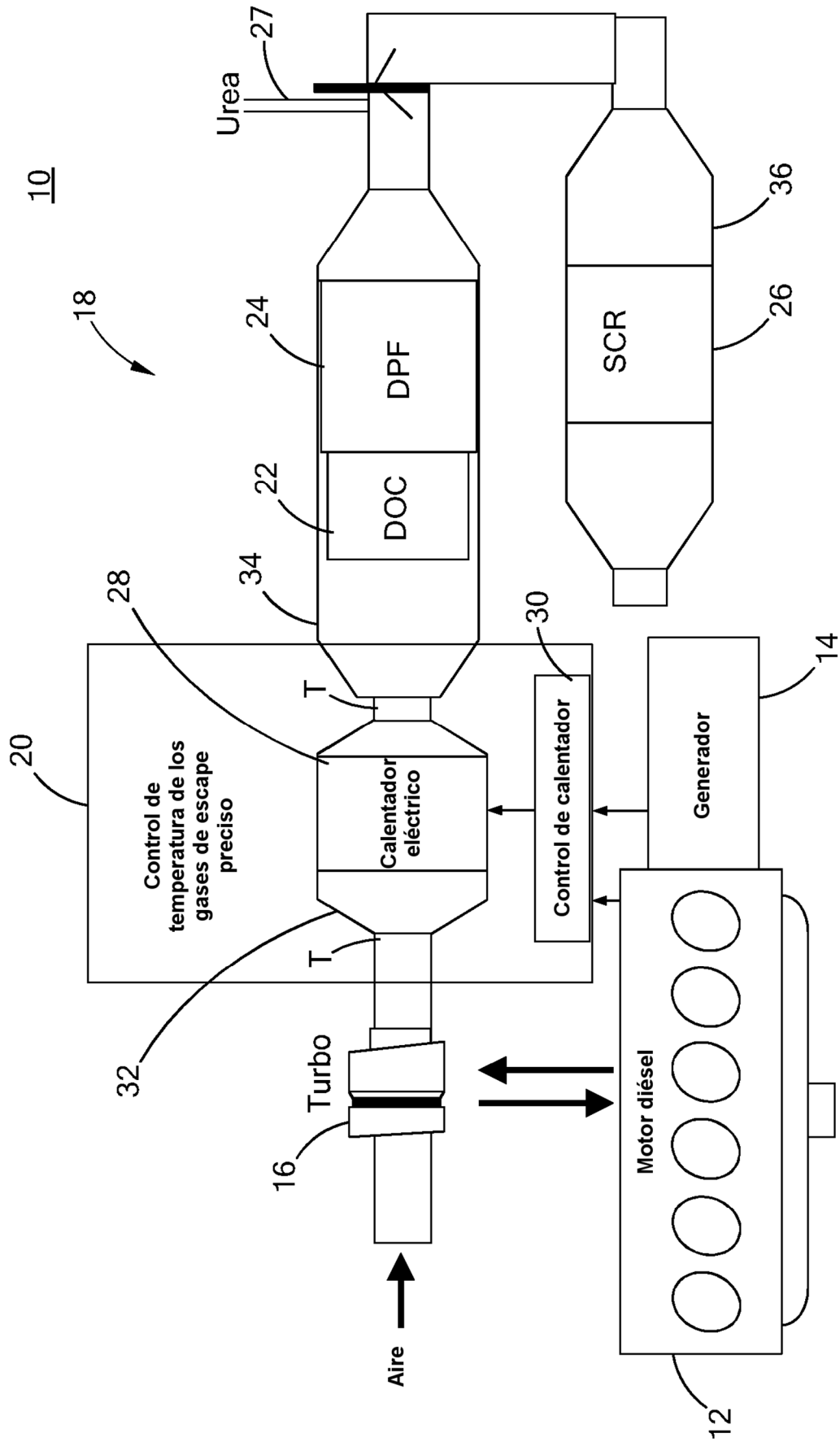


FIG. 1

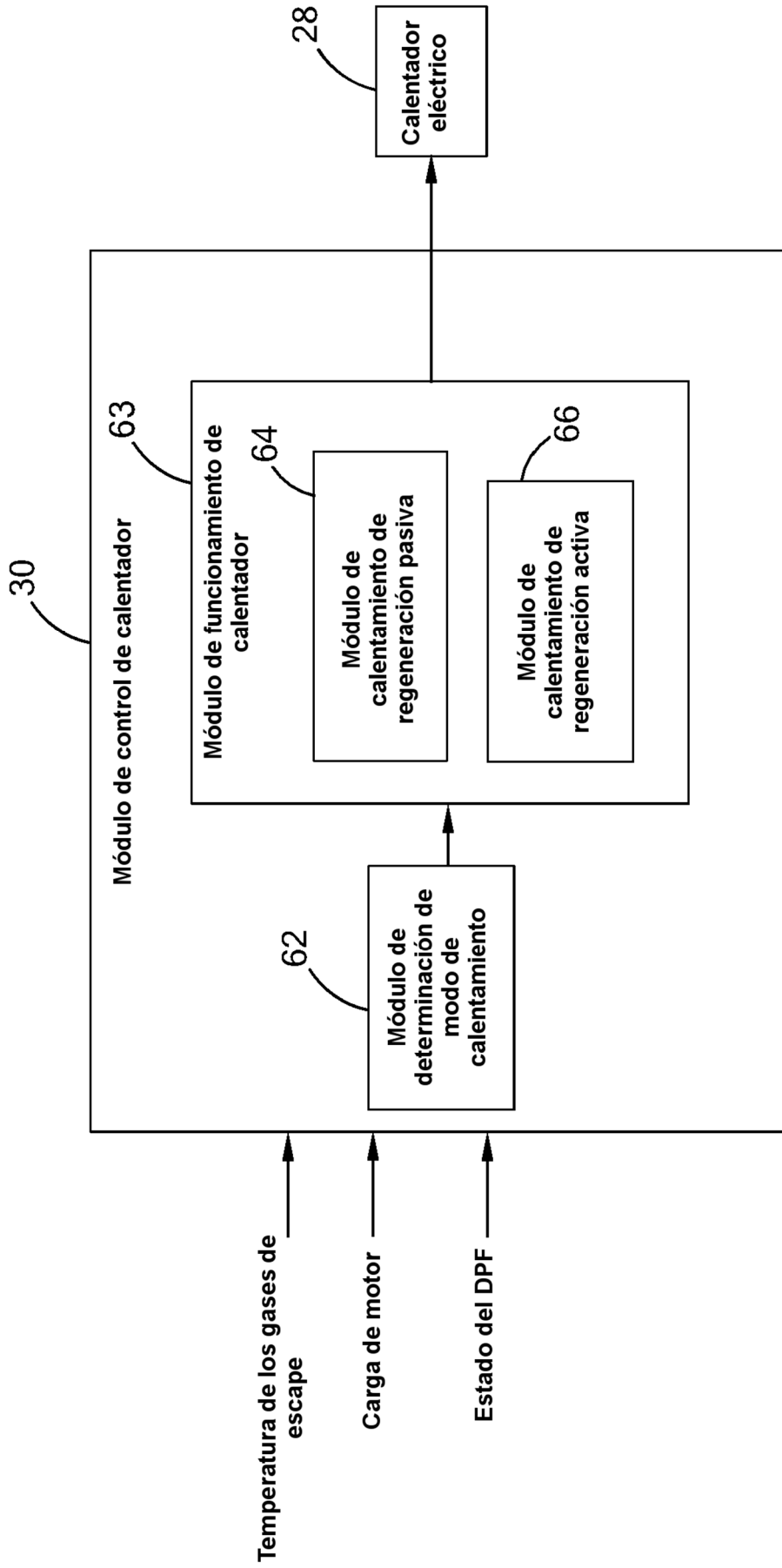
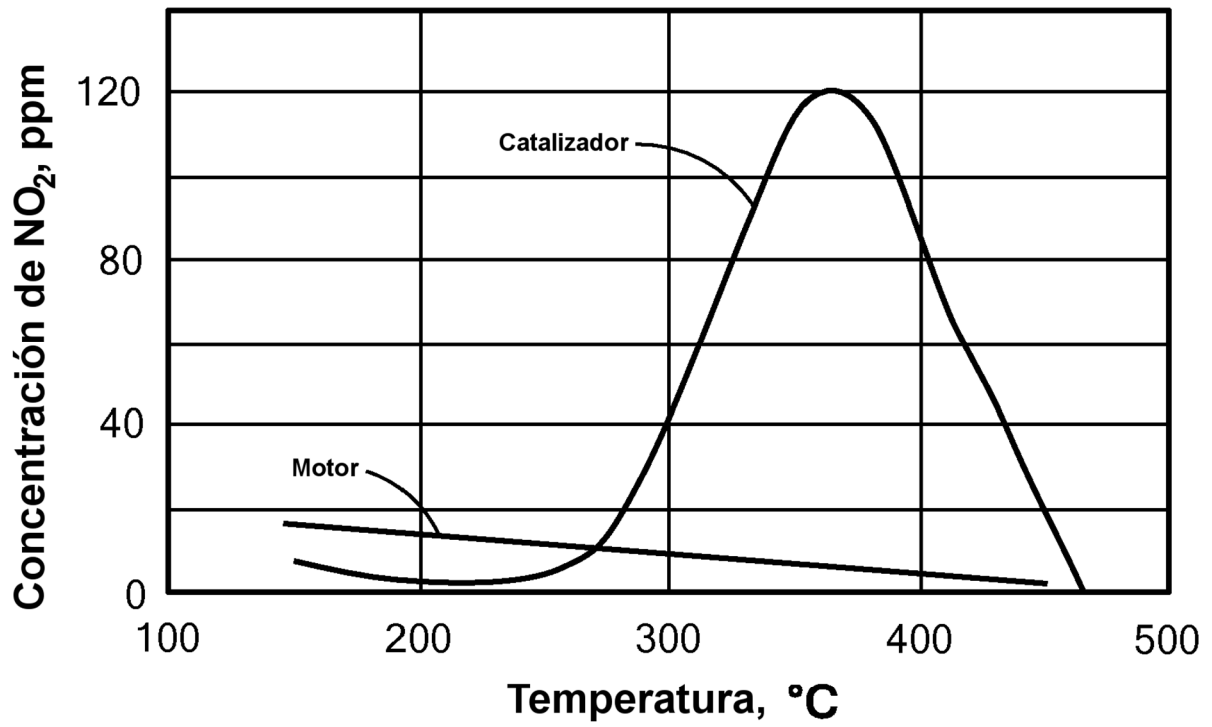


FIG. 2



Concentración de NO₂ con catalizador de oxidación diésel

FIG. 3

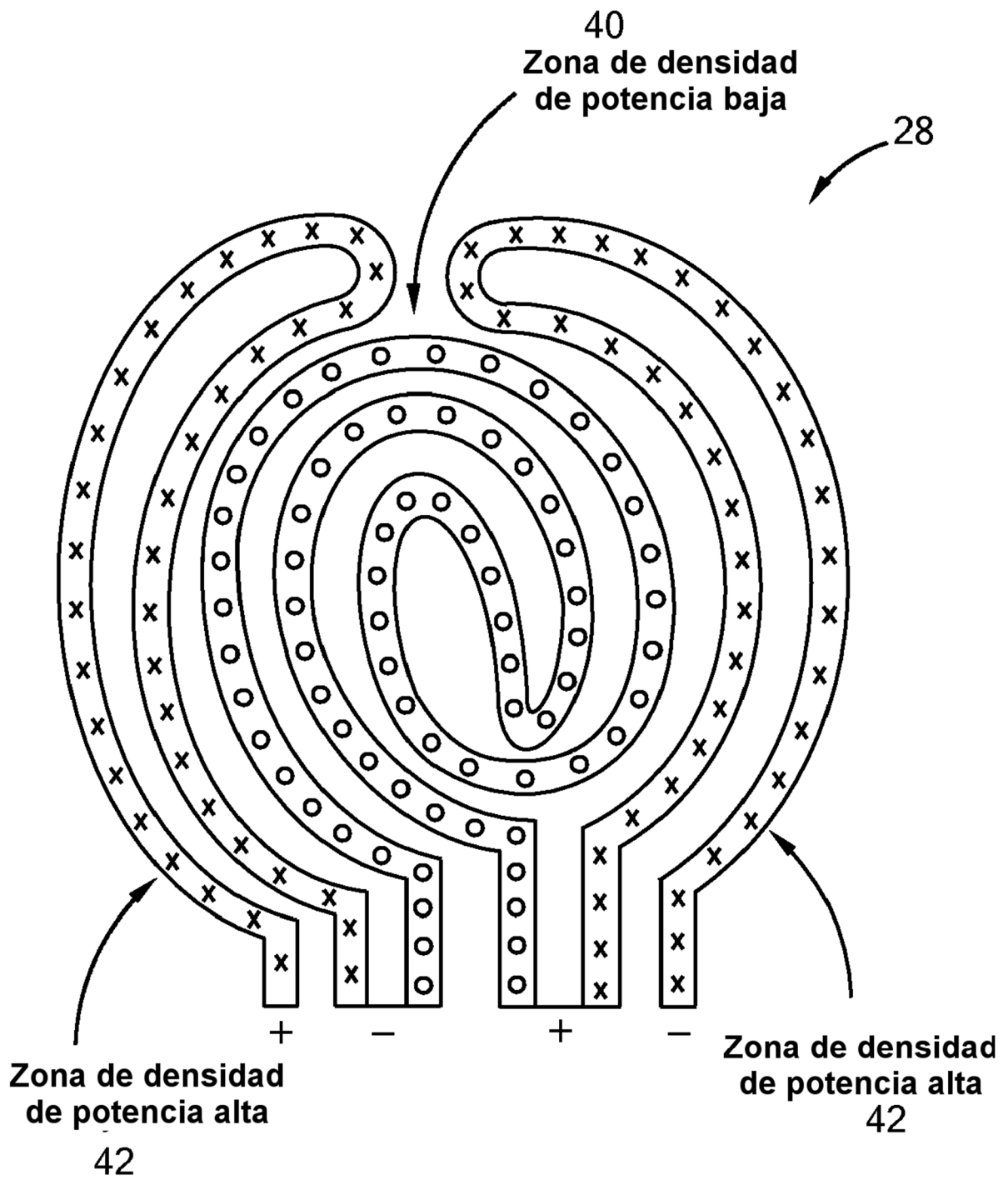


FIG. 4

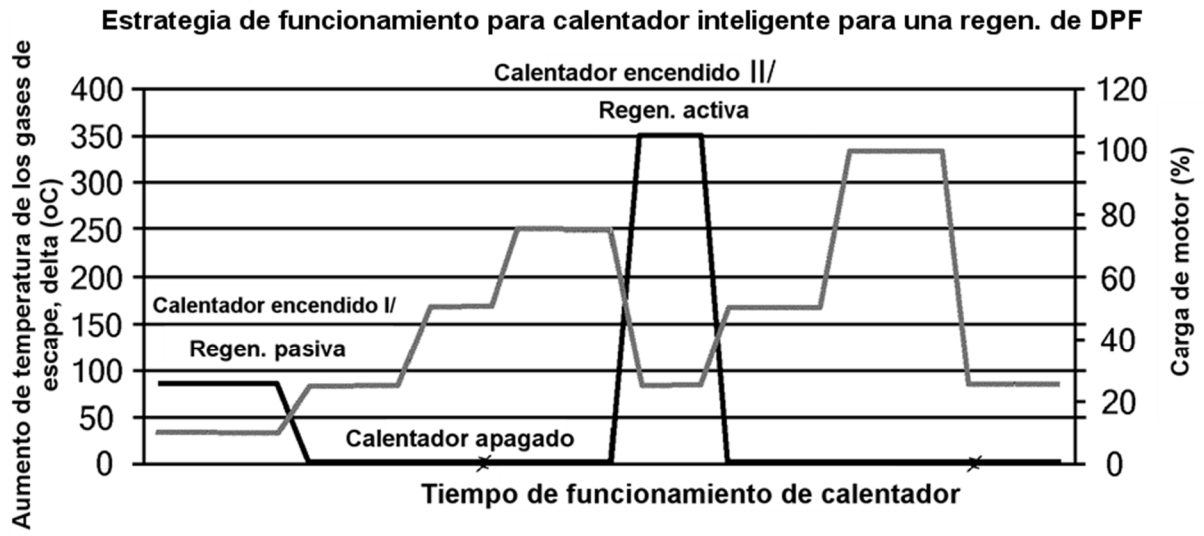


FIG. 5

Modelo de motor		QST30-G5
Potencia en espera del motor nominal (en caballos de vapor) HP		1,490
Potencia en espera del grupo electrógeno nominal (en kWe)		1000
Límites NTE de nivel 4i	NOx*	0.5
	HC*	0.3
	CO*	2.6
	PM*(1)	0.07
Límites NTE de nivel 4	NOx*	0.5
	HC*	0.14
	CO*	2.6
	PM*(1)	0.02
10% Carga	Flujo (cfm)	1925
	Temp (F)	455
	NOx*	6.8
	HC*	0.34
	CO*	2.3
25% Carga	Flujo (cfm)	2745
	Temp (F)	620
	NOx*	5.14
	HC*	0.13
	CO*	0.66
50% Carga	Flujo (cfm)	4595
	Temp (F)	760
	NOx*	3.88
	HC*	0.11
	CO*	0.37
75% Carga	Flujo (cfm)	6445
	Temp (F)	815
	NOx*	3.97
	HC*	0.09
	CO*	0.47
100% Carga	Flujo (cfm)	7660
	Temp (F)	895
	NOx*	4.16
	HC*	0.07
	CO*	0.68
	PM*(1)	0.11

FIG. 6

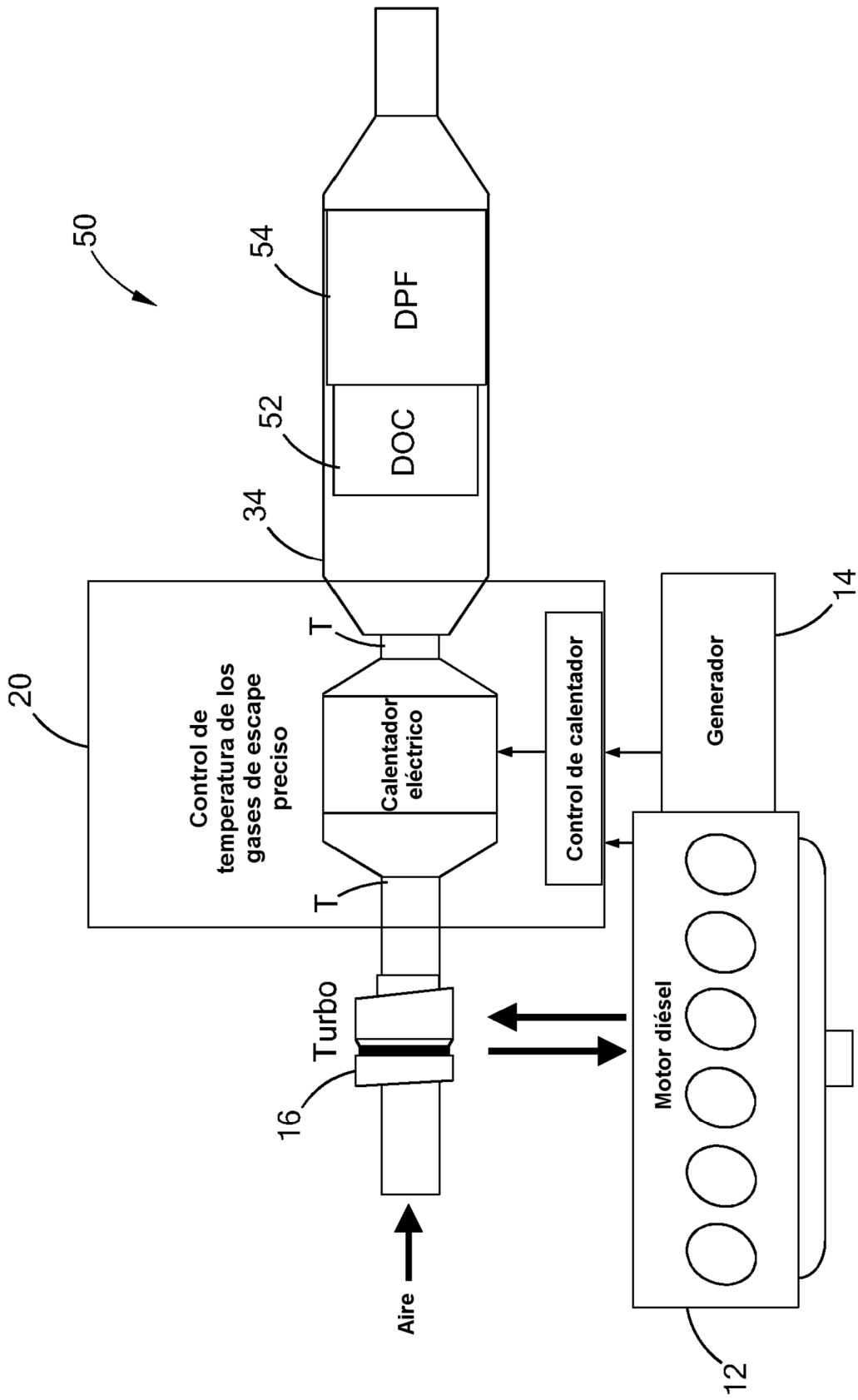


FIG. 7