

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 013**

51 Int. Cl.:

F01N 3/20 (2006.01)

F01N 3/035 (2006.01)

F02D 41/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08712737 .9**

96 Fecha de presentación: **21.02.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2126306**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.12.2009**

54 Título: **Método diagnóstico a bordo para un sistema de postratamiento de gases de escape y sistema diagnóstico a bordo para un sistema de postratamiento de gases de escape**

30 Prioridad:
21.02.2007 SE 0700438

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.08.2012

73 Titular/es:
**Volvo Lastvagnar AB
405 08 Göteborg , SE**

72 Inventor/es:
**TUOMIVAARA, Anders;
JANSSON, Jonas;
MEGAS, Lucas;
ANDERSSON, Lennart;
EDVARDSSON, Jonas y
KARLSSON, Carl-Johan**

74 Agente/Representante:
Isern Jara, Jorge

ES 2 386 013 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

Método diagnóstico a bordo para un sistema de postratamiento de gases de escape y sistema diagnóstico a bordo para un sistema de postratamiento de gases de escape

5

ÁMBITO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un método diagnóstico a bordo para un sistema de postratamiento de gases de escape y a un sistema diagnóstico a bordo para un sistema de postratamiento de gases de escape, conforme a los preámbulos de las reivindicaciones independientes.

10

ANTECEDENTES DE LA PRESENTE INVENCION

Las vigentes condiciones normativas del mercado automovilístico han aumentado las exigencias de ahorro de combustible y reducción de emisiones en los vehículos actuales. Estas normas tienen que armonizarse con las demandas de alto rendimiento y respuesta rápida del vehículo por parte del consumidor.

15

Un motor diesel tiene una eficiencia de hasta un 52%, aproximadamente, y por tanto es el mejor transformador de energía fósil. La concentración de emisiones de NO_x, es decir la emisión de óxidos de nitrógeno NO y NO₂, depende de la concentración local de oxígeno atómico y de la temperatura local. Sin embargo dicha eficiencia elevada solo es posible a una temperatura de combustión alta, a la cual no pueden evitarse grandes niveles de NO_x. Además, la supresión de la formación de NO_x por medios internos (relación aire/combustible) tiende a producir un incremento de partículas, conocido como la compensación de NO_x por partículas. Asimismo, un exceso de oxígeno en el gas de escape de un motor diesel impide el uso de la tecnología estequiométrica del catalizador de 3 vías para la reducción de NO_x, tal como se emplea en los coches de motor de gasolina desde finales de los años 80.

20

25

Tanto las partículas de carbono como el NO_x son emisiones típicas de los gases de escape de los motores diesel. Las exigencias de reducción de dichas emisiones suscitan y promueven diversas propuestas técnicas para rebajar las emisiones. En la patente europea EP 1 054 722 B1 se revela un sistema de postratamiento de gases de escape que combina un filtro particulado colector de carbonilla con catalizadores de reducción de óxidos de nitrógeno en el conducto de escape. Para eliminar carbonilla se genera NO₂ por oxidación de NO en un catalizador oxidativo. La carbonilla recogida en un filtro particulado es oxidada por el NO₂. Las cantidades residuales de NO y NO₂ en el gas de escape se reducen a nitrógeno gaseoso por catálisis reductora selectiva (catalizador RCS), inyectando amoníaco en el catalizador RCS.

30

35

Todos los catalizadores se degradan durante la operación por acumulación de venenos, por migración térmica del material catalítico, etc. Esta degradación afecta seriamente el funcionamiento de los sistemas de postratamiento. Por lo tanto es conveniente detectar la degradación de un catalizador en el sistema de postratamiento antes de que falle el funcionamiento de dicho sistema o que por causa de la degradación no puedan cumplirse los requisitos legales. Esto se lleva a cabo mediante el llamado DAB (diagnóstico a bordo).

40

RESUMEN DE LA PRESENTE INVENCION

La presente invención tiene por objeto mejorar el método de diagnóstico a bordo para un sistema de postratamiento de los gases de escape. Otro objeto de la presente invención es mejorar debidamente un sistema de postratamiento de los gases de escape.

45

Estos objetivos se alcanzan mediante las características de las reivindicaciones independientes. La descripción y las demás reivindicaciones revelan formas de ejecución ventajosas de la presente invención.

50

Para un sistema de postratamiento de los gases de escape de un motor se propone un método de diagnóstico a bordo que comprende una unidad filtrante de partículas diesel, incluyendo un filtro particulado (FPD) en el cual la carbonilla puede ser oxidada por el NO₂, y los componentes del gas de escape se desoxidan en un catalizador de reducción selectiva (RCS) instalado tras la unidad filtrante de partículas diesel, de modo que el gas de escape fluye desde el filtro de partículas diesel hacia el catalizador de reducción selectiva. Según la presente invención se estima un contenido de NO₂ en el flujo anterior a la unidad reductora de óxidos de nitrógeno; se mide al menos un contenido de NO_x o NO₂ antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno; se compara el contenido estimado con el medido y con el resultado de la comparación se decide sobre la conveniencia de efectuar una etapa de acondicionamiento de la unidad filtrante de partículas diesel.

55

60

El funcionamiento correcto de la unidad filtrante de partículas diesel se puede controlar de manera favorable y fiable a bordo de un vehículo provisto de dicho sistema de postratamiento, mejorando así la compatibilidad de los motores diesel con el medio ambiente. Esto es factible basándose en el nivel de NO₂ del gas de escape en determinados puntos y/o en la eficiencia de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno.

65

Preferiblemente, con el motor funcionando a carga elevada se pueden efectuar las siguientes etapas: medir el

- 5 contenido de NO₂ en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno y después de la unidad filtrante de partículas diesel; calcular el contenido de NO₂ en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno y después de la unidad filtrante de partículas diesel; medir un contenido de NO_x en el gas de escape después de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno; medir o calcular un contenido de NO_x en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno y después de la unidad filtrante de partículas diesel; comparar el contenido medido y esperado de NO₂ y con el resultado de la comparación decidir la conveniencia de efectuar una etapa de acondicionamiento de la unidad filtrante de partículas diesel.
- 10 La operatividad de la unidad filtrante de partículas diesel se puede determinar favorablemente con gran exactitud.
- 15 Preferiblemente, con el motor funcionando a carga baja se pueden efectuar las siguientes etapas: calcular el contenido de NO₂ en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno y después de la unidad filtrante de partículas diesel; medir o medir y calcular un contenido de NO_x en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno y después de la unidad filtrante de partículas diesel; medir el contenido de NO_x en el gas de escape después de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno; y deducir la eficiencia de la conversión de NO_x en la unidad reductora de óxidos de nitrógeno a partir del contenido de NO₂ calculado y del contenido de NO_x medido y calculado. La ventaja es que no hace falta un sensor real del NO₂, porque el contenido de NO₂ se puede calcular, y por tanto esta forma de ejecución requiere menos accesorios y resulta más económica. Si la eficiencia de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno es insuficiente, se puede activar un diagnóstico separado de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno y también del sistema de agente reductor (en caso de usar un catalizador RCS con inyección de un agente reductor. Esto se puede realizar después o antes de la regeneración de la unidad filtrante de partículas diesel.
- 20 Preferiblemente se puede llevar a cabo una etapa de acondicionamiento si la diferencia entre las conversiones de NO_x comparadas y/o entre los contenidos de NO₂ comparados es inferior a un valor prefijado.
- 25 En particular la conversión de NO_x o el contenido comparado de NO₂ en el gas de escape se puede obtener por determinación del contenido de NO₂ con un sensor real y/o virtual.
- 30 La conversión del NO_x en el gas de escape se puede obtener ventajosamente determinando la eficiencia de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno.
- 35 Otra ventaja de la presente invención es que se puede lograr un alto grado de regeneración pasiva y de oxidación de hidrocarburos en el sistema FPD y mantener una buena relación NO₂/NO para una gran conversión de NO_x en el sistema RCS, tanto en un sistema nuevo como en un sistema usado. La configuración preferida permite emplear ventajosamente un catalizador RCS más pequeño, con los consiguientes beneficios de coste, espacio y peso. La unidad filtrante de partículas diesel (UFPD) puede tener el catalizador de oxidación (COD) situado antes del filtro de partículas diesel (FPD). Alternativa o adicionalmente el FPD puede llevar un recubrimiento catalítico que oxida los componentes del gas de escape y que puede ayudar o sustituir al COD. Una ventaja de esta forma de ejecución es el ahorro adicional de espacio, coste y peso.
- 40 Preferiblemente se puede llevar a cabo una etapa de acondicionamiento si las diferencias entre las conversiones de NO_x comparadas y/o entre los contenidos de NO₂ comparados son inferiores a un valor prefijado.
- 45 La conversión de NO_x y/o el contenido de NO₂ se pueden obtener determinando el contenido de NO₂ en el gas de escape con un sensor real y/o virtual. Alternativa o adicionalmente, la conversión de NO_x se puede obtener de la eficiencia de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno, empleando un sensor real de NO₂.
- 50 Preferiblemente se puede llevar a cabo una primera etapa de acondicionamiento, calentando una fase de oxidación en el filtro de partículas diesel hasta al menos 350°C, preferiblemente a una temperatura entre 350°C y 450°C.
- 55 Se puede llevar a cabo favorablemente una segunda etapa de acondicionamiento, calentando una fase de oxidación en el filtro de partículas diesel hasta al menos 450°C, preferiblemente a una temperatura entre 450°C y 550°C.
- 60 Se lleva a cabo ventajosamente una tercera etapa de acondicionamiento, calentando una fase de oxidación en el filtro de partículas diesel hasta al menos 550°C, preferiblemente a una temperatura entre 550°C y 650°C.
- 65 En concreto la segunda etapa de acondicionamiento se puede realizar tras la primera etapa de acondicionamiento y la tercera etapa de acondicionamiento se puede realizar tras la segunda etapa de acondicionamiento. Después de cada etapa de acondicionamiento se decide si hay que realizar o no otra etapa de acondicionamiento. La carga térmica de la unidad filtrante de partículas se reduce favorablemente a las etapas y temperaturas de calentamiento estrictamente necesarias.
- Si todas las etapas de acondicionamiento han sido infructuosas, una vez efectuadas todas ellas sin éxito se puede poner una alarma.

Según otro aspecto de la presente invención se propone un sistema de postratamiento de los gases de escape de un motor que comprende una unidad filtrante de partículas diesel, incluyendo un filtro particulado en el cual la carbonilla puede ser oxidada por NO₂, y los componentes del gas de escape se desoxidan en una unidad reductora de óxidos de nitrógeno instalada tras la unidad filtrante de partículas diesel, de manera que el gas de escape fluye desde la unidad filtrante de partículas diesel hacia la unidad reductora de óxidos de nitrógeno; donde la operatividad de al menos la unidad filtrante de partículas diesel se puede determinar calculando el contenido de NO₂ en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno y después de la unidad filtrante de partículas diesel, midiendo o calculando un contenido de NO_x en el gas de escape antes de la unidad reductora de los óxidos de nitrógeno y después de la unidad filtrante de partículas diesel, midiendo el contenido de NO_x en el gas de escape después de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno, calculando el contenido de NO_x en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno y después de la unidad filtrante de partículas diesel, y obteniendo la conversión real y esperada de NO_x a partir del NO₂ calculado y del contenido de NO_x medido y calculado.

Preferiblemente se puede instalar un sensor de NO₂ antes del catalizador de reducción selectiva y después de la unidad filtrante de partículas diesel. Adicional o alternativamente el sensor de NO₂ se puede instalar después de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno. El sensor de NO₂ puede ser un sensor real instalado como accesorio o un sensor virtual implementado como programa informático que calcula el contenido de NO₂ basándose en parámetros operativos adecuados del motor y del sistema de postratamiento de los gases de escape.

Según otro aspecto de la presente invención se propone un programa de ordenador, almacenable en un medio informático legible, que comprende un código de programa utilizable en un método de diagnóstico a bordo, para un sistema de postratamiento de gases de escape de un motor, que consta de una unidad filtrante de partículas diesel, incluyendo un filtro particulado donde la carbonilla puede ser oxidada por NO₂ y los componentes del gas de escape se desoxidan en una unidad reductora de óxidos de nitrógeno situada después de la unidad filtrante de partículas diesel, de manera que el gas de escape fluye desde la unidad filtrante de partículas diesel hacia el catalizador de reducción selectiva. El programa comprende, al menos, las etapas de calcular el contenido de NO₂ en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno y después de la unidad filtrante de partículas diesel; medir o calcular un contenido de NO_x en el gas de escape antes de la unidad reductora de los óxidos de nitrógeno y después de la unidad filtrante de partículas diesel; medir el contenido de NO_x en el gas de escape después de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno; calcular el contenido de NO_x en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno y después de la unidad filtrante de partículas diesel, y obtener la conversión real y esperada de NO_x a partir del NO₂ calculado y del contenido de NO_x medido y calculado.

DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS GRÁFICOS

La presente invención, junto con lo anteriormente expuesto y otros objetos y ventajas, se puede entender mejor con la siguiente descripción detallada de las formas de ejecución, pero sin limitarse a ellas, en las cuales se representa esquemáticamente:

- Fig. 1 una primera forma de ejecución de un sistema de postratamiento de gases de escape conforme a la presente invención;
- Fig. 2a, 2b localizaciones preferidas para poder determinar los niveles de NO_x y NO₂;
- Fig. 3 un diagrama de flujo de un primer método de diagnóstico preferido, usando un sensor real de NO₂ y sensores virtuales de NO_x y NO₂ según la presente invención; y
- Fig. 4 un diagrama de flujo de un segundo método de diagnóstico preferido, usando sensores virtuales de NO_x y NO₂ según la presente invención.

Los elementos iguales o similares se indican en los gráficos con los mismos números de referencia. Los gráficos son meras representaciones esquemáticas que no pretenden describir parámetros específicos de la presente invención. Es más, los gráficos están pensados para describir solamente formas de ejecución típicas de la presente invención y por tanto no deben considerarse limitadoras del alcance de la misma.

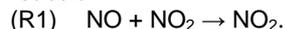
DESCRIPCIÓN DETALLADA DE FORMAS DE EJECUCIÓN PREFERIDAS DE LA PRESENTE INVENCION

Según un primer aspecto de la presente invención, un sistema preferido de postratamiento de gases de escape representado en la fig. 1 comprende una unidad filtrante de partículas diesel (UFPD) 60 situada después de un motor diesel 12 y una unidad reductora de NO_x 70, preferiblemente un dispositivo de reducción catalítica selectiva (RCS), situada tras dicha UFPD 60, donde se prevé un inyector 62, para la alimentación de un agente reductor tal como amoníaco o urea al gas de escape, instalado después de dicho FPD 64 y antes de dicho catalizador RCS. La UFPD 60 comprende una fase catalítica de oxidación (FCOD) 20, p.ej. un catalizador de oxidación (COD) 22, y una unidad filtrante de partículas diesel (UFPD) 60 situada después del COD 22. Opcionalmente el FPD 64 puede llevar un recubrimiento catalítico oxidante, que puede sustituir o al menos reforzar el COD 22 como fase de oxidación 20.

Entre la UFPD 60 y el catalizador RCS está prevista una unidad sensora 40 para detectar la cantidad de NO₂ que lleva el gas de escape a la entrada del catalizador RCS. La unidad sensora 40 comprende un sensor de NO₂ 50 en la línea de escape 14 después de la UFPD 60 y antes del catalizador RCS y una unidad de control 42 conectada al

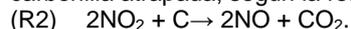
sensor 50 por la línea de datos 48. Opcionalmente, a la unidad de control 42 se le puede acoplar un dispositivo 44 para calcular la cantidad de NO₂ que entra en el catalizador RCS, a partir de unos parámetros 66 tales como los de funcionamiento del motor 12 y/o de uno o más catalizadores 20, 64, 70 instalados en el sistema de postratamiento de los gases de escape 10, proporcionando así un sensor virtual en lugar de un sensor real de NO₂ 50.

La FCOD 20, es decir el COD 22 y/o el recubrimiento catalítico del FPD 64, se usa preferiblemente para generar una cantidad suficiente de NO₂ que produzca la oxidación pasiva de la carbonilla atrapada en el FPD 64 conforme a la reacción



La función principal del FPD 64 es atrapar materia particulada tal como la carbonilla y las cenizas que llevan los gases de escape. Un típico sistema de postratamiento de gases de escape 10 necesita de uno a varios cientos de miles de km de conducción para que el FPD 64 quede lleno de cenizas, y el FPD 64 se puede vaciar de cenizas desmontándolo en la revisión del vehículo. Para que el FPD 64 se llene de carbonilla solo tienen que pasar de uno a varios miles de km de conducción. No obstante la carbonilla puede oxidarse a CO₂ durante el funcionamiento del vehículo.

Para algunas aplicaciones puede resultar beneficioso recubrir el FPD 64 con un material catalíticamente activo, incluyendo las propiedades de un catalizador de oxidación en el FPD 64. Para el buen funcionamiento del FPD 64 se recomienda controlar la cantidad de carbonilla atrapada en el FPD 64. El FPD 64 se puede regenerar de varias maneras conocidas en el estado técnico. Preferiblemente se puede emplear NO₂ para la oxidación pasiva de la carbonilla atrapada, según la reacción



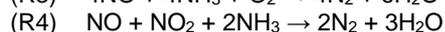
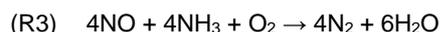
Para que la regeneración pasiva sea eficiente hay que establecer la temperatura del gas de escape por encima de un límite crítico, preferiblemente por encima de 250°C, y aportar una cantidad idónea de NO₂. La cantidad de NO₂ en la alimentación de gas de escape al FPD 64 puede aumentarse mediante la FCOD 20 por oxidación de NO a NO₂.

Dependiendo de las emisiones de carbonilla y óxidos de nitrógeno NO, NO₂ – designados en general como NO_x - del motor 12, la oxidación pasiva puede mantener bajo el nivel de carbonilla en el FPD 64 a temperaturas de escape por encima de 250°C. En algunas emisiones del motor la relación NO_x/carbonilla es demasiado baja para la oxidación de la carbonilla por NO₂. Como alternativa a la oxidación pasiva, la carbonilla puede ser oxidada por oxígeno a altas temperaturas, preferiblemente a unos 600°C, lo cual se puede conseguir montando un quemador (no representado) en el sistema de postratamiento de gases de escape 10 o agregando combustible al gas de escape que se quema sobre un catalizador de oxidación (no representado) antes del FPD 64. La activación del quemador o la adición de combustible tiene lugar en una fase de regeneración que suele durar unos minutos y en caso necesario se puede prolongar hasta 30 minutos.

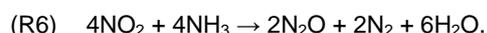
Tras el FPD 64 y antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno 70, por ejemplo un catalizador RCS, el gas de escape contiene uno o más componentes, como el NO y el NO₂, que pueden desoxidarse en el catalizador RCS.

La misión principal del catalizador RCS es reducir el NO_x, es decir NO y NO₂, a nitrógeno gaseoso N₂ y agua H₂O. Sobre el catalizador RCS reacciona amoníaco NH₃ con NO_x formando nitrógeno. Habitualmente se inyecta urea en el gas de escape y, debido a la temperatura de dicho gas, la urea se termoliza o hidroliza a NH₃ en el gas de escape y en el catalizador RCS. El reductor, p.ej. NH₃ o urea, se añade al gas de escape antes del catalizador RCS, por ejemplo con el inyector 62 (indicado por una flecha ancha antes del catalizador RCS). La eficiencia del catalizador RCS depende fuertemente de la temperatura del gas de escape, de la velocidad espacial del gas de escape y de la relación NO₂/NO en el gas de escape que entra en el catalizador RCS.

En función del tipo de NO_x son posibles tres reacciones químicas principales:



La reacción (R4) es la más eficiente y lo es desde temperaturas inferiores 200°C hasta superiores. La reacción (a) se hace eficiente a 300°C y la eficiencia de la reacción (c) es menor que la de la reacción (a) sobre catalizador RCS a base de vanadio, mientras que sobre catalizador a base de zeolita es más eficiente que la reacción (a) pero no tanto como la reacción (b). Además sobre catalizador a base de zeolita tiene lugar una reacción desfavorable que compite con la reacción (c) y genera el gas de efecto invernadero N₂O:



La formación de N₂O en la FCOD 20 dependerá del caudal másico de gases de escape y de la temperatura de la FCOD 20. Además de la dependencia del flujo y de la temperatura, el COD 22 y/o el recubrimiento catalítico en el FPD 64 absorbe a temperaturas más bajas el azufre (S) que puede contener el gas de escape y lo desprende a

temperaturas superiores a 350°C. Si las condiciones de conducción permiten que la FCOD 20 absorba mucho azufre se envenenará la formación de NO₂. El contenido de NO₂ tras el FPD 64 también dependerá del estado del FPD 64.

5 El azufre es la mayor fuente desactivadora de la formación de NO₂ en el COD 22 y en el recubrimiento catalítico del FPD 64. El azufre se adhiere al catalizador a bajas temperaturas, normalmente por debajo de 400°C, y se libera a temperaturas más altas (> 400°C). Las temperaturas reales de absorción y desorción del azufre dependen de la formulación particular del catalizador.

10 Cuando se usa gasóleo bajo en azufre, actualmente disponible de manera general en Europa y USA, hacen falta varias horas o un día de funcionamiento del motor, sin llegar a 400°C, para observar un descenso apreciable de formación de NO₂ en el COD 22 y/o en el FPD 64 recubierto. Este tipo de conducción es inusual con los vehículos pesados, pero puede ocurrir. No obstante, el envenenamiento con azufre del COD 22 y/o del FPD 64 recubierto puede ocurrir después de tiempos más cortos, si el conductor pone combustible con mayor contenido de azufre, p.ej. cuando va a sitios donde no hay combustible con bajo contenido de azufre o cuando por error reposta combustible con elevado contenido de azufre. Entonces es importante detectar este envenenamiento y desulfurar la FCOD 20. El azufre se elimina del COD 22 y/o del FPD 64 recubierto calentando el catalizador por encima de 400°C durante más de 5 minutos, lo cual puede realizarse inyectando combustible en el gas de escape o activando un quemador. El aceite lubricante es otra fuente de azufre.

20 Ciertos estados de algunos materiales catalíticos pueden provocar un tipo de degradación reversible de la FCOD 20 que puede reacondicionarse calentándola a temperaturas elevadas, p.ej. superiores a 500°C, durante un periodo predeterminado de tiempo, p.ej. durante varios minutos.

25 La temperatura de desulfuración no degrada el catalizador RCS, porque durante la desulfuración el catalizador RCS adquiere una temperatura a la cual trabaja muy eficientemente y la influencia de la relación NO₂/NO es pequeña.

30 La descripción del sensor virtual es un mapa o modelo físico de la formación de NO₂ en el COD 22 y opcionalmente en el FPD 64, si está recubierto, y del consumo de NO₂ en el FPD 64. En el modelo no se incluye la dependencia del NO₂ del azufre, porque la presente invención es un método de tratamiento del efecto del azufre en el NO₂ (y también porque es difícil de plasmar en un modelo, debido al desconocimiento de las variaciones del contenido de azufre en el combustible (combustible bajo en azufre podría ser cualquiera por debajo de 10 ppm, por ejemplo en Europa)).

35 Según la presente invención se usa una conversión de NO_x para el diagnóstico a bordo del correcto funcionamiento de la FCOD 20, es decir del COD 22 y/o del recubrimiento catalítico oxidante del FPD 64, si el FPD 64 va provisto de dicho recubrimiento. La conversión de NO_x se obtiene de la temperatura, del caudal másico del gas de escape y de los niveles de NO₂ en el gas de escape. El sensor de NO₂ puede ser un sensor físico real 50 o un sensor virtual en que el nivel de NO₂ se calcula sobre la base de un modelo apropiado, descrito a continuación.

40 Un sensor de NO_x virtual es un modelo bastante complejo, formado preferentemente por los siguientes submodelos entrecorridos:

45 "NO_x a la salida del motor": la cantidad de NO_x a la salida del motor 12 puede ser estimada por un sensor o por un modelo con los siguientes datos de entrada, por ejemplo: carga o cantidad de combustible, ritmo de inyección de combustible, velocidad del motor, presión de entrada de aire, temperatura de entrada de aire, cantidad de GER (GER = gas de escape reciclado) y entrada de aire húmedo. Estos son parámetros del motor 12 y valores detectados. Hay varias formas de construir el modelo. Se puede basar en un mapeo donde figuren, o puedan ser rectificadas por factores de corrección establecidos en el mapa, todos o al menos algunos de los parámetros importantes. También puede ser un modelo que se construye tomando como base una red neural.

50 "Caudal de gases de escape": el flujo de gases de escape se puede medir u obtener de la medición del caudal de entrada de aire y de la cantidad de combustible, o del caudal calculado de entrada de aire, de la velocidad del motor, de la presión de entrada de aire, de la temperatura de entrada de aire, de la cantidad de GER y de la eficiencia volumétrica del motor.

"Caudal de gases de escape en el catalizador de oxidación": se puede medir o calcular el flujo de los gases de escape en la FCOD 20.

55 "Temperatura en el catalizador": la temperatura puede medirse p.ej. antes de la FCOD 20. Empleando un filtro de señal apropiado el valor medido, junto con el caudal de gases de escape en la FCOD 20 como parámetro, puede representar la temperatura real del catalizador. Como alternativa la temperatura se puede calcular mediante un simple balance térmico.

60 "Azufre en el catalizador de oxidación": el contenido de azufre en la FCOD 20 es preferiblemente calculado. Por ejemplo, el cálculo puede obtenerse de los parámetros entre paréntesis: (contenido de azufre en el catalizador) = (contenido de azufre en el catalizador un segundo antes) + (azufre adsorbido de los gases de escape durante un segundo) – (azufre desorbido durante un segundo). El parámetro "azufre adsorbido de los gases de escape durante un segundo" es el azufre contenido en el combustible y en el aceite lubricante consumido durante dicho segundo, multiplicado por un factor comprendido entre 0 y 1, y tiene una dependencia de la temperatura que p.ej. puede inferirse de un mapeo que contenga valores del factor en función de la temperatura. El parámetro "azufre desorbido durante un segundo" es el azufre contenido en la FCOD 20 un segundo antes, multiplicado por otro factor dependiente de la temperatura que se puede obtener del mismo modo que el primer factor anteriormente descrito.

“Formación de NO₂ en el catalizador”: la formación de NO₂ en la FCOD 20 se puede obtener por interpolación en un gráfico 3-D basado en los parámetros de flujo de gases de escape, temperatura en el catalizador y contenido de azufre. También se puede calcular usando un modelo físico con el contenido de azufre, la temperatura, el flujo de gas de escape y la concentración de oxígeno como parámetros de entrada. El modelo puede ser p.ej. una velocidad específica de formación de NO₂, que es $k_1 \cdot C_{NO} \cdot C_{O_2}$, y una velocidad de descomposición de NO₂, que es $k_2 \cdot C_{NO_2}$, donde k_1 y k_2 son parámetros dependientes de la temperatura y del contenido de azufre y C es la concentración de NO, NO₂ y O₂, respectivamente. La velocidad específica está integrada para el volumen del catalizador. Si hay un gran contenido de HC en el área de trabajo del motor o si se emplea un inyector de HC, entonces el nivel de HC también es un parámetro de entrada para el modelo, p.ej. como denominador de las velocidades específicas $(1 + K_a \cdot C_{HC})$.

“NO₂ a la salida del filtro de partículas”: la cantidad de NO₂ liberado del FPD 64 es la diferencia entre la cantidad de NO₂ aportada al FPD 64, el NO₂ formado en el FPD 64 (que es cero si el FPD 64 no lleva una capa catalítica para la generación de NO₂) y el NO₂ consumido por la carbonilla en el FPD 64. El NO₂ formado en el FPD 64 se puede calcular del mismo modo que el NO₂ formado en la FCOD 20 (véase arriba), preferiblemente mediante un modelo físico. El NO₂ consumido por la carbonilla en el FPD 64 es proporcional a la cantidad de carbonilla en el FPD 64 y se puede expresar como velocidad específica $k_3 \cdot C_{NO_2} \cdot C_{carbonilla}$. Nuevamente k_3 es un parámetro que depende de la temperatura y C la concentración respectiva de NO₂ y de carbonilla.

“Carga de carbonilla en el filtro de partículas”: la carga de carbonilla en el FPD 64 se puede obtener a partir de la medición de una caída de presión a través del FPD 64 y/o empleando un modelo: (carbonilla en el FPD 64 en el momento actual) = (carbonilla en el FPD 64 en un momento anterior al actual) + (carbonilla emitida por el motor durante el momento actual) – (carbonilla quemada por NO₂ durante el momento actual). La carbonilla quemada por NO₂ durante el momento actual viene indicada por el modelo “NO₂ a la salida del filtro de partículas”, la carbonilla emitida por el motor durante el momento actual es indicada por un sensor de carbonilla o un modelo similar al de “NO_x a la salida del motor”. El uso de una caída de presión para calcular la cantidad de carbonilla en el FPD 64 puede introducir algunos errores, debido al hecho de que las características de la carbonilla cambian con el tiempo. Por lo tanto se prefiere usar un modelo para calcular la carga de carbonilla y emplear la caída de presión como control cualitativo del modelo.

Las figs. 2a y 2b representan ejemplos de montajes preferidos, que permiten estimar los niveles de NO₂ y NO_x por medición o por cálculo.

La fig. 2a corresponde a un dispositivo empleado preferiblemente para elevadas cargas del motor 12 (fig. 1). La fig. 2 corresponde a un dispositivo empleado preferiblemente para bajas cargas del motor 12 (fig. 1).

De la estimación del contenido de NO₂ y NO_x en los gases de escape en diferentes puntos se puede obtener una medición real y una medición estimada del NO₂ en la UFPD 60 y la conversión de NO_x en el catalizador RCS. Para cargas elevadas (fig. 2a) se prefiere medir el contenido de NO₂ en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno 70 y calcular, es decir estimar un contenido esperado de NO₂ antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno 70. Adicionalmente se puede medir o calcular el contenido de NO_x antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno 70. Se mide y se calcula el contenido de NO_x tras la unidad reductora de óxidos de nitrógeno 70. Si hay una diferencia entre el contenido medido y el calculado, significa que ha ocurrido un problema con la oxidación de NO en la UFPD 60.

Para cargas bajas (fig. 2b) se prefiere medir el contenido de NO₂ en el gas de escape, dando un contenido de NO₂ estimado antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno 70, y calcular y/o medir un contenido de NO_x esperado antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno 70. Se mide y se calcula el contenido de NO_x tras la unidad reductora de óxidos de nitrógeno 70.

En puntos convenientes hay instalados uno o más sensores de temperatura (no representados) para determinar las temperaturas del catalizador.

La conversión de NO_x se determina basándose en estos valores y en la temperatura, en el caudal másico de los gases de escape y en el contenido estimado de NO₂.

La fig. 3 ilustra una primera forma de ejecución de un método preferido o de un tratamiento preferido de errores de NO₂ para el diagnóstico a bordo de la UFPD 60 conforme a la presente invención. En la etapa 102 se compara un contenido de NO₂ medido con un sensor real y un contenido estimado de NO₂ calculado con el modelo de sensor virtual. A modo de ejemplo la unidad reductora de óxidos de nitrógeno 70 es un catalizador RCS. Comparando los contenidos de NO_x y NO₂ antes y después del catalizador RCS también se puede determinar la eficiencia del mismo.

La comparación se basa en los valores de las entradas 104 hasta 112, que comprenden: entrada 104: señales de temperatura de uno o más sensores de temperatura; caudal másico de los gases de escape; entrada 106: señal virtual de NO₂ después del FPD 64; entrada 108: señal de NO₂ medida con un sensor real 50 después del FPD 64 y antes del catalizador RCS. Si no se inyecta agente reductor en el catalizador RCS, el sensor 50 se puede colocar después del catalizador RCS; entrada 110: señal del sensor de NO_x después del catalizador RCS; entrada 112: señal real o virtual de NO_x antes del catalizador RCS (puede ser antes de la UFPD 60).

5 Si la diferencia entre la señal del sensor virtual del NO₂ estimado y las señales de los sensores reales del NO₂ medido está comprendida dentro de ciertos límites es que el sistema está trabajando correctamente y el tratamiento de errores de NO₂ ha terminado y puede saltar hacia atrás, hasta la etapa 102, para efectuar un nuevo proceso de diagnóstico a bordo. Esto puede hacerse periódicamente con un lapso de tiempo predeterminado o bien de manera continua.

10 Si la diferencia supera los límites prefijados, p.ej. si la señal real de NO₂ es solo una fracción de la señal virtual de NO₂, por ejemplo, si la señal real es el 50% de la señal virtual o menos, el tratamiento de errores de NO₂ inicia una regeneración de azufre de la UFPD 60 en la etapa 114, es decir, se elimina azufre de la UFPD 60. La FCOD 20 se regenera para eliminar azufre de la FCOD 20. Si el FPD 64 lleva alternativa o adicionalmente un recubrimiento catalítico oxidante, el FPD 64 se regenera alternativa o adicionalmente. La regeneración se efectúa p.ej. controlando la temperatura y el flujo de gas de escape desde el motor 12 y/o del combustible hacia el motor 12. Preferiblemente el acondicionamiento se realiza a una temperatura de al menos 350°C, preferiblemente a una temperatura entre 15 350°C y 450°C.

20 Tras la regeneración se comparan de nuevo las dos señales en la etapa 116. Si las señales están comprendidas dentro de límites predeterminados, p.ej. si son casi iguales, el tratamiento de errores de NO₂ almacena un código de fallo (etapa 118). El código de fallo indica que se ha realizado con éxito la regeneración de azufre y que la UFPD 60, en particular el COD 22, ha sido desactivada por oxidación del azufre. Entonces el tratamiento de errores de NO₂ ha terminado y puede saltar hacia atrás, hasta la etapa 102, para efectuar un nuevo proceso de diagnóstico a bordo.

25 Si las dos señales todavía difieren tras la regeneración de azufre, se inicia un acondicionamiento con actividad catalítica oxidante en la etapa 120. La regeneración se puede efectuar como antes, p.ej. controlando la temperatura y el flujo de gas de escape desde el motor 12 y/o del combustible hacia el motor 12. El acondicionamiento se realiza preferiblemente a una temperatura de al menos 450°C, preferiblemente a una temperatura entre 450°C y 550°C.

30 A continuación se comparan las dos señales en la etapa 122 del mismo modo que después de la regeneración de la UFPD 60. Si las señales están comprendidas dentro de unos límites predeterminados, p.ej. si son casi iguales, el tratamiento de errores de NO₂ almacena un código de fallo (etapa 124). El código de fallo indica que se ha realizado con éxito la regeneración de azufre y que la UFPD 60, en particular el COD 22, ha sido desactivada por oxidación del azufre. Entonces el tratamiento de errores de NO₂ ha terminado y puede saltar hacia atrás, hasta la etapa 102, para efectuar un nuevo proceso de diagnóstico a bordo.

35 Si las dos señales todavía difieren se efectúa una regeneración de carbonilla del FPD 64 en la etapa 126, p.ej. se activa un quemador y/o se inyecta combustible para oxidar la carbonilla a temperaturas elevadas. En la etapa 128 se comparan nuevamente las dos señales. Si ahora las dos señales están dentro de los límites predeterminados, el tratamiento de errores de NO₂ envía una señal a un tratamiento de errores de carbonilla, indicando que en la UFPD 60 podría haber habido más carbonilla de lo esperado (etapa 130). Entonces el tratamiento de errores de NO₂ ha terminado y puede saltar hacia atrás, hasta la etapa 102, para la siguiente comparación.

40 Si las señales virtual y real de NO₂ aún difieren, se inicia un código de funcionamiento defectuoso de la UFPD 60 (etapa 132) y, si es necesario, p.ej. si el nivel de NO₂ es tan bajo que influye en la emisión de NO_x del sistema de postratamiento 10, se dispara una alarma. La alarma activa favorablemente una LIA (LIA = luz indicadora de avería).

45 En una segunda forma de ejecución de la presente invención, no representada, la primera comparación entre las dos señales de NO₂ también se contrasta (si es posible) con la eficiencia del catalizador RCS, lo cual es factible cuando el catalizador RCS se halla en un estado que permite medir una diferencia de eficiencia en función de la relación NO₂/NO. Si la eficiencia es la esperada de la señal virtual de NO₂, se inicia un código de fallo en el sensor real de NO₂. La eficiencia real puede expresarse, por ejemplo, como una conversión 1-[entrada 110]/[entrada 112]. Entonces la conversión esperada (es decir las eficiencias) se puede encontrar en un mapeo con temperatura, caudal másico, señal de NO_x antes del catalizador RCS y señales de NO₂ antes del catalizador RCS.

50 En la fig. 4 se muestra una tercera forma de ejecución del tratamiento de errores de NO₂ preferido. Este diagrama de flujo corresponde a un dispositivo representado en la fig. 2b para cargas de motor bajas. A manera de ejemplo la unidad reductora de óxidos de nitrógeno 70 es un catalizador RCS. A diferencia de la primera forma de ejecución en la fig. 3 no hay ningún sensor real de NO₂ 50, el contenido estimado de NO₂ se calcula en cambio con el modelo de sensor virtual. En la etapa 202 se compara una conversión medida y estimada de NO_x del catalizador RCS sobre la base del contenido estimado de NO₂ y la señal de temperatura estimada en el catalizador RCS, preferiblemente la temperatura, el caudal másico de gases de escape y el nivel de NO₂ después de la UFPD 60 y antes del catalizador RCS. Comparando los contenidos de NO_x y de NO₂ antes y después del catalizador RCS se puede determinar la eficiencia del catalizador RCS.

55 La comparación se basa en los valores de las entradas 204 hasta 212, que comprenden:
65 entrada 204: señal de temperatura de uno o más sensores térmicos, caudal másico de gases de escape;
entrada 206: señal virtual de NO₂ después del FPD 64 y antes del catalizador RCS;

entrada 208: señal del sensor de NO_x tras el catalizador RCS, esperada según la señal del sensor virtual de NO₂;
 entrada 210: señal del sensor real o virtual de NO_x antes del catalizador RCS (puede ser antes de la UFPD 60);
 entrada 212: señal virtual de NO_x tras el catalizador RCS (preferiblemente basada en las entradas 204, 206 y 210).

5 Si la desviación de la eficiencia real estimada del catalizador RCS (basada en la señal del sensor virtual) respecto a la eficiencia esperada supera un umbral predeterminado, se realiza el mismo procedimiento que en la fig. 3. Si la diferencia entre los dos valores de eficiencia del catalizador RCS del ejemplo cae dentro de los límites prefijados, el tratamiento de errores de NO₂ puede saltar hacia atrás, hasta la etapa 202, y queda listo para el siguiente proceso de diagnóstico a bordo. Esto puede hacerse periódicamente con un lapso de tiempo predeterminado o bien de modo continuo.

10 Si la diferencia va más allá de los límites prefijados, el tratamiento de errores de NO₂ inicia una regeneración de azufre de la UFPD 60 en la etapa 214. Un estado fuera de los límites prefijados significa p.ej. que el valor real de la eficiencia (basado en señales medidas) es solo una fracción del valor estimado (basado en señales calculadas). La FCOD 20 se regenera para eliminar el azufre del material catalítico oxidante del COD 22. Si el FPD 64 comprende, alternativa o adicionalmente, un recubrimiento catalítico oxidante, el FPD 64 también es regenerado alternativa o adicionalmente. La regeneración se efectúa p.ej. controlando la temperatura y el flujo de gas de escape desde el motor 12 y/o del combustible hacia el motor 12. El acondicionamiento se realiza preferiblemente a una temperatura de al menos 350°C, preferiblemente a una temperatura entre 350°C y 450°C.

15 Tras la regeneración se comparan de nuevo las dos señales en la etapa 216. Si se encuentran dentro de los límites prefijados, p.ej. si son casi iguales, el tratamiento de errores de NO₂ almacena un código de fallo (etapa 218). El código de fallo indica que se ha efectuado con éxito un regeneración de azufre y que la UFPD 60, concretamente el FPD 64, ha sido desactivado por oxidación del azufre. Entonces el tratamiento de errores de NO₂ puede saltar hacia atrás, hasta la etapa 202, para el siguiente proceso de diagnóstico a bordo.

20 Si las dos señales siguen difiriendo tras la regeneración de azufre, se inicia un acondicionamiento de la actividad catalítica oxidante en la etapa 220. La regeneración se puede efectuar como antes, p.ej. controlando la temperatura y el flujo de gas de escape desde el motor 12 y/o del combustible hacia el motor 12. El acondicionamiento se realiza preferiblemente a una temperatura de al menos 450°C, preferiblemente a una temperatura entre 450°C y 550°C.

25 A continuación se comparan las dos señales en la etapa 222 del mismo modo que después de la regeneración de la UFPD 60. Si las señales están comprendidas dentro de unos límites predeterminados, p.ej. si son casi iguales, el tratamiento de errores de NO₂ almacena un código de fallo (etapa 224). El código de fallo indica que se ha realizado con éxito la regeneración de azufre y que la UFPD 60, en particular el COD 22, ha sido desactivada por oxidación del azufre. Entonces el tratamiento de errores de NO₂ ha terminado y puede saltar hacia atrás, hasta la etapa 202, para el siguiente proceso de diagnóstico a bordo.

30 Si las dos señales aún difieren se efectúa una regeneración de carbonilla del FPD 64 en la etapa 226. En la etapa 228 se comparan de nuevo las dos señales. Si ahora las dos señales están dentro de los límites predeterminados, el tratamiento de errores de NO₂ envía una señal a un tratamiento de errores de carbonilla, indicando que en la UFPD 60 podría haber habido más carbonilla de lo esperado (etapa 230). Entonces el tratamiento de errores de NO₂ ha terminado y puede saltar hacia atrás, hasta la etapa 202, para el siguiente proceso de diagnóstico a bordo.

35 Si las señales estimadas y medidas de NO₂ aún difieren, se inicia un código de funcionamiento defectuoso de la UFPD 60 (etapa 232) y, si es necesario, p.ej. si el nivel de NO₂ es tan bajo que influye en la emisión de NO_x del sistema de postratamiento 10, se realiza un diagnóstico aparte del catalizador RCS y se inicia un sistema a base de un agente reductor acoplado al catalizador RCS.

40 En una cuarta forma de ejecución (no representada) se efectúan algunos o todos los diagnósticos del catalizador RCS y se lleva a cabo un sistema, basado en un agente reductor, acoplado al catalizador RCS, antes de iniciar la regeneración de azufre.

REIVINDICACIONES

1. Método diagnóstico a bordo para un sistema de postratamiento de los gases de escape (10) de un motor (12), que comprende una unidad filtrante de partículas diesel (60) con un filtro de partículas (64) en el cual la carbonilla puede ser oxidada por NO_2 y los componentes del gas de escape se desoxidan en una unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70) situada después de la unidad filtrante de partículas diesel (60), de modo que los gases de escape fluyen desde la unidad filtrante de partículas diesel (60) hacia la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70), caracterizado porque
- 5 (a) se estima un contenido de NO_2 antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70);
 (b) se mide al menos un contenido de NO_x o NO_2 antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70);
 (c) se compara el contenido estimado con el medido;
 (d) basándose en el resultado de la comparación, se decide sobre la realización de al menos una etapa de acondicionamiento de la unidad filtrante de partículas diesel (60).
- 15 2. El método según la reivindicación 1, caracterizado porque
 (a) se mide el contenido de NO_2 en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70) y después de la unidad filtrante de partículas diesel (60);
 (b) se calcula el contenido de NO_2 en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70) y después de la unidad filtrante de partículas diesel (60);
 (c) se mide un contenido de NO_x en el gas de escape tras la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70);
 (d) se mide o se calcula un contenido de NO_x en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70) y después de la unidad filtrante de partículas diesel (60);
 (e) se compara el contenido de NO_2 medido con el esperado;
 (f) basándose en el resultado de la comparación, se decide sobre la realización de al menos una etapa de acondicionamiento de la unidad filtrante de partículas diesel (60).
- 20 3. El método según la reivindicación 1, caracterizado porque
 (a) se calcula el contenido de NO_2 en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70) y después de la unidad filtrante de partículas diesel (60);
 (b) se mide o se mide y se calcula un contenido de NO_x en el gas de escape antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70) y después de la unidad filtrante de partículas diesel (60);
 (c) se mide el contenido de NO_x en el gas de escape después de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70);
 (d) se obtiene la conversión de NO_x real y esperada a partir del contenido de NO_2 calculado y del contenido de NO_x medido y calculado
- 25 4. El método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se realiza una etapa de acondicionamiento si la diferencia entre las conversiones de NO_x o las señales de NO_2 comparadas está fuera de un valor predeterminado.
- 30 5. El método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el contenido de NO_2 en el gas de escape se obtiene con un sensor real (50) y/o con un sensor virtual.
- 35 6. El método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la conversión de NO_x y/o las señales de NO_2 en el gas de escape se obtienen determinando la eficiencia de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70).
- 40 7. El método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se realiza una primera etapa de acondicionamiento calentando una fase de oxidación (20) en la unidad filtrante de partículas diesel (60) hasta al menos 350°C , preferiblemente a una temperatura comprendida entre 350°C y 450°C .
- 45 8. El método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se realiza una segunda etapa de acondicionamiento calentando una fase de oxidación (20) en la unidad filtrante de partículas diesel (60) hasta al menos 450°C , preferiblemente a una temperatura comprendida entre 450°C y 550°C .
- 50 9. El método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se realiza una tercera etapa de acondicionamiento calentando una fase de oxidación (20) en la unidad filtrante de partículas diesel (60) hasta al menos 550°C , preferiblemente a una temperatura comprendida entre 550°C y 650°C .
- 55 10. El método según una de las reivindicaciones 7 y 8, caracterizado porque la segunda etapa de acondicionamiento se realiza tras la primera etapa de acondicionamiento.
- 60 11. El método según una de las reivindicaciones 8 y 9, caracterizado porque la tercera etapa de acondicionamiento se realiza tras la segunda etapa de acondicionamiento.
- 65 12. El método según una de las reivindicaciones 7 a 11, caracterizado porque después de efectuar todas las

etapas acondicionamiento infructuosamente se dispara una alarma.

- 5 13. Sistema de postratamiento de los gases de escape (10) de un motor (12), que comprende una unidad filtrante de partículas diesel (60) con un filtro de partículas (64) en el cual la carbonilla puede ser oxidada por NO₂ y los componentes del gas de escape se desoxidan en una unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70) situada después de la unidad filtrante de partículas diesel (60), de modo que los gases de escape fluyen desde la unidad filtrante de partículas diesel (60) hacia la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70), donde la operatividad de la unidad filtrante de partículas diesel (60) se determina mediante el método según una de las reivindicaciones precedentes.
- 10 14. El sistema según la reivindicación 13, caracterizado porque hay un sensor de NO₂ (50) colocado antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70) y después de la unidad filtrante de partículas diesel (60).
- 15 15. El sistema según la reivindicación 13 o 14, caracterizado porque hay un sensor de NO_x colocado después de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70).
16. El sistema según una de las reivindicaciones 13 a 15, caracterizado porque hay una unidad sensora (40) que comprende un dispositivo 44 para calcular un contenido de NO₂ y/o de NO_x en el flujo del gas de escape.
- 20 17. Un programa informático almacenable en un medio legible por ordenador, que comprende un código de programa utilizable en un método de diagnóstico a bordo, para un sistema de postratamiento de gases de escape (10) de un motor (12), que consta de una unidad filtrante de partículas diesel (60) con un filtro particulado (64) donde la carbonilla puede ser oxidada por NO₂ y los componentes de los gases de escape se desoxidan en una unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70) situada después de la unidad filtrante de partículas diesel (60), de manera que el gas de escape fluye desde la unidad filtrante de partículas diesel (60) hacia la unidad reductora de óxidos de nitrógeno(70), incluyendo al menos las etapas de
- 25 (a) estimar un contenido de NO₂ antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70);
 (b) medir al menos un contenido de NO_x o de NO₂ antes de la unidad reductora de óxidos de nitrógeno (70);
 (c) comparar el contenido estimado con el medido;
 (d) basándose en el resultado de la comparación, decidir sobre la realización de, al menos, una etapa de
- 30 acondicionamiento de la unidad filtrante de partículas diesel (60).

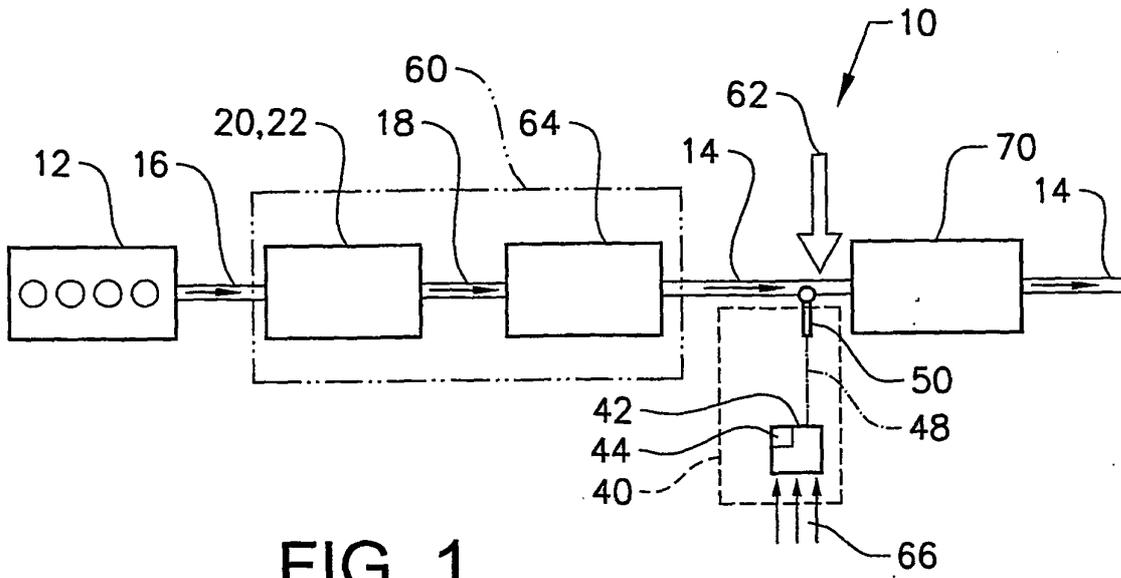


FIG. 1

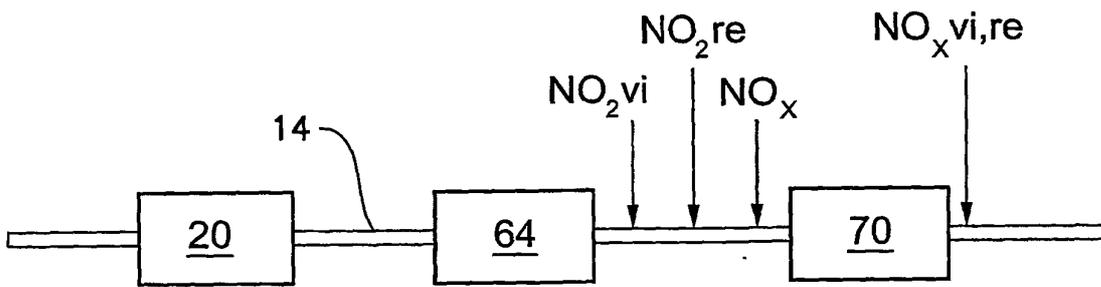


FIG. 2a

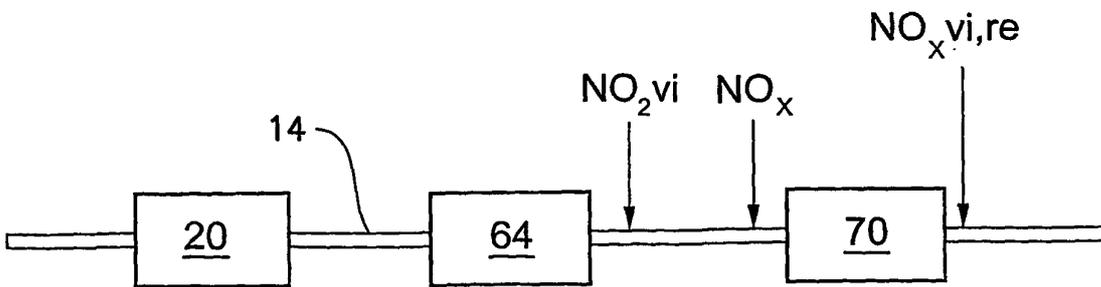


FIG. 2b

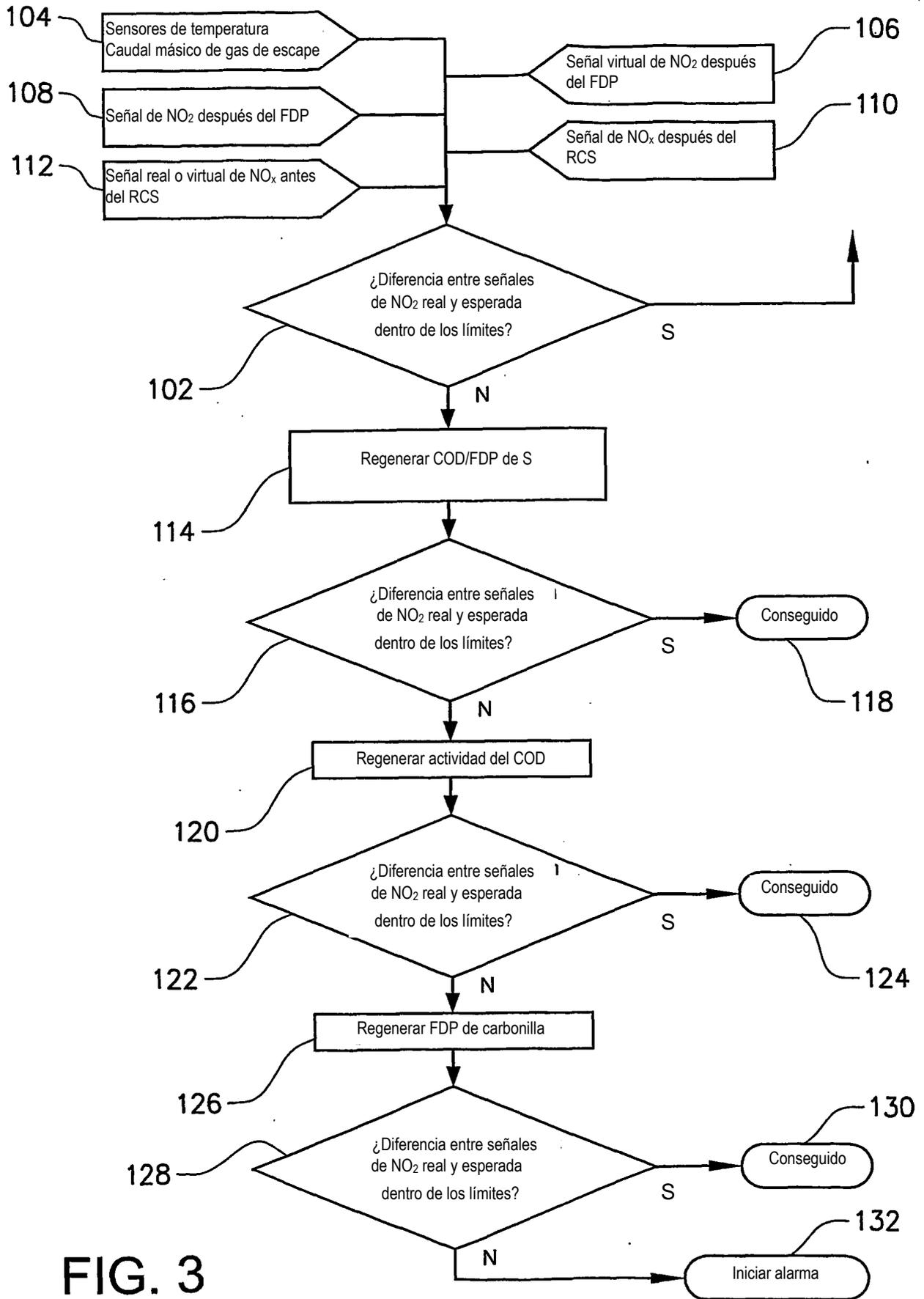


FIG. 3

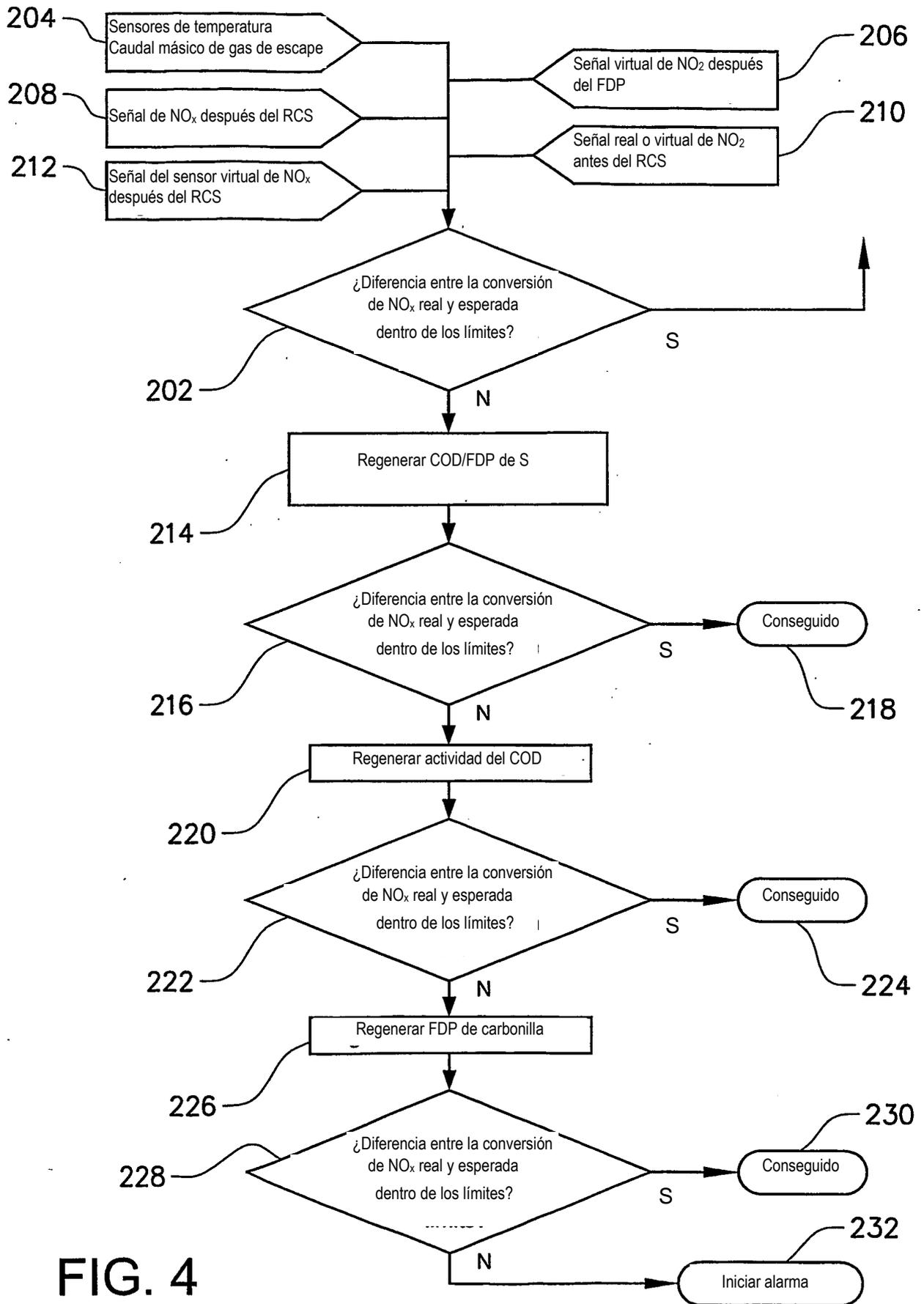


FIG. 4