

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 345**

51 Int. Cl.:

G01M 15/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2010 E 10193141 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2013 EP 2434270**

54 Título: **Procedimiento y sistema para determinar una tasa de emisión másica de un contaminante contenido en el gas de escape de un equipo móvil**

30 Prioridad:

27.09.2010 EP 10180149

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

07.11.2013

73 Titular/es:

MAHA MASCHINENBAU HALDENWANG GMBH & CO. KG (100.0%)

Hoyen 20

87490 Haldenwang, DE

72 Inventor/es:

ANYON, PETER

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 428 345 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 y sistema para determinar una tasa de emisión másica de un contaminante contenido en el gas de escape de un equipo móvil

5

1 Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento y a un sistema para determinar la tasa, por ejemplo, en gramos por kilómetro o en gramos por kilovatio hora, a la que productos de combustión son emitidos de un equipo móvil accionado por una fuente de energía basada en la combustión mientras que está siendo propulsado sobre un medio estático tal como una carretera o sobre un dinamómetro.

10

La invención tiene aplicación particular, pero no exclusiva, para la medición de tanto gases como partículas finas en la corriente de gas de escape de un procedimiento de combustión utilizado para generar fuerza motriz para propulsar el equipo móvil. Para fines ilustrativos, la invención se describirá con referencia a la aplicación preferida de la invención, pero sin limitar su alcance de ningún modo a la misma, es decir, midiendo las tasas de emisión másica para motores de combustión interna que operan en un vehículo a motor.

15

2 Antecedentes de la invención

20

Durante los últimos años, las autoridades sanitarias y medioambientales en el mundo han puesto un gran énfasis en reducir los impactos adversos sobre la salud de contaminantes particulados y gaseosos transmitidos por el aire.

La investigación ha mostrado que las emisiones de gases de escape de vehículos a motor y otro equipo que use motores de combustión interna son una fuente dominante de muchos contaminantes preocupantes. Los más notables de éstos son partículas finas y una gama de sustancias químicas que se combinan para precipitar la formación de niebla fotoquímica.

25

Se ha reconocido ampliamente que las emisiones particuladas, lo más comúnmente de motores de combustión interna, son una de las amenazas para la salud más significativas por contaminantes para los seres humanos. Estas emisiones particuladas, que comprenden una mezcla de materia carbonácea muy finamente dividida, sulfatos y compuestos altamente tóxicos son frecuentemente carcinogénicas y pueden afectar los sistemas neurológicos y reproductores de seres humanos. Los motores de combustión interna también son una fuente importante de contaminantes gaseosos que incluyen una gama de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. Estos gases pueden afectar individualmente o en combinación la salud humana, especialmente en relación con la incidencia o exacerbación de enfermedades respiratorias.

30

35

Aunque se ha desarrollado instrumentación de laboratorio de calidad para investigación y procedimientos de ensayo para medir emisiones de motores, generalmente son muy caros y los procedimientos requieren mucho tiempo, haciéndolos inadecuados para su uso o adaptación al alto volumen de mediciones de bajo coste requeridas para evaluar rápidamente en rendimiento de emisiones de vehículos en uso.

40

Nuevos coches de motor y vehículos comerciales ligeros, y los motores usados en vehículos de mercancías pesados, están certificados para una gama de reglamentaciones usando procedimientos de ensayo normalizados. Un ejemplo esquemático de una instalación de ensayo de la técnica anterior se ilustra en la Fig. 1. El procedimiento más común de medir emisiones de gases de escape de un vehículo es ensayar sobre un dinamómetro 2, en el que el flujo del gas de escape total es capturado y arrastrado con una cantidad de aire filtrado (véase el filtro 7a) en un túnel 3 de dilución, en el que el gas de escape total / flujo de aire ambiental es sacado por un venturi de flujo crítico por una poderosa soplante 7b de extracción. La instalación de ensayo comprende además un armario 4 de medición de partículas con un controlador de la masa de partículas, contador de partículas sólidas y un detector de ionización de llama, y adicionalmente un equipo 5 de medición de gas de escape, un ordenador 6 principal del dinamómetro y un armario 8 de muestreo. El coste total de una instalación tal está normalmente en el intervalo 2 millones de euros a 10 millones de euros, con un coste típico por ensayo de muchos miles de euros y un retardo de hasta tres horas o incluso más para generar un resultado.

45

50

55

Durante el ensayo periódico de vehículos en uso puede usarse una instalación similar, con dinamómetro e instrumentación de menor calidad, si la agencia reguladora desea obtener resultados que puedan correlacionarse directamente con los límites de emisión de la certificación original. Una instalación tal para probar tanto vehículos para tareas ligeras como pesadas también es caro - normalmente en la región 0,6 millones de euros a 1,0 millón de euros, excluyendo los costes de la estructura del edificio y del sitio.

60

Aunque este procedimiento de ensayo facilita resultados que se parecen mucho a las tasas de emisión durante la conducción en carretera típica, el coste de establecimiento de tales instalaciones, junto con el tiempo implicado en sujetar el vehículo sobre el dinamómetro y conectar la base de recogida de gases de escape al vehículo, desanima a la mayoría de los reguladores a usar este procedimiento.

65

Alternativamente, los sistemas de medición de emisiones portátiles (PEMS) a bordo con medición del flujo del gas de escape total, muestreo de gas de escape parcial, gestión del flujo de muestreo proporcional y versiones reducidas de la instrumentación de laboratorio pueden montarse en un vehículo para medir emisiones mientras que el vehículo esté siendo manipulado en situaciones de tráfico típicas. De nuevo, el coste del equipo es considerable y su uso requiere un tiempo de instalación que normalmente supera dos horas. El coste de este tipo de equipo es generalmente superior a 200.000€.

Un componente muy significativo del coste de los sistemas descritos anteriormente es el control o medición directa del flujo del gas de escape total. La medición del flujo del gas de escape en bruto o diluido es esencial en estos sistemas con el fin de generar un resultado de ensayo en términos de gramos por kilómetros o gramos por kilovatio hora de cada contaminante.

Aunque estos costes pueden ser aceptables para la certificación de vehículos y muchas actividades de investigación y desarrollo, son en la mayoría de los casos prohibitivamente altos para otras aplicaciones vitalmente importantes, incluso las instalaciones de menor calidad no son económicamente viables para otras aplicaciones vitalmente importantes, tales como:

- estudios de inventario de emisiones, o
- programas periódicos de ensayo y reparación de vehículos en uso para identificar y rectificar rápidamente vehículos altamente contaminantes.

En vista de los problemas anteriores de los procedimientos de ensayo de la técnica anterior, la presente invención busca proporcionar un procedimiento de medir rápidamente y menos costosamente tasas de emisión másica de contaminantes emitidos por vehículos de carretera, sin complejidad y coste de equipo tal como el descrito anteriormente. Es otro objetivo de la invención proporcionar equipo de ensayo compacto que pueda instalarse rápidamente en el vehículo.

El documento US 5.639.957 desvela un procedimiento y aparato para medir la cantidad de un gas componente en el gas de escape de un vehículo de motor en el que los valores de la velocidad de flujo del gas de escape reales aproximados $QE_a(t)$ se calculan usando un procedimiento de ajuste a curva polinómica sobre los valores de la velocidad de flujo teórica calculada $QE_i(t)$.

El documento WO 03/038393 A1 desvela un enfoque para derivar una velocidad de flujo del gas de escape que comprende la medición de variables tales como flujo de aire, relación H:C del combustible, CO_2 , CO y HC y derivar una medida de velocidad de flujo del gas de escape basándose en una fórmula novedosa. La tasa así derivada es menos sensible que la de los procedimientos conocidos a fluctuaciones en valores de emisiones y/o tiempos de transporte entre el motor el motor y el tubo de escape.

El documento WO 2005/085793 A1 desvela procedimiento y un dispositivo que se usa para determinar la emisión másica de un componente de gas de escape en un vehículo, que comprende una unidad de medición y evaluación usada para determinar la concentración de al menos un componente de gas de escape. La línea de gas de escape de la unidad de medición y evaluación está conectada al tren de gas residual del vehículo y comprende una conexión de datos de enchufe o inalámbrica para formar una interfaz OBD del vehículo. La emisión másica temporal de los componentes del gas de escape puede determinarse a partir de la señal de concentración y una señal másica de aire de succión y/o señal de consumo de combustible que se proporciona por la interfaz OBD.

Se propone un procedimiento de estimar una tasa de emisión másica de un producto de combustión contenido en el gas de escape de equipo móvil accionado por una fuente de energía basada en la combustión. El producto de combustión puede incluir productos de combustión particulados o gaseosos, también denominados contaminantes. En particular, el equipo móvil podría ser un vehículo a motor, pero el procedimiento propuesto también es aplicable a barcos, trenes, etc.

Según un aspecto de la invención, el procedimiento comprende la etapa de medir una concentración de productos de combustión contenida en el gas de escape del equipo móvil durante una pluralidad de intervalos de tiempo. Analizadores compactos que pueden medir las concentraciones de productos de combustión han estado disponibles durante algún tiempo en los que una muestra del gas a analizar se obtiene insertando una sonda de gas de escape en el tubo de escape del vehículo y conectada con el analizador mediante un tubo flexible. Para cada producto de combustión/contaminante para el que necesite determinarse la tasa de emisión másica en la corriente de gas de escape, la concentración respectiva en la corriente de gas de escape se determina. Pueden usarse analizadores multifuncionales y son conocidos en la técnica anterior, por ejemplo, analizadores de 4 gases o de 5 gases que pueden determinar las concentraciones de cuatro o cinco contaminantes diferentes cuasi-simultáneamente. Así, el procedimiento propuesto permite una estimación simultánea de la tasa de emisión másica de múltiples productos de combustión.

El procedimiento comprende además la etapa de determinar una masa del equipo móvil. Para ensayos en carretera

de un vehículo, la masa del vehículo puede ser la masa en carretera pesada real del vehículo. El procedimiento comprende además la etapa de medir una velocidad de desplazamiento para la pluralidad de intervalos de tiempo durante un ciclo de ensayo. Preferentemente, mientras está en movimiento, la velocidad de desplazamiento se monitoriza continuamente y se registra a una frecuencia predeterminada.

5 El procedimiento comprende además la etapa de estimar una velocidad de flujo volumétrico del gas de escape para la pluralidad de intervalos de tiempo durante el ciclo de ensayo basándose en la masa determinada y la velocidad de desplazamiento; y calcular la tasa de emisión másica del contaminante como el producto de la concentración de productos de combustión medida y la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape determinada. En otras palabras, en lugar de medir la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape directamente, se determina en función del movimiento del vehículo usando variables fáciles y menos costosas de medir, como la masa del vehículo y la velocidad del vehículo. La masa del vehículo y la velocidad están relacionadas con la carga y potencia de propulsión del vehículo, que a su vez determinan el consumo de combustible requerido y así, como consecuencia, la tasa volumétrica de generación de gases de combustión producidos por el combustible consumido.

15 Así, según otro aspecto de la invención, en la etapa de estimar una velocidad de flujo volumétrico del gas de escape para la pluralidad de intervalos de tiempo, una potencia instantánea requerida para propulsar el equipo móvil puede calcularse para la pluralidad de intervalos de tiempo basándose en la masa determinada y la velocidad de desplazamiento; y la potencia instantánea calculada puede usarse para calcular la tasa de consumo de combustible másica instantánea. Sin embargo, el flujo volumétrico del gas de escape también puede calcularse directamente usando la masa del vehículo y la velocidad sin la etapa intermedia de calcular la potencia instantánea.

25 Según otro aspecto de la invención, el procedimiento puede comprender además la etapa de medir una concentración de un producto de combustión indicador contenido en el gas de escape del equipo móvil durante el intervalo de tiempo; en el que la concentración de combustión de indicador determinada puede usarse para corregir la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape estimada por un factor calculado como la relación de la concentración de combustión de indicador medida en la corriente de gases de escape frente a una concentración del producto de combustión indicador que resultaría de la combustión estequiométrica. El producto de combustión indicador puede ser un producto de combustión diferente del producto de combustión para el que la tasa de emisión másica va a estimarse. Preferentemente, puede usarse dióxido de carbono (CO₂) como producto de combustión indicador para el que la concentración se mide adicionalmente. En este caso, la concentración de CO₂ determinada puede usarse para corregir la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape estimada por un factor calculado como la relación de la concentración de dióxido de carbono medida en la corriente de gases de escape frente a una concentración de dióxido de carbono en la corriente de gases de escape que resultaría de la combustión estequiométrica. Esta etapa aumenta adicionalmente la precisión de estimación en caso de que el motor de combustión no operara en combustión estequiométrica, como es normalmente el caso para motores diésel.

35 Según otro aspecto de la invención, el procedimiento puede comprender además la etapa de determinar un factor de consumo de combustible específico para potencia, en el que el factor de consumo de combustible específico para potencia se determina tanto usando un valor de consumo específico de combustible al freno constante estimado (CECF) como usando un valor de CECF determinado basándose en la velocidad del motor medida y un par motor determinado durante el intervalo de tiempo. El factor de consumo de combustible específico para potencia aumenta adicionalmente la precisión de estimación de la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape, ya que la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape no siempre es directamente proporcional a la velocidad del vehículo o potencia, pero varía con tanto las revoluciones del motor como el par motor.

45 Según otro aspecto de la invención, factores empíricos o medidos para al menos una de una pérdida aerodinámica, una pérdida por rodamiento del neumático, una pérdida por transmisión o una pérdida debida a cargas de potencia accesorias pueden usarse para determinar una potencia de tracción requerida para propulsar el equipo móvil a la velocidad determinada. Tales factores aumentan adicionalmente la precisión de estimación teniendo en cuenta las cargas de tracción resultantes de uno o varios de estos factores. Preferentemente, los factores para las cargas de tracción anteriores también se estiman basándose en la masa del vehículo, solo.

50 Según otro aspecto de la invención, la salida de un acelerómetro basado en masa alineado con el eje longitudinal de desplazamiento puede usarse para determinar la carga de tracción neta debido a la suma algebraica de un gradiente y una aceleración o deceleración longitudinal. El componente gravitatorio de la carga de tracción total también puede aislarse de la carga de aceleración neta restando algebraicamente las fuerzas de aceleración longitudinal debidas a la tasa de cambio de velocidad longitudinal, medida usando un sensor de GPS u otros medios de detección de la velocidad para medir la velocidad a una frecuencia de salida predeterminada.

55 Según otro aspecto de la invención, el procedimiento puede comprender además la etapa de integrar las tasas de emisión másica estimadas sobre la pluralidad de intervalos de tiempo del ciclo de ensayo junto con la distancia real recorrida durante la pluralidad de intervalos de tiempo para calcular la masa del producto de combustión generado por kilómetro de desplazamiento.

60 Según otro aspecto de la invención, el procedimiento puede comprender además la etapa de integrar una potencia

de motor promedio derivada durante el ciclo de ensayo con las tasas de emisión másica estimadas sobre la pluralidad de intervalos de tiempo para calcular la masa de contaminante generado por unidad de energía usada.

5 Según otro aspecto de la invención, la tasa de emisión másica puede estimarse basándose en la conducción del vehículo en una carretera normal o en una pista de pruebas dedicada. Alternativamente, según otro aspecto de la invención, el vehículo puede probarse sobre un dinamómetro para estimar la tasa de emisión másica, en el que diferentes condiciones de conducción son simuladas usando curvas de carga del dinamómetro.

10 Según otro aspecto de la invención, se propone un sistema para estimar una tasa de emisión másica de un contaminante particulado o gaseoso contenido en el gas de escape de un equipo móvil accionado por una fuente de energía basada en la combustión. El sistema comprende un dispositivo analizador de emisiones para medir tasas de concentración de uno o múltiples productos de combustión gaseosos y particulados; un sensor de velocidad del vehículo; y una manguera de muestreo que transmite una muestra de gas de escape al dispositivo para medir la

15 tasas de concentración de las emisiones gaseosas y particuladas; y otra unidad de procesamiento configurada para realizar el procedimiento de estimación de una tasa de emisión másica como se ha descrito anteriormente. La unidad de procesamiento puede integrarse con el analizador de emisión o proporcionarse como un dispositivo separado, por ejemplo, como un ordenador móvil. Según otro aspecto de la invención, el sistema puede comprender además un sensor de velocidad del motor. El sensor de velocidad del vehículo y/ o el sensor de velocidad del motor pueden proporcionarse por separado como dispositivos móviles provistos del sistema anterior. Alternativamente, el

20 sensor de velocidad incorporado en el vehículo y el sensor de velocidad del motor pueden usarse y accederse mediante la interfaz de datos OBD del vehículo (diagnóstico a bordo). Según otro aspecto de la invención, el sistema para estimar una emisión másica puede disponerse dentro del vehículo durante un periodo de medición para estimar la tasa de emisión másica.

25 Es una ventaja particular de la invención que pueda estimarse una tasa de emisión másica para uno o múltiples contaminantes en la corriente de gas de escape del equipo móvil tal como un vehículo sin la necesidad de capturar el flujo del gas de escape total usando una instalación de ensayo cara. En lugar de medir la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape, el procedimiento propuesto solo se basa en variables simples de medir tales como la velocidad y masa del equipo móvil. Es otra ventaja que la tasa de emisión másica pueda determinarse en una

30 situación de tiempo real mientras que se conduce el vehículo en la carretera o en una pista de pruebas dedicada.

Resumiendo lo anterior, se desvela un procedimiento de medición de tasas de emisión másica de contaminantes contenidos en el gas de escape de vehículos de motor que incluye medir continuamente la velocidad y aceleración a la que un vehículo de masa inercial conocida está operando, mientras que se mide simultáneamente la

35 concentración de contaminantes en la corriente de gases de escape del vehículo, y preferentemente también la tasa de revoluciones del motor. Calculando continuamente la energía requerida para mantener la velocidad y aceleración del vehículo y preferentemente ligando estos factores con una tasa predeterminada de consumo de combustible asociada a la combinación de velocidad del motor-potencia del motor instantánea, la tasa volumétrica del flujo del gas de escape puede calcularse. La multiplicación de la tasa volumétrica del flujo del gas de escape por la

40 concentración másica simultánea de contaminantes en el gas de escape puede proporcionar la tasa de emisión másica para cada contaminante por unidad de tiempo. La integración de la velocidad medida y perfiles de energía calculados en una base de tiempo puede entonces permitir el cálculo de tasas de emisión en gramos por kilómetro y/o gramos por kilovatio-hora para cada contaminante monitorizado.

45 **4 Descripción de realizaciones**

La invención se explica a continuación de una manera a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

50 Fig. 1 muestra un ejemplo esquemático de una instalación de ensayo de emisiones de calidad para certificación de la técnica anterior;

Fig. 2 muestra un ejemplo esquemático de un sistema para estimar la tasa de emisión másica según una realización de la invención;

55 Fig. 3 muestra otro ejemplo esquemático de un sistema para estimar la tasa de emisión másica según una realización de la invención;

60 Fig. 4 muestra un diagrama de flujo de etapas implicadas en estimar la tasa de emisión másica según una realización de la invención;

Fig. 5 muestra un diagrama de flujo de etapas implicadas en estimar el flujo volumétrico del gas de escape según una realización de la invención;

65 Fig. 6 ilustra cómo el consumo de combustibles varía con tanto las revoluciones del motor como la presión media del cilindro;

Figs. 7A y 7B ilustran esquemáticamente los flujos y concentraciones de CO₂ para materia gaseosa de combustión estequiométrica y 100% de exceso de combustión de aire; y

5 Fig. 8 muestra un diagrama de flujo de etapas implicadas en estimar la tasa de emisión másica según otra realización de la invención.

10 En casos en los que el operario de la instalación de ensayo desee usar un dinamómetro, pero no desee tener el gasto o los retrasos de tiempo asociados a la medida directa del flujo del gas de escape (véase la Figura 1), la presente invención permite aproximar el flujo del gas de escape utilizando mediciones de otros parámetros físicos tales como la velocidad y/o el par del dinamómetro. En este tipo de instalación, el único equipo conectado al tubo escape del vehículo es una simple sonda y manguera para transportar una pequeña muestra del gas de escape a los instrumentos que miden la gama de contaminantes de interés (véase la Fig. 2).

15 Si se desea evitar el uso de tanto un dinamómetro como la medición del flujo del gas de escape, la presente invención proporciona un procedimiento de estimar con exactitud tasas de emisión en unidades de gramos por kilómetro o gramos por kilovatio-hora conduciendo el vehículo en carretera o en una pista de pruebas dedicada. En este caso, los cálculos pueden utilizar un mayor conjunto de parámetros, todos los cuales pueden ligarse a la masa del vehículo y velocidad.

20 La Fig. 3 ilustra la simplicidad de este enfoque. En este ejemplo se explotan los beneficios completos de la invención usando un instrumento 10 muy compacto que puede medir emisiones gaseosas y particuladas, junto con un sensor 11 de velocidad electrónico. Un segundo sensor (no mostrado) para medir la tasa de revoluciones del motor puede incorporarse opcionalmente en el sistema para potenciar la precisión de las tasas de emisión estimadas. El analizador de emisiones, sensor de velocidad y sensor de velocidad del motor pueden disponerse convenientemente dentro del vehículo mientras se está ensayando. El analizador de emisiones está adicionalmente conectado a un ordenador móvil (no mostrado) configurado para generar la salida y el almacenamiento en tiempo real de los parámetros medidos a una frecuencia fija y para estimar las tasas de emisión basándose en el procedimiento de estimación propuesto como se ilustra más adelante en realizaciones a modo de ejemplo.

30 Un beneficio adicional del procedimiento descrito en la presente invención es que el equipo de ensayo requerido puede ser de bajo coste, muy compacto e instalarse en el vehículo ya listo para ensayar en normalmente menos de cinco minutos.

35 La Fig. 4 ilustra un diagrama de flujo de etapas según una realización de la invención. En la etapa E100, la masa inercial del vehículo que se ensaya se mide y se registra. Para ensayar en el dinamómetro como se muestra en la Fig. 2, la masa del vehículo se mide como la media de la masa vacía bruta (tara) y a plena carga (MMA) del vehículo que se ensaya.

40
$$Mv = (Tara + MMA) / 2 \text{ (kg)}$$

45 Para un ensayo en carretera (véase la Fig. 3), la masa del vehículo es la masa en carretera pesada real del vehículo. Las siguientes mediciones de las concentraciones de productos de combustión y la velocidad del vehículo se realizan para un ciclo de ensayos durante el cual el vehículo es conducido tanto sobre un dinamómetro (véase la Fig. 2) como sobre cualquier plano fijo tal como una carretera, tanto en un patrón de conducción aleatorio como un perfil de velocidad/tiempo predeterminado (véase la Fig. 3).

50 En la etapa E200, mientras está en movimiento, una muestra de gas de escape de la corriente de gas de escape bruta se extrae y se distribuye con la manguera 11 a los instrumentos 10 que pueden medir continuamente la concentración de productos de combustión de cada uno de los contaminantes de interés contenidos en el gas de escape del vehículo 1. Las concentraciones de productos de combustión se miden durante una pluralidad de intervalos de tiempo usando analizadores 10 gaseosos y de partículas en tiempo real como se muestra en la Fig. 2 y la Fig. 3. Así, para cada contaminante o producto de combustión para el que la tasa de emisión másica va a estimarse, se genera una serie de tiempos de las concentraciones de productos medidas con respecto al ciclo de ensayo completo. Tales analizadores 10 gaseosos y de partículas en tiempo real como se muestra en la Fig. 2 y la Fig. 3 son conocidos de la técnica anterior y proporcionan mediciones de concentración másica (g/m³), o unidades que pueden convertirse fácilmente en mg/m³.

60 Mientras está en movimiento, la velocidad del vehículo se monitoriza continuamente y a una frecuencia/ intervalos de tiempo predeterminados, la velocidad del vehículo se mide y se registra (Etapa E300).

65 En la etapa E400, la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape para la pluralidad de intervalos de tiempo se estima basándose en la masa determinada y la velocidad de desplazamiento. En otras palabras, la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape se determina en función del movimiento del vehículo, ya que la tasa volumétrica de generación de gases de combustión es producida por el consumo de combustible basándose en la potencia del motor y la velocidad que depende de la carga y potencia de propulsión del vehículo, que puede derivarse

directamente de la masa del vehículo y la velocidad del vehículo. La estimación de la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape se describe en más detalle más adelante basándose en la Fig. 5.

5 En la etapa 500, para cada contaminante que se mide, la tasa de emisión másica del contaminante (o los contaminantes) se calcula como el producto de la concentración de productos de combustión medida, convertida a gramos por unidad de volumen, y la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape determinada, corregida a temperatura y presión normal.

10 La integración de este resultado para cada periodo de frecuencia, junto con la distancia real recorrida durante cada periodo de frecuencia coincidente (determinado a partir de la medición de velocidad instantánea) permite el simple cálculo de la masa de cada contaminante generado por kilómetro de desplazamiento. Similarmente, integrando la potencia de motor promedio derivada durante el ensayo en cada periodo de frecuencia con la masa de cada contaminante emitido durante cada periodo de frecuencia permite un segundo cálculo de la masa de cada contaminante generado por kilovatio hora.

15 La Fig. 5 es un diagrama de flujo de etapas que describen en más detalle la estimación de la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape. La velocidad de flujo volumétrico del gas de escape se determina en función del movimiento del vehículo, basada por último lugar en la masa del vehículo y el perfil de velocidad durante el ciclo de ensayo. Preferentemente, otros factores se usan adicionalmente con el fin de aumentar la precisión de la estimación.

20 La tasa volumétrica de generación de gases de combustión es producida por el consumo de combustible basándose en la potencia del motor y la velocidad que depende de la carga y potencia de propulsión del vehículo, que puede, por tanto, derivarse directamente de la masa del vehículo y la velocidad del vehículo.

25 Según esta realización, se propone calcular la carga y potencia de propulsión del vehículo usando la masa y velocidad del vehículo, luego para calcular el consumo de combustible basado en la potencia del motor y la velocidad. Finalmente, la tasa volumétrica de generación de gases de combustión puede estimarse basándose en el consumo de combustible determinado.

30 Las diversas etapas de cálculo más adelante se construyen a partir de una serie de elementos, cada uno de los cuales calcula los componentes individuales de la fuerza total (o "carga de tracción") requerida para propulsar un vehículo a cualquier condición de velocidad/aceleración/gradiente dada. Estos componentes tienen en cuenta: masa del vehículo, aceleración/deceleración, gradiente, resistencia aerodinámica (área frontal, coeficiente de resistencia, densidad del aire), pérdidas por rodamiento (histéresis del neumático), pérdidas por transmisión y pérdidas accesorias (por ejemplo, acondicionamiento del aire). Se observa que en otras realizaciones de la invención (no mostradas) que requieren menos precisión, no todos los componentes anteriores tienen que tenerse en cuenta. El procedimiento según esta realización puede usarse tanto para calcular la carga de tracción real durante la conducción en carretera como alternativamente usar un dinamómetro en el que las curvas de carga del dinamómetro se fijan para garantizar que el dinamómetro aplica cargas apropiadas bajo todas las condiciones de conducción.

40 Una consideración importante en desarrollar el procedimiento de estimación es evitar la necesidad de personal de ensayo para hacer juicios o cálculos estimados de factores variables tales como área frontal y coeficientes de resistencia. Los factores individuales se tratan más adelante. A continuación, las unidades de medición se escriben en corchetes.

45 En la etapa E401 se calcula la carga inercial (CI). La carga inercial en [N] es simplemente la masa del vehículo (Mv) multiplicada por la aceleración. La aceleración se calcula:

$$A = (V_0 - V_1) \times F, \text{ en [m/s}^2\text{]}$$

50 en la que:

$$V_0 = \text{velocidad actual [m/s], } V_1 = \text{última velocidad medida [m/s], } F = \text{frecuencia de medición [Hz]}$$

55 De aquí:

$$\text{De aquí: } CI = Mv \times (V_0 - V_1) \times F$$

60 En la etapa E402, la fuerza de tracción atribuible al gradiente se calcula como la carga del gradiente (CG) [N]. Aunque las cargas del gradiente exactas se calculan usando fórmulas trigonométricas, para las calidades de carretera más típicas es suficientemente preciso calcular la carga como:

$$CG = \text{Masa del vehículo} \times g \times \% \text{ de calidad, en [N]}$$

65 o: $CG = Mv \times 9,81 \times \% \text{ de calidad, en [N]}$

En la que:

$g = \text{aceleración gravimétrica } (\sim 9,81 \text{ m/s}^2)$

- 5 La CG también puede determinarse restando la fuerza de tracción plana horizontal previamente calculada de la fuerza inercial total determinada multiplicando la masa del vehículo por la tasa de aceleración registrada por el acelerómetro. La calidad también puede determinarse usando un GPS u otro sensor de velocidad.

10 En la etapa E403, la resistencia aerodinámica (RA) se estima basándose en el área frontal (AF) y el coeficiente de resistencia (CR). El área frontal (AF) y el coeficiente de resistencia (CR) se calculan usando fórmulas no lineales empíricas basadas solo en la masa del vehículo (Mv). En la práctica, se ha mostrado que los valores producidos por las fórmulas proporcionan cálculos estimados fidedignos. Se ha encontrado que un coeficiente no lineal adecuado es la suma de un valor fijo y un factor sinusoidal, como se muestra a continuación.

- 15 (a) El área frontal (AF) puede tanto medirse o entrarse en el ordenador de registro de datos manualmente como calcularse por una fórmula basada en Mv:

Cálculo directo: $AF = \text{anchura del cuerpo [m]} \times \text{altura del cuerpo [m]}$, en $[\text{m}^2]$

- 20 Fórmula basada en Mv: $AF = 2,6 + (7,4 \times (\text{sen}(90 \times Mv / 45000)))$, en $[\text{m}^2]$

(b) Coeficiente de resistencia (CR)

Fórmula basada en Mv: $CR = 0,45 + (0,55 \times (\text{sen}(90 \times Mv / 45000)))$

- 25 (c) Densidad del aire

Densidad del aire = constante = 1,2 en $[\text{kg/m}^3]$

- 30 Esto se resuelve:

$RA = 0,5 \times 1,2 \times V_0^2 \times AF \times CD$, en [N] o $RA = 0,6 \times V_0^2 \times AF \times CD$, en [N]

en la que $V_0 = \text{velocidad [m/s]}$

35 En la etapa E404 se calculan las pérdidas por rodamiento (PR). La pérdida por rodamiento dominante se genera por histéresis/fricción de neumáticos (las pérdidas por transmisión no están incluidas ya que son "aguas arriba" del dinamómetro).

- 40 La ecuación general es:

$PR = Mv \times g \times \text{factor de pérdida del neumático}$, en [N]

45 en la que: $g = \text{aceleración gravitatoria} = 9,81$, en $[\text{m/s}^2]$, $Mv = \text{masa del vehículo}$, en [kg]. El valor usado para el factor de pérdida del neumático puede variar con la construcción del neumático y el diámetro del dinamómetro. Se usa ampliamente un factor de 0,008. En este caso:

$PR = Mv \times 9,81 \times 0,008$

- 50 o $PR = Mv \times 0,078$, en [N]

Combinando estos elementos, en forma simplificada, se calcula que la carga de tracción instantánea en la etapa E405 es:

- 55 Carga de tracción (CT) = RA [N] + PR [N] + CI [N] + CG , en [N]

$CT = (0,6 \times V^2 \times AF \times CR) + (Mv \times 0,078) + (Mv \times (V_0 - V_1) \times F) + (Mv \times 9,81 \times \% \text{ de calidad})$, en [N]

60 A continuación, el consumo de combustible (CC) se calcula en la etapa E406. En general, el consumo de combustible depende de la potencia instantánea (P), en la que P puede calcularse como

$P = CT \times V_0$,

65 en la que CT indica la carga de tracción (CT) determinada en la etapa E405 y V_0 es igual a la velocidad del vehículo [m/s]. En general, el consumo de combustible aumenta proporcional a la potencia. Sin embargo, el consumo específico de combustible al freno (CECF), medido en g/kWh, no es directamente proporcional a la potencia. Los dos

“mapas de motor” representados en la Fig. 6 muestran que el CECF varía con tanto las revoluciones del motor como la presión media del cilindro (proporcional al par).

Como se muestra anteriormente, la distribución de “contornos” en los mapas de motor es altamente coherente en una base proporcional, independientemente del motor individual. A alto par, revoluciones medias del motor convierten más eficientemente el combustible en energía mecánica. La conversión es cierta para operación a alta velocidad del motor a bajo par. También hay solo una pequeña variación en el intervalo numérico de CECF para un tipo de combustible dado. Los motores de gasolina son menos eficientes que los diesel y de ahí que tengan mayor CECF a cualquier combinación de par-velocidad, pero la forma general del mapa sigue siendo la misma.

Si es suficiente precisión media del resultado del ensayo, el tomar una mediana del CECF (por ejemplo 230 ó 250 g/kWh) para diésel puede proporcionar precisión suficiente. Una cifra correspondiente puede seleccionarse para gasolina y otros tipos de combustible.

Si se necesita mayor precisión, el uso de un instrumento de velocidad del motor permite que se genere una curva de potencia del motor, tanto en un dinamómetro (si se usa) como acelerando el vehículo en una marcha corta en la carretera. Esta curva puede usarse para calibrar los ejes de un mapa de motor genérico tal como el mostrado en la Fig. 6. Dividiendo el mapa en una rejilla de 5 x 5 cuadrados se definen 25 zonas de valor de CECF de resolución suficiente para cumplir requisitos de precisión.

Durante el ensayo, la velocidad del motor medida segundo a segundo y la potencia calculada puede usarse para calcular el par segundo a segundo, permitiendo que se identifique la localización del vehículo en el mapa de motor y el CECF en ese punto registrado en un base segundo a segundo en los datos del ensayo. Las ecuaciones generales son aquí:

Para precisión media: $CECF = \text{constante [g/kWh]}$

Para precisión alta: $CECF = \text{fn (\% de par máx, \% de velocidad del motor máx) [g/kWh]}$

Para fines ilustrativos, $CECF = 240 \text{ [g/kWh]}$. Aquí, el consumo real de combustible es facilitado

$$CC = P * (CECF/3600) \text{ [g/s]}$$

En la etapa E407, el consumo de combustible calculado se convierte en un flujo volumétrico del gas de escape correspondiente. En primer lugar, usando constantes químicas convencionales, el volumen de dióxido de carbono generado se calcula en el actual periodo de frecuencia por combustión estequiométrica de la masa de combustible calculada y se corrige a temperatura y presión normal. Entonces, usando las proporciones volumétricas relativas conocidas de nitrógeno y oxígeno en aire ambiental, se calcula el flujo volumétrico de aire ambiental que sería requerido para la combustión estequiométrica de la masa de combustible calculada quemada en el actual periodo de frecuencia.

Esto se ilustra a continuación asumiendo un ejemplo de un motor diésel: aquí, la relación másica de aire/combustible diésel para la combustión estequiométrica es 14,6 y la densidad del aire es 1,2 g/litro. Así, 1,0 gramo de diésel se mezcla con $14,6/1,2 = 12,17$ litros de aire. El aire estándar contiene aprox. 21% de oxígeno y 78% de nitrógeno (en volumen). Así, el volumen del oxígeno en 12,17 litros de aire se facilita como $12,17 \times 0,21 = 2,55$ litros; mientras que el volumen de nitrógeno en 12,17 de aire es igual a $12,17 \times 0,78 = 9,49$ litros. Para la combustión estequiométrica de 1 gramo de combustible diésel, el gas de escape contiene así:

$$9,49 \text{ litros de } N_2 + 1,8 \text{ litros de } CO_2 = 11,29 \text{ litros de materia gaseosa total [l/g],}$$

y el porcentaje (%) de CO_2 (en volumen) en el gas de escape es:

$$\% \text{ de } CO_2 (1,8/11,29) \times 100 = 15,93\%$$

Como los motores diésel no operan generalmente en combustión estequiométrica, en la etapa E408 se calcula un factor de exceso de aire (EA) para corregir los resultados para combustión no estequiométrica. La mayoría de las veces hay exceso de aire (EA), que pasa directamente por el motor sin variación. Las Fig. 7A y 7B más adelante comparan flujos y concentraciones de CO_2 para combustión estequiométrica (Fig. 7A) y para el 100% de exceso de aire (Fig. 7B). De lo anterior, si el exceso de aire (EA) es un factor numérico y la concentración de CO_2 (conc de CO_2) es una fracción decimal de flujo total:

$$\text{Conc de } CO_2 = 1,8 / ((12,17 \times EA) - (2,55 - 1,8));$$

$$(12,17 \times EA - 0,75) = 1,8 / \text{Conc de } CO_2;$$

$$\text{de ahí } EA = ((1,8/\text{Conc de } CO_2) + 0,75) / 12,17$$

Resumiendo lo anterior, la concentración de dióxido de carbono instantánea en la corriente de gas de escape se compara con la concentración conocida que estaría presente de la combustión estequiométrica y el flujo volumétrico calculado de aire ambiental se corrige según la relación de concentración de dióxido de carbono teórica y la concentración de dióxido de carbono medida real. Se observa que, en lugar de CO₂, para calcular un factor de EA también podría usarse otro producto de combustión para el que se conocen las relaciones de concentración de combustión estequiométrica frente a no estequiométrica.

Finalmente, en la etapa E409, puede por tanto construirse una ecuación para calcular el exceso de aire, y de ahí el flujo volumétrico del gas de escape total (FE) basándose solo en la concentración de CO₂ y g/s de consumo de combustible (CC), concretamente

$$FE = 11,29 * CC * EA, \text{ en [l/s];}$$

en la que $EA = ((1,8/\text{Conc de CO}_2)+0,75)/12,17$; $CC = P (CECF/3600)$ y $P = CT * V_0$, y

$$CT \text{ se ha calculado en la etapa E405 como } CT = (0,6*V_2*AF*CR) + (Mv*0,078) + (Mv * (V_0-V_1)*F) + (Mv*9,81*\% \text{ de calidad}), \text{ en [N]}$$

Todas las salidas anteriores se derivan directamente de la masa del vehículo, velocidad del vehículo y concentración de CO₂, junto con una (u opcionalmente dos) constantes. Las expresiones pueden programarse fácilmente en un ordenador o sistema de gestión de datos basado en microprocesador para generar salida y almacenamiento en tiempo real y de todos los valores en una frecuencia fija.

Las emisiones de gases de escape gravimétricas pueden calcularse multiplicando el flujo volumétrico del gas de escape total (FE) con las mediciones proporcionadas de la concentración de masa (g/m³), o unidades que pueden convertirse fácilmente en mg/m³ (véase la Etapa E100). De ahí, el flujo del gas de escape puede combinarse con concentración contaminante másica (CCont) en una base de masa/s o masa/distancia usando las siguientes ecuaciones:

Durante un único periodo de medición ($=1/F$ [s] en la que F es la frecuencia de medición en [Hz])

$$\text{Emisiones} = (FE \text{ [m}^3/\text{s]} \times C\text{Cont [g/m}^3]) / \text{Potencia, en [g/kWs],}$$

en la que la potencia es la potencia promedio [kW] durante el periodo de medición ($1/F$ [Hz]), o

$$\text{Emisiones} = ((\text{Flujo de gas de escape [m}^3/\text{s]} \times C\text{Cont [g/m}^3]) / \text{Distancia, en [g/km],}$$

en la que la distancia es la distancia recorrida durante el periodo de medición $1/F$ [Hz]. Para frecuencias de medición distintas de 1 Hz, las unidades cambiarán consecuentemente.

Durante un ciclo de ensayo completo, las emisiones totales pueden calcularse usando el procedimiento convencional de sumar las lecturas individuales y dividir entre el tiempo total transcurrido o distancia cubierta.

La realización anteriormente proporcionada y en particular las fórmulas se facilitan a modo de ejemplo solo y no deben considerarse limitantes de ningún modo. El procedimiento de estimación de la tasa de emisión másica de la presente invención también puede basarse en diferentes fórmulas o enfoques de aproximación para estimar el flujo volumétrico del gas de escape basándose en la masa del vehículo y la velocidad, y factores opcionales adicionales para aumentar la precisión de la estimación.

La Fig. 8 muestra un diagrama de flujo de etapas según otra realización de la presente invención, que incluye:

Etapa E1: medir y registrar la masa inercial del vehículo que se ensaya;

Etapa E2: conducir el vehículo tanto sobre un dinamómetro como sobre cualquier plano fijo tal como una carretera, tanto en un patrón de conducción aleatorio como en un perfil de velocidad/tiempo predeterminado;

Etapa E3: mientras está en movimiento, extraer una muestra de gas de escape de la corriente de gas de escape en bruto y distribuir la muestra en dos instrumentos que pueden medir continuamente cada una de los contaminantes de interés;

Etapa E4: mientras está en movimiento, monitorizar continuamente la velocidad del vehículo;

Etapa E5: a una frecuencia predeterminada registrar la velocidad del vehículo, la tasa de revoluciones del motor y la concentración de cada contaminante que se mide;

ES 2 428 345 T3

Etapa E6: si también se desea medir el efecto del gradiente sobre las tasas de emisión de contaminantes, registrar adicionalmente y a la misma frecuencia la salida de un acelerómetro basado en la inercia alineado con el eje longitudinal del vehículo en ensayo;

- 5 Etapa E7: de la velocidad del vehículo registrada, para cada periodo de frecuencia, calcular la tasa de aceleración o deceleración del vehículo;

- 10 Etapa E8: usando datos empíricos o medidos para el área frontal, coeficiente de resistencia aerodinámica y pérdidas por rodamiento del neumático, calcular la fuerza de acción instantánea y potencia requerida para propulsar el vehículo a la actual combinación de tasa de velocidad/aceleración para el movimiento en un plano horizontal;

- 15 Etapa 9: la fuerza de tracción atribuible al gradiente puede determinarse restando la fuerza de atracción del plano horizontal previamente calculada a partir de la fuerza de inercia total determinada multiplicando la masa del vehículo por la tasa de aceleración registrada por el acelerómetro;

Etapa 10: de la potencia instantánea y la tasa de revoluciones del motor calcular el par motor instantáneo, teniendo en cuenta un factor genérico para la potencia absorbida por la transmisión y los accesorios accionados por el motor;

- 20 Etapa 11: usando una matriz específica o genérica para motor del consumo de combustible específico al freno (CECF) relacionado con combinaciones de la velocidad del motor y par, observar la tasa másica instantánea de consumo de combustible;

- 25 Etapa 12: usando constantes químicas convencionales, calcular el volumen de dióxido de carbono, corregido para temperatura y presión normal, generado en el actual periodo de frecuencia por la combustión estequiométrica de la masa de combustible calculada;

- 30 Etapa 13: usando las proporciones volumétricas relativas conocidas de nitrógeno y oxígeno en aire ambiental, calcular el flujo volumétrico de aire ambiental que se requeriría para la combustión estequiométrica de la masa de combustible calculada quemada en el actual periodo de frecuencia;

- 35 Etapa 14: comparar la concentración de dióxido de carbono instantánea en la corriente de gas de escape con la concentración conocida que estaría presente de la combustión estequiométrica y corregir el flujo volumétrico calculado de aire ambiental según la relación de concentración de dióxido de carbono teórica y la concentración de dióxido de carbono medida actual;

- 40 Etapa 15: a partir de las proporciones volumétricas relativas conocidas de nitrógeno y oxígeno en aire ambiental, calcular la velocidad de flujo volumétrico instantánea de nitrógeno y añadir a ésta la velocidad de flujo volumétrico de dióxido de carbono calculada, el resultado de lo cual es el flujo volumétrico del gas de escape instantáneo total calculado;

Etapa 16: para cada contaminante que se mide, multiplicar la concentración medida, convertida a gramos por unidad de volumen, por el flujo volumétrico del gas de escape instantáneo total calculado, corregido a temperatura y presión normal;

- 45 Etapa 17: integrar este resultado para cada periodo de frecuencia, junto con la actual distancia recorrida durante cada periodo de frecuencia coincidente (determinado a partir de la medición de velocidad instantánea), permite el simple cálculo de la masa de cada contaminante generado por kilómetro de desplazamiento;

- 50 Etapa 18: similarmente, integrando la potencia de motor derivada en cada periodo de frecuencia con la masa de cada contaminante emitido durante cada periodo de frecuencia permite un segundo cálculo de la masa de cada contaminante generado por kilovatio hora.

- 55 Características, componentes y detalles específicos de las estructuras de las realizaciones anteriormente descritas pueden intercambiarse o combinarse para formar otras realizaciones optimizadas para la aplicación respectiva. En tanto que aquellas modificaciones sean fácilmente evidentes para un experto en la materia, deben desvelarse implícitamente por la descripción anterior sin especificar explícitamente cualquier posible combinación, en aras de la concisión de la presente descripción.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de estimación de una tasa de emisión másica de un producto de combustión particulado o gaseoso contenido en el gas de escape de un vehículo accionado por una fuente de energía basada en la combustión, que comprende las etapas de:
- 5 medir una concentración de productos de combustión contenida en el gas de escape del vehículo durante una pluralidad de intervalos de tiempo;
- 10 determinar una masa del vehículo;
- medir una velocidad de desplazamiento del vehículo para la pluralidad de intervalos de tiempo;
- 15 estimar una velocidad de flujo volumétrico del gas de escape para la pluralidad de intervalos de tiempo basándose en la masa determinada y la velocidad de desplazamiento; y
- calcular la tasa de emisión másica del contaminante como el producto de la concentración de productos de combustión medida y la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape determinada.
- 20 2. Un procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además la etapa de medir otra concentración de productos de combustión contenida en el gas de escape del vehículo durante cada una de la pluralidad de intervalos de tiempo; en el que la otra concentración determinada se usa para corregir la velocidad de flujo volumétrico del gas de escape estimada por un factor calculado como la relación de la otra concentración de productos de combustión medida en la corriente de gas de escape frente a una concentración del otro producto de combustión en la corriente de gas de escape que resultaría de combustión estequiométrica.
- 25 3. Un procedimiento según la reivindicación 2, en el que la otra concentración de productos de combustión medida es la concentración de dióxido de carbono.
- 30 4. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que en la etapa de estimar una velocidad de flujo volumétrico del gas de escape para la pluralidad de intervalos de tiempo, una potencia instantánea requerida para propulsar el vehículo se calcula para la pluralidad de intervalos de tiempo basándose en la masa determinada y la velocidad de desplazamiento; y la potencia instantánea calculada se usa para calcular la tasa de consumo de combustible másica instantánea.
- 35 5. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además la etapa de determinar un consumo de combustible específico para potencia, en el que el consumo de combustible específico para potencia se determina tanto usando un valor de consumo de combustible específico al freno (CECF) constante estimado o usando un valor de CECF determinado basándose en la velocidad del motor medida y un par motor determinado durante el intervalo de tiempo.
- 40 6. Un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que factores empíricos o medidos para al menos una de una pérdida aerodinámica, una pérdida por rodamiento del neumático, una pérdida por transmisión o una carga de potencia accesoria se usan para determinar una potencia de tracción requerida para propulsar el vehículo a la velocidad determinada.
- 45 7. Un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que la salida de un acelerómetro basado en masa alineado con el eje longitudinal de desplazamiento se usa para determinar una carga de tracción neta debida a la suma algebraica de un gradiente y una aceleración o deceleración longitudinal.
- 50 8. Un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además la etapa de integrar las tasas de emisión másica estimadas sobre la pluralidad de intervalos de tiempo junto con la actual distancia recorrida durante la pluralidad de intervalos de tiempo para calcular la masa del producto de combustión generada por kilómetro de desplazamiento.
- 55 9. Un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además las etapas de determinar una potencia del motor usando un dinamómetro para la pluralidad de intervalos de tiempo e integrar la potencia del motor determinada con las tasas de emisión másica estimadas sobre la pluralidad de intervalos de tiempo para calcular la masa de contaminante generado por unidad de energía usada.
- 60 10. Un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que la tasa de emisión másica se estima basándose en la conducción del vehículo en una carretera normal o en una pista de pruebas dedicada.
- 65 11. Un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el vehículo se ensaya sobre un dinamómetro para estimar la tasa de emisión másica, en el que diferentes condiciones de conducción son simuladas usando curvas de carga del dinamómetro.

12. Un sistema de estimación de una tasa de emisión másica de un contaminante particulado o gaseoso contenido en el gas de escape de un vehículo accionado por una fuente de energía basada en combustión, que comprende:

5 una unidad de procesamiento;

un dispositivo analizador de emisiones para medir tasas de concentración de emisiones gaseosas y particuladas conectado a la unidad de procesamiento;

10 una manguera de muestreo que transmite una muestra de gas de escape al dispositivo para medir tasas de concentración de emisiones gaseosas y particuladas;

caracterizado porque la unidad de procesamiento está configurada para realizar el procedimiento de estimación de una tasa de emisión másica según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 - 11.

15 13. Un sistema según la reivindicación 12, que comprende además un sensor de velocidad del vehículo y un sensor de velocidad del motor conectado a la unidad de procesamiento.

20 14. Un sistema según la reivindicación 12 o la reivindicación 13, en el que el dispositivo analizador de emisiones, y el sensor de velocidad del vehículo, se disponen dentro del vehículo durante un periodo de medida para estimar la tasa de emisión másica.

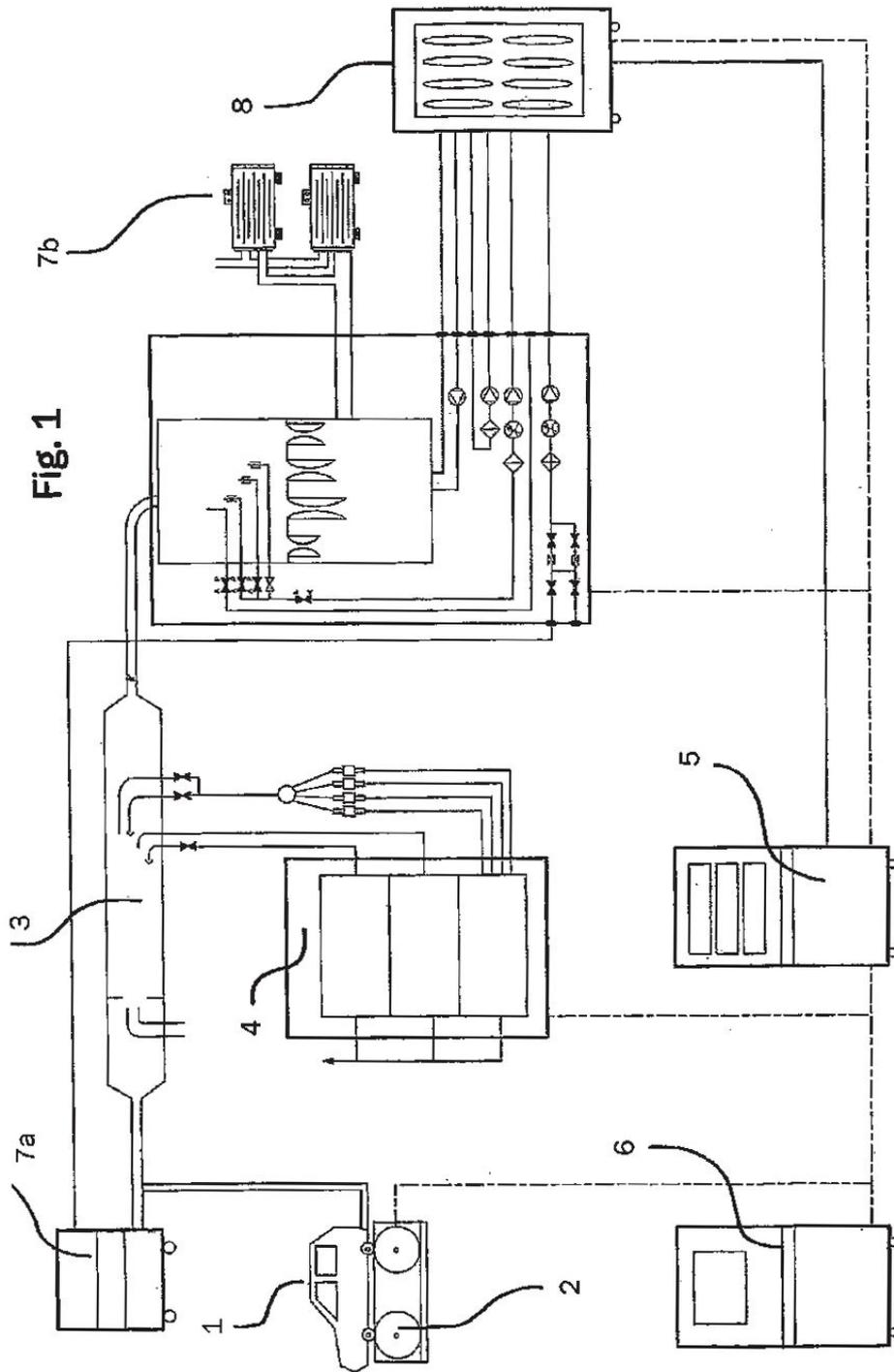


Fig. 2

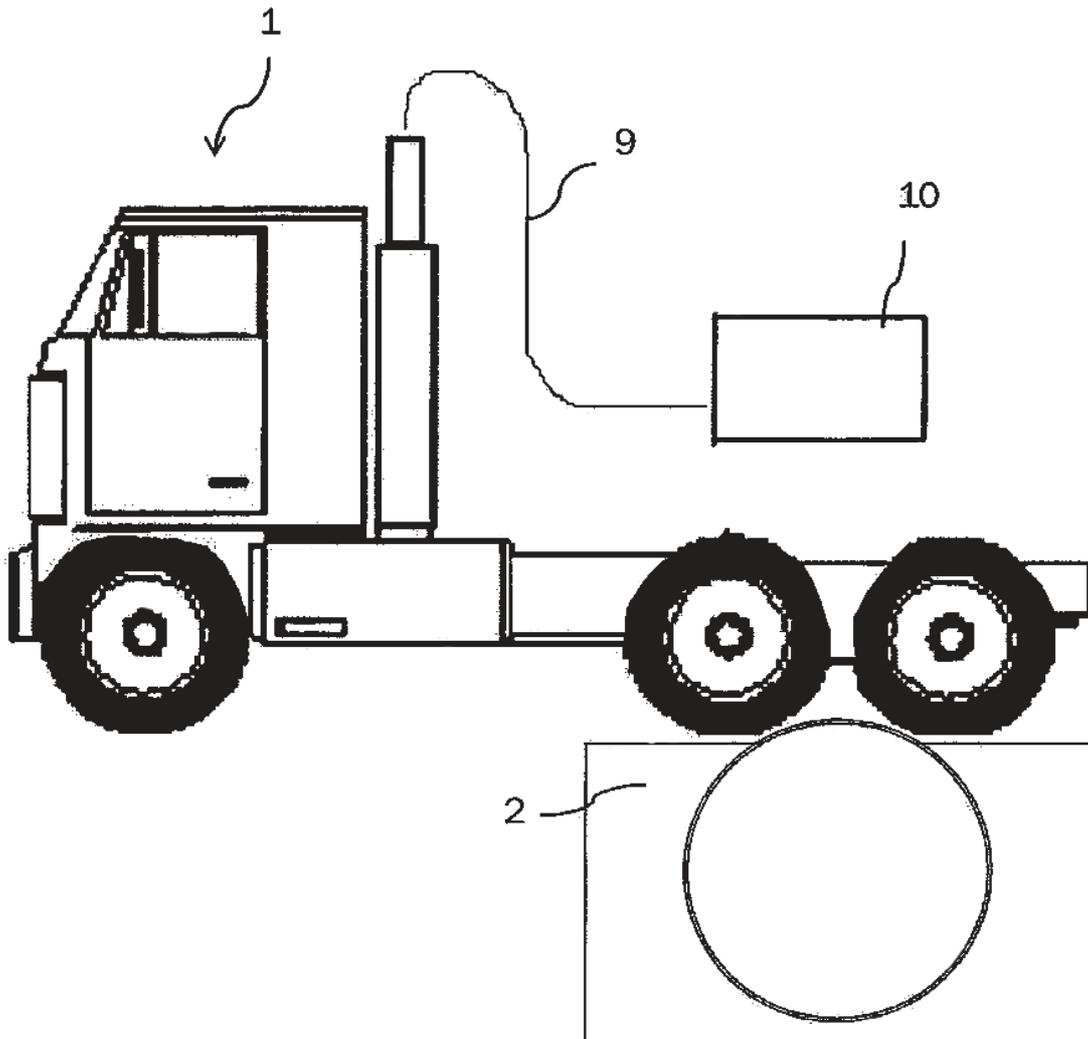


Fig. 3

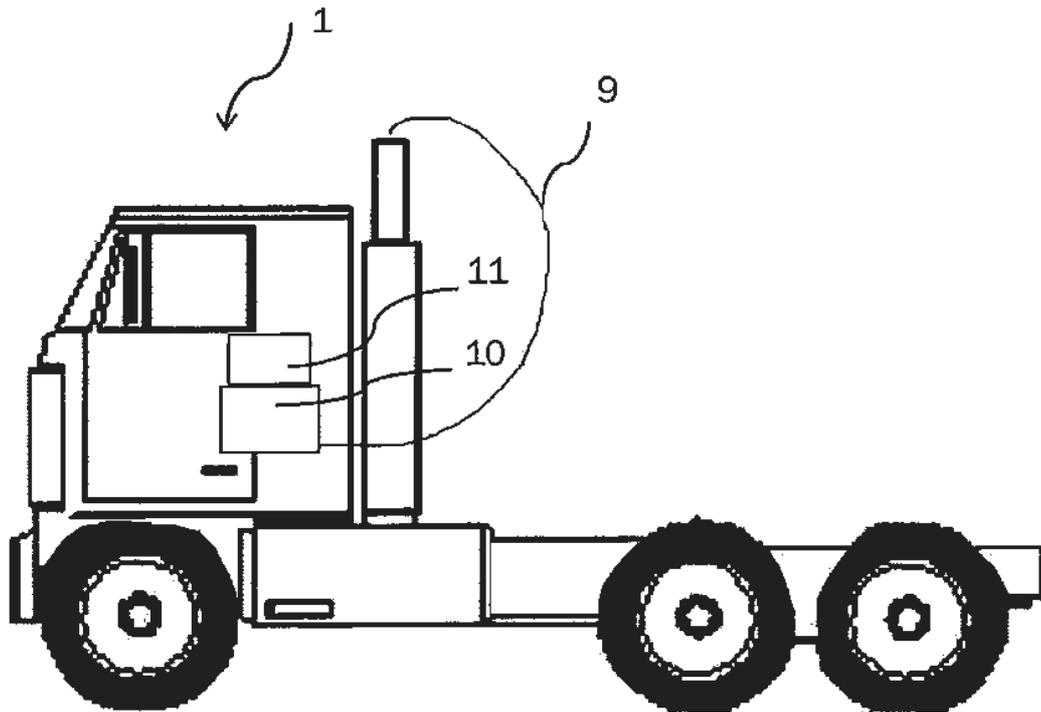


Fig. 4

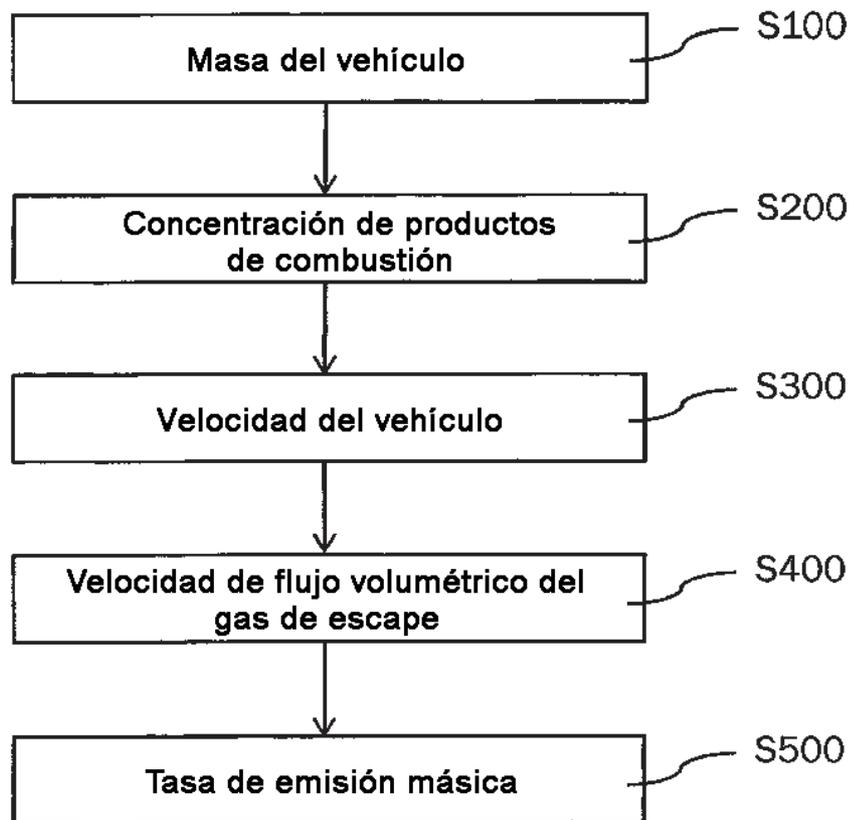


Fig. 5

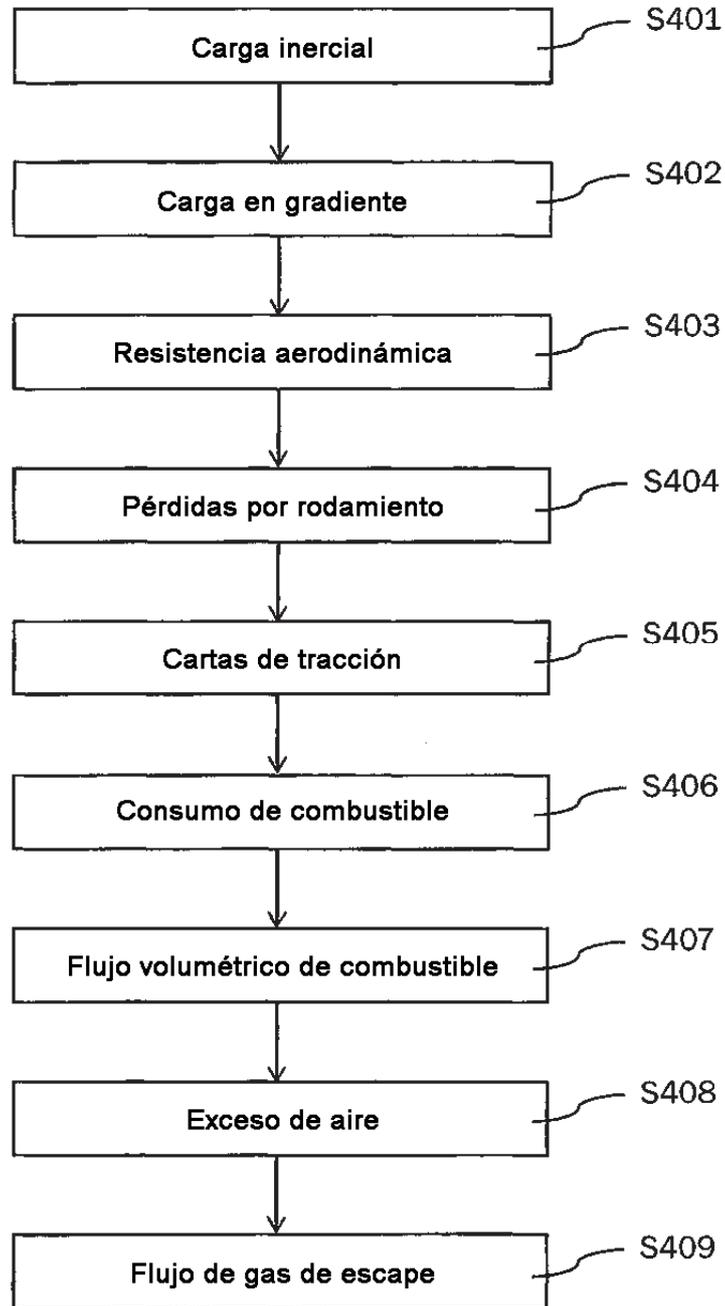


Fig. 6

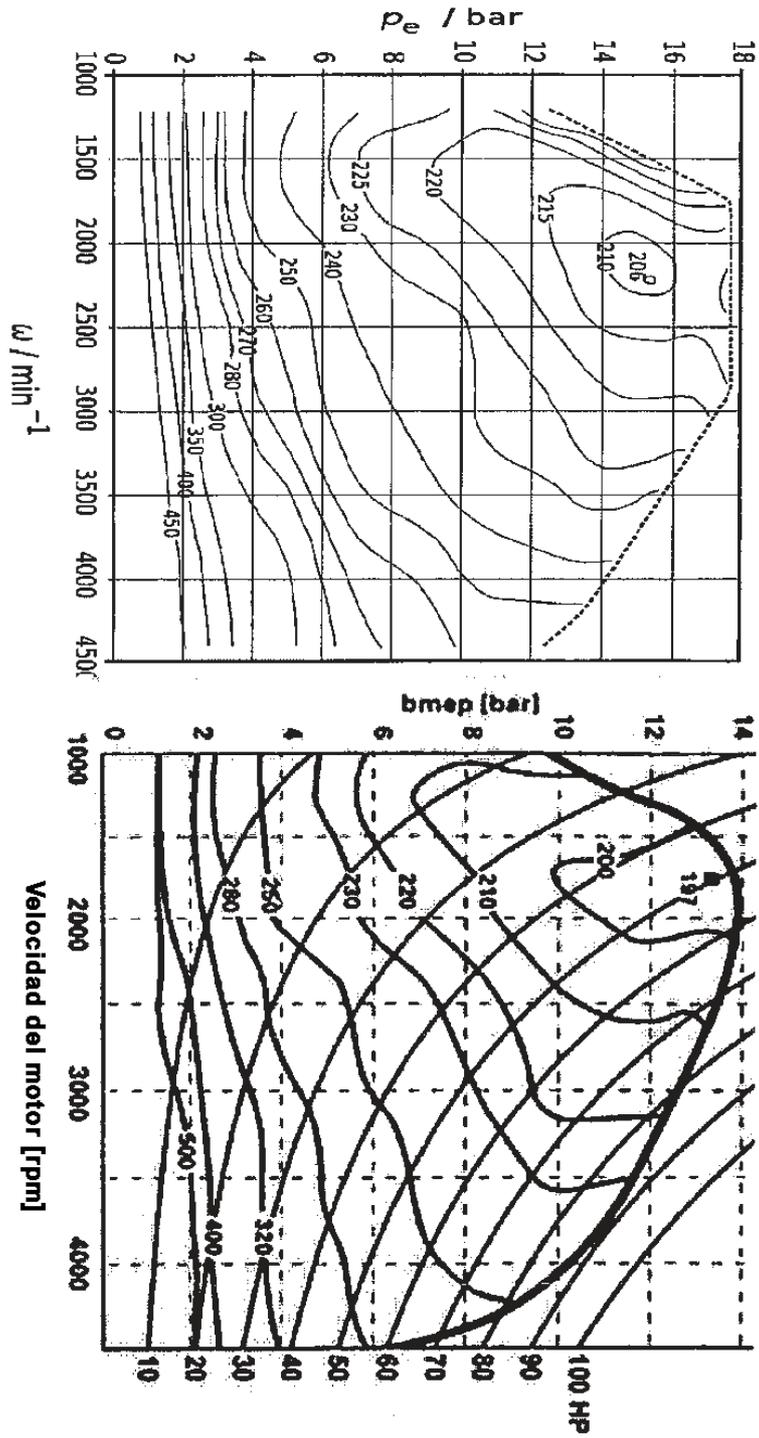


Fig. 7A

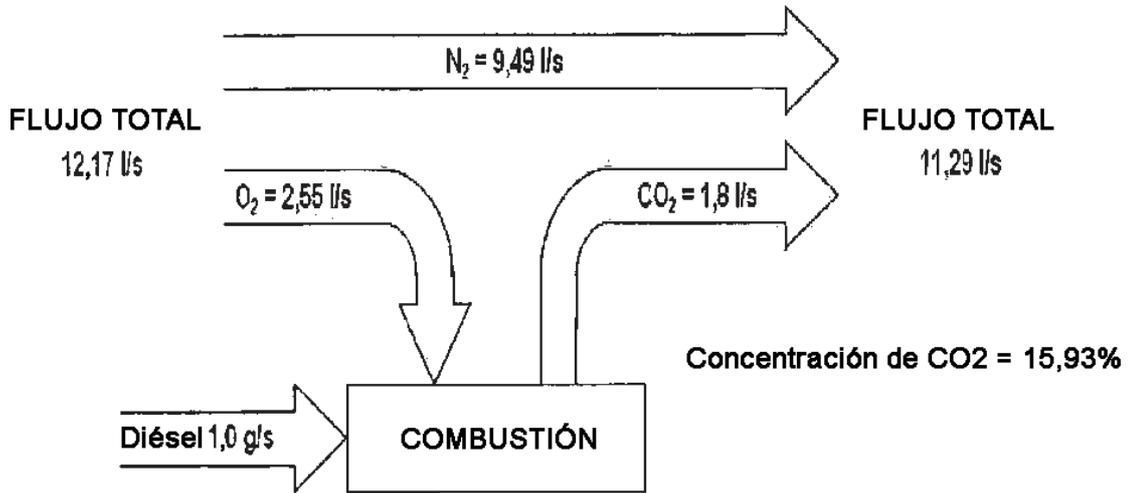


Fig. 7B

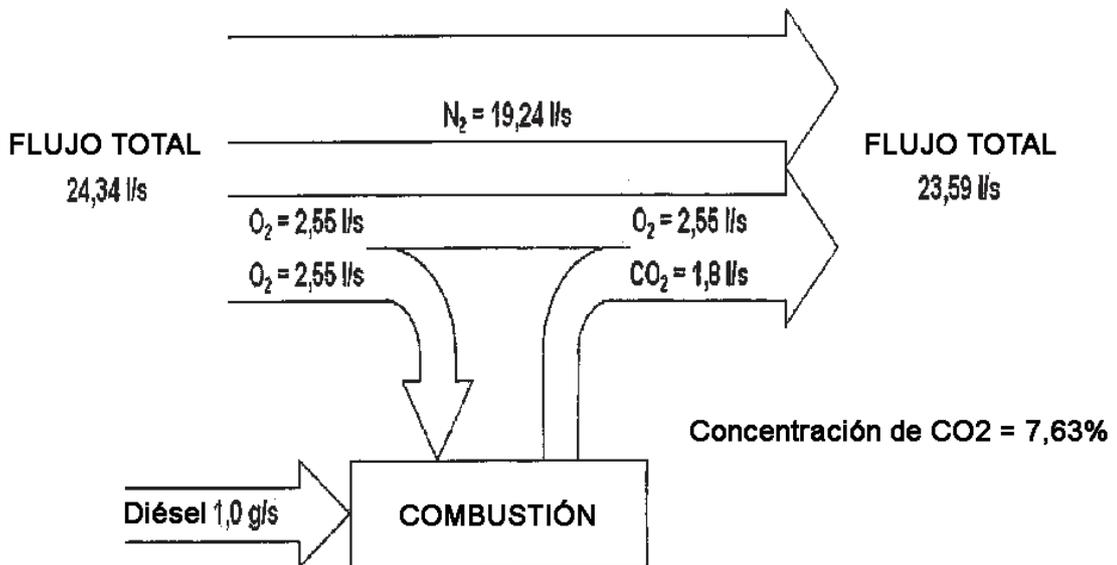


Fig. 8

