

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 278 048**

51 Int. Cl.:
F02D 41/40 (2006.01)
F02D 41/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02766752 .6**
86 Fecha de presentación : **10.04.2002**
87 Número de publicación de la solicitud: **1381767**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **21.01.2004**

54 Título: **Reducción de emisiones de motores diesel mediante inyecciones múltiples que tienen aumento de presión.**

30 Prioridad: **27.04.2001 US 844891**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.08.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.08.2007

73 Titular/es:
WISCONSIN ALUMNI RESEARCH FOUNDATION
614 North Walnut Street
Madison, Wisconsin 53705-7365, US

72 Inventor/es: **Reitz, Rolf, D. y**
Thiel, Matthew, P.

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 278 048 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

Reducción de emisiones de motores diesel mediante inyecciones múltiples que tienen aumento de presión.

5 Declaración referente a investigación patrocinada federalmente

Esta invención se realizó con soporte del Gobierno de los Estados Unidos otorgado por las siguientes agencias: Departamento de Energía, Concesión número DOE DE-FG04-2000AL66549 (Expediente DOE número S- 96. 563).

10 Campo de la invención

Esta descripción se refiere a una invención que se refiere en general a métodos y aparatos para reducir las emisiones de los motores de combustión interna y, más específicamente, a métodos y aparatos para reducir las emisiones de partículas y NO_x de motores diesel.

15 Antecedente de la invención

Los contaminantes comunes que se producen por el uso de motores de combustión interna son óxidos de nitrógeno (comúnmente denominados NO_x) y partículas (también conocidas simplemente como "carbonilla"). El NO_x está asociado generalmente a condiciones de alta temperatura de motor y puede ser reducido por el uso de medidas tales como la recirculación de gases de escape (EGR), en la que el aire de admisión del motor se diluye con gases de escape relativamente inertes (generalmente después de enfriar los gases de escape). Esto reduce el oxígeno en el frente de la llama y se obtiene una reducción de la temperatura máxima de combustión, con lo cual se impide la formación de NO_x. Las partículas incluyen una variedad de materias tales como carbono elemental, hidrocarburos pesados, ácido sulfúrico hidratado y otras moléculas grandes, y en general están asociadas a una combustión no óptima. Las partículas se pueden reducir incrementando las temperaturas de combustión y/o escape, o proporcionando más oxígeno para promover la oxidación de las partículas de carbonilla. Desgraciadamente, las medidas que reducen el NO_x tienden a incrementar las emisiones de partículas, y las medidas que reducen las partículas tienden a incrementar las emisiones de NO_x, lo cual produce lo que a menudo se denomina como "compromiso de carbonilla - NO_x".

En el momento de escribir este documento, la industria de los motores diesel está encontrándose con una legislación de emisiones rigurosa en los Estados Unidos, y está luchando para encontrar métodos para cumplir los objetivos de emisión de NO_x y de carbonilla impuestos por el gobierno para los años 2002-2004 e incluso normas más estrictas para 2008. Una medida que se está considerando es el uso de post tratamiento del escape (por ejemplo, captadores de partículas) para el control de las emisiones de carbonilla en motores diesel de camiones para trabajos pesados, así como de automóviles. Sin embargo, con el fin de cumplir las normas de durabilidad ordenadas (por ejemplo, 50.000 a 100.000 millas, 80.467 a 160.934 km), la carbonilla atrapada debe ser quemada periódicamente. Esto requiere un gasto y complejidad considerables, puesto que el combustible adicional se debe mezclar y quemar típicamente en la corriente de escape con el fin de quemar los depósitos de partículas acumuladas.

Además de los estudios dirigidos al post tratamiento, también ha habido un gran interés en el tema más fundamental de cómo reducir la generación de NO_x y de partículas en el proceso de combustión. Los estudios en este área se refieren a conformar cámaras de combustión, temporizar la inyección de combustible, modificar el modo de inyección (por ejemplo, modificando la pauta de pulverización) o ajustando a medida la velocidad de inyección durante la inyección para cumplir las normas de emisiones deseadas. Como ejemplo de la utilización de velocidades de inyección ajustadas a medida, la patente norteamericana número 5.345.916 de Amman, titulada "Velocidad de Inyección de Combustible Controlada para Optimizar el Funcionamiento de Motores de Diesel" trata de como se pueden modificar las curvas inyección (por ejemplo, las variaciones de las velocidades de inyección en el tiempo) dependiendo de la velocidad/carga del motor para optimizar el rendimiento del motor. Se ilustran ejemplos de curvas de inyección en los que la velocidad de inyección disminuye en el tiempo (figuras 5B y 5D de Amman). Otros han tomado un enfoque opuesto y proponen curvas de inyección con velocidades de inyección crecientes. Todavía otros han propuesto curvas de inyección que son considerablemente más complejas que las curvas simplemente ascendentes o descendentes, y que pueden crecer durante algún período de la carga de inyección y disminuir en otros; véase, por ejemplo, la patente norteamericana 5.425.341, de Connolly *et al.*, en la que la forma de la curva de inyección varía en complejidad dependiendo de las condiciones de velocidad/carga.

La inyección múltiple, también denominada inyección dividida, inyección piloto y post-inyección, también ha sido un método propuesto para la reducción de emisiones de NO_x y de partículas en motores diesel (véase, por ejemplo, el documento de Tow, T., Pierpont, A. y Reitz, R. D. "Reducción de Emisiones de Partículas y de NO_x utilizando Inyecciones Múltiples en un Motor Diesel 0,1 para Trabajos Pesados", Publicación SAE 940897, SAE Transactions, Volumen 103, Sección 3, Journal of Engines, páginas 1403-1417, 1994 ó 2P 11 343 912. Un motor de inyección múltiple varía del estándar de motor de "inyección única" en que la inyección de una única carga de combustible durante el ciclo de combustión es reemplazada por la inyección de varias cargas de combustible separadas en el tiempo, utilizándose menos combustible por inyección, de manera que la cantidad total de combustible finalmente inyectado por ciclo es comparable con la que se utiliza en la inyección única. Espaciando la inyección de combustible en varias cargas separadas discretas, las temperaturas de quemado y combustión se mantienen más uniformemente y la temperatura de combustión es inferior, lo cual ayuda a disminuir las emisiones. Aunque la inyección múltiple no es

de uso común en el momento de escribir este documento, motores que utilizan el concepto de inyección múltiple se encuentran ahora en producción o bajo desarrollo en Europa, Japón y los Estados Unidos.

5 Aunque la inyección múltiple ayudará a la industria de los motores diesel a cumplir los objetivos de emisiones, desgraciadamente no parece que sea una solución completa: por sí misma no disminuye las emisiones a los niveles mínimos deseados. Por lo tanto hay una necesidad significativa de métodos y aparatos que ayuden a la reducción de emisiones en los motores diesel.

Sumario de la invención

10

La invención incluye un método de acuerdo con la reivindicación 1 adjunta que pretende solucionar, al menos parcialmente, los problemas que se han mencionado con anterioridad. Para proporcionar al lector una comprensión básica de algunas características ventajosas de la invención, lo que sigue es un breve sumario de las versiones preferidas del método. Puesto que esto solamente es un sumario, se debe entender que se pueden encontrar más detalles referentes a las versiones preferidas en la descripción detallada expuesta en otros lugares de este documento. Las reivindicaciones dependientes expuestas al final de este documento definen versiones adicionales de la invención.

15

La invención se refiere a un método de inyección de combustible en un motor diesel. Se inyecta una primera carga de combustible en la cámara de combustión del motor diesel durante un ciclo de combustión. A continuación, se inyectan una o más cargas de combustible posteriores con una presión de inyección más elevada (y por lo tanto, con una velocidad de inyección más elevada) que la de la primera carga de combustible. Cuando se inyecta más de una carga de combustible después de la primera carga de combustible, cada una de ellas tendrá una presión de inyección más elevada (y por lo tanto una velocidad de inyección más elevada) que la carga de combustible anterior, de manera que la segunda carga de combustible tendrá una presión/velocidad de inyección más elevada que la primera carga, la tercera carga de combustible tendrá una presión/velocidad de inyección más elevada que la segunda carga, y así sucesivamente. Además, cada carga de combustible sucesiva en la secuencia contiene un volumen de combustible menor que la carga de combustible precedente. Se cree que esta metodología producirá unas emisiones reducidas de carbonilla y de NO_x respecto a los diseños de inyección de carga única que utilizan una temporización y un volumen de carga aproximadamente análogos (es decir, unos diseños de inyección en los que se inyecta una carga única aproximadamente en el mismo intervalo de tiempo que en los diseños de inyección múltiple de la invención, y con el mismo volumen de carga de combustible). También se cree que la invención producirá emisiones de carbonilla disminuidas respecto a aquellas obtenidas en diseños de inyección de carga múltiple comparables que utilizan presiones de inyección constante entre las cargas. Como se explicará en otros lugares en este documento, se cree que un diseño de inyección múltiple con presiones de inyección crecientes en sucesivos impulsos de combustible proporcionará una mezcla mejorada en la cámara de combustión y flujos de oxidación de carbonilla incrementados. El control de partículas se consigue ventajosamente en el interior de la cámara de combustión utilizando una modificación directa de los equipos de los sistemas de inyección existentes, sin la necesidad de captadores de partículas incómodos y caros. Además, con esta invención se puede usar la Recirculación de Gases de Escape (EGR) para proporcionar reducciones adicionales de NO_x . De esta manera, la invención permite la reducción simultánea y significativa de emisiones de NO_x y de partículas, las cuales son (en el momento de escribir este documento) las emisiones clave de preocupación en las normas ambientales de los motores diesel. El diseño de inyección múltiple también puede producir una mejor economía de combustible que los diseños de inyección única, puesto que el primer impulso de combustible de una serie puede iniciarse ligeramente antes que cuando se utiliza solamente un único impulso, de manera que la máxima cantidad de calor del impulso de combustible se libera cuando el pistón está temporizado óptimamente cerca del punto muerto superior.

45

Ventajas, características y objetos adicionales de la invención serán evidentes de la descripción detallada que sigue de la invención en conjunto con los dibujos asociados.

Breve descripción de los dibujos

50

La figura 1 es un diagrama que ilustra curvas de inyección ejemplares de diseños de inyección única y de inyección múltiple anteriores (impulsos de presión constantes) respecto a una curva de inyección ejemplar de la presente invención, un diseño de inyección múltiple (incrementando el impulso de presión).

55

Las figuras 2-5 ilustran esquemáticamente aparatos para efectuar inyecciones múltiples con presiones de inyección crecientes en los impulsos de inyección sucesivos.

Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención

60

La invención se visualizará de manera óptima con referencia a la figura 1, en la que se muestra una curva de inyección (gráfico de la velocidad de inyección o presión de inyección respecto al ángulo de cigüeñal o tiempo) de la invención, junto con curvas de inyección de diseños anteriores de inyección única y de inyección múltiple. Se debe entender que estas curvas son meramente ejemplares y la temporización de las inyecciones en relación al centro del punto muerto superior (TDC), la duración de estas inyecciones, la forma del perfil de cada carga inyectada y las alturas relativas (es decir, las velocidades/presiones relativas) de los distintos métodos de inyección en la práctica pueden variar ampliamente. En el método de inyección única "tradicional", se inyecta una única carga de combustible en o cerca del TDC. Como contraste, la inyección múltiple utiliza dos (o posiblemente más) inyecciones en o cerca del TDC, siendo la cantidad de combustible utilizada en estas cargas múltiples la misma o muy parecida a la utilizada en

65

la carga del método de carga única. El método de inyección múltiple utiliza generalmente un sistema de inyección de carril común en el que el combustible es bombeado a un carril común, que, a continuación, suministra combustible a las agujas inyectoras del motor con una presión constante elevada. Como contraste, la presente invención inyecta una serie de cargas, en la que las cargas sucesivas se suministran a unas velocidades/presiones más elevadas que las cargas precedentes.

La invención todavía no se ha probado para determinar su efectividad, pero las pruebas que condujeron a la concepción de la invención parecen indicar que la invención tendrá resultados beneficiosos. Estas pruebas se efectuaron para estudiar métodos de inyección múltiple, que (como se ha indicado previamente) se sabe que reducen las emisiones de carbonilla así como de NO_x . En estas pruebas, los inventores hicieron funcionar un motor de prueba de cilindro único utilizando inyección de impulso doble, es decir, inyección múltiple en la que se inyectó una secuencia de dos cargas de combustible, a distintas velocidades y cargas, tratando de reproducir los resultados de las pruebas de inyección múltiple anteriores. Cuando se analizó el escape del motor de prueba y se dibujaron los resultados como partículas respecto a NO_x , apareció una línea diagonal que descendía desde la región de contenido de carbonilla alta/ NO_x bajo a la región de contenido de carbonilla baja/ NO_x alto, que refleja el compromiso típico de carbonilla/ NO_x . Sin embargo, la línea parecía reflejar un contenido de carbonilla mucho más alto (y de NO_x ligeramente más alto) que lo que se encontró en pruebas anteriores utilizando el mismo aparato, y supuestamente con las mismas condiciones de prueba. Puesto que parecía que algunos parámetros del motor de prueba habían cambiado entre las pruebas anteriores y posteriores, se analizaron los resultados de las pruebas anteriores y posteriores para diagnosticar cual podía ser el cambio. Cuando se comparó la liberación de calor entre las pruebas (es decir, la derivada de la presión del cilindro respecto al ángulo de cigüeñal, como indicación del calor liberado durante el ciclo del motor), se encontró que las últimas pruebas presentaban una liberación de calor significativamente más baja asociada con el segundo impulso de combustible que en las pruebas anteriores. También se encontró que en condiciones similares de velocidad/carga del motor, resultaba que las pruebas anteriores y posteriores presentaban similares emisiones de NO_x , pero las últimas pruebas tenían emisiones de partículas más altas. Un examen adicional encontró que las partículas más altas y la liberación de calor más baja en el segundo impulso eran un resultado de un defecto en el inyector de combustible, que hacía que el segundo impulso tuviese una presión de inyección menor que la del primer impulso de combustible.

Cuando se consideró la interacción entre la presión inferior en el segundo impulso, la liberación de calor inferior producida por el mismo y las emisiones de partículas más altas del motor, parecía que la inferior presión de inyección del segundo impulso producía una combustión más incompleta que el caso en el que las presiones en los impulsos primero y segundo eran iguales. Se cree que este efecto se produce debido a que el segundo impulso - que se produce cuando el pistón se está moviendo separándose del TDC, y la presión de la cámara y la temperatura están disminuyendo respecto a las condiciones de combustión óptima - presenta una pobre mezcla en el interior de la cámara de combustión. Los chorros de combustible a presión inferior expulsados de las agujas inyectoras puede ser más cohesivos y pueden presentar gotitas de pulverización más grandes, mientras que los chorros a presión más elevada y velocidad más elevada pueden estar más atomizados y pueden presentar gotitas más pequeñas, y por lo tanto pueden proporcionar un área superficial mayor en donde se pueda iniciar la combustión. Como resultado, el segundo impulso a presión inferior puede ser más propenso a la combustión incompleta.

Se consideró entonces la hipótesis de que, puesto que se demostró que la presión del segundo impulso más baja conducía a un contenido similar de NO_x pero a un contenido de partículas más alto que cuando se mantenía la presión de inyección constante entre los impulsos, una presión de inyección más alta en el segundo impulso debería proporcionar menos partículas con un contenido similar de NO_x . Esta situación es más útil que la situación típica, puesto que el compromiso carbonilla - NO_x debería proporcionar un contenido de NO_x más alto mientras que se reduce la carbonilla. Se considera la teoría de que el contenido inferior de partículas podría producirse por uno o más factores distintos. En primer lugar, distribuyendo el combustible en impulsos múltiples en lugar de hacerlo en un único impulso se puede obtener una velocidad de quemado más controlada y emisiones disminuidas en comparación con la inyección única. En segundo lugar, la presión de inyección más alta proporcionará penachos de combustible estructurados más finamente, con mejor atomización/dispersión del combustible y área superficial más grande, favoreciendo una mezcla superior y una combustión más completa. En tercer lugar, inyectando un segundo impulso a presión de inyección alta, y en un momento en el que el pistón se está retirando del cilindro (y la presión está disminuyendo), la presión en el interior de la cámara de combustión se reforzará y se favorecerán las condiciones de combustión.

Se hace observar que, separándose de la presente invención, el concepto de inyección múltiple a presión creciente podría implantarse en la práctica con cargas de combustible de igual duración y velocidad de inyección creciente en cada impulso sucesivo. En una disposición de este tipo, el volumen de combustible inyectado en cada carga se hace sucesivamente mayor, puesto que el volumen es el producto de la duración del impulso por la velocidad de inyección. En la disposición de acuerdo con la invención, el volumen no se incrementa; las cargas de combustible suministradas tienen velocidades de inyección sucesivamente mayores, pero todas las cargas tienen un volumen de combustible en disminución y la duración del impulso está en disminución. Es deseable incrementar las velocidades de inyección entre las cargas múltiples para mejorar la mezcla, pero disminuyendo simultáneamente sus volúmenes de combustible. Esto inyectará en primer lugar las cargas que contienen la energía más grande, cuando el pistón se encuentra cerca de su punto muerto superior, para proporcionar una eficiencia del motor más elevada.

Se puede obtener una presión de inyección incrementada durante los impulsos posteriores modificando apropiadamente los sistemas de inyección de combustible actualmente disponibles. En las figuras 2-5 se ilustran ejemplos que utilizan inyectoras de carril común (CRI) normalizados, es decir, válvulas (generalmente actuadas por solenoide) fija-

ES 2 278 048 T3

das a la boquilla de inyección. Se debe entender que se pueden utilizar otros tipos de válvulas, tales como inyectores de unidad electrónica (EUI) en los que un volumen unitario de combustible se comprime a una presión de inyección alta en el interior del mismo EUI.

5 Haciendo referencia a la figura 2, una válvula 21 modulada en anchura de impulso (PWM), de respuesta rápida, está situada en la salida 22 de un carril común 23 (que es alimentado por la bomba 24 de combustible) al cual está conectado el CRI 25, siendo igual la presión de inyección del CRI 25 a la presión en el carril 23. La válvula 21 y el CRI 25 se actúan con la misma frecuencia. En el impulso de inyección inicial, la válvula 21 es modulada en un ciclo de trabajo particular efectuando alguna presión de inyección inicial. En cada impulso de inyección sucesivo, la
10 válvula 21 se modula hasta que permanece cerrada durante un período de tiempo más largo, lo cual tiene el efecto de elevar la presión en el carril 23. De esta manera, cada vez que se actúa el CRI 24, se incrementa la presión de inyección/velocidad de inyección. Dependiendo de la velocidad del motor y del intervalo entre las inyecciones, la respuesta de la válvula 21 a un cambio en el ciclo de trabajo debe ser generalmente del orden de 100 ms. Se debe entender de la ilustración esquemática de la figura 2 solamente ilustra un único CRI con el objetivo de simplificación,
15 pero si más de un cilindro se encuentra presente en un motor, se necesitarían más de un CRI y carril común (al menos uno por cilindro).

A continuación, la figura 3 ilustra otro aparato para efectuar inyecciones múltiples con presión de inyección creciente en impulsos de inyección sucesivos. Una válvula PWM 31 está situada en una salida de una bomba 32 de combustible que realimenta a su suministro. Otra salida de la bomba 32 de combustible suministra a un carril común 33, el cual a su vez suministra a un CRI 34. La válvula 31 está modulada como en el aparato de la figura 2, regulando de esta manera la presión del carril de regulación (y de inyección) con la alimentación al carril común 33 respecto al retorno al carril común 33.

25 La figura 4 muestra todavía otro aparato en el que cada una de las bombas 41 y 42 de suministro de combustible, regulada cada una de ellas a presiones de inyección de impulso primero y segundo apropiadas (suponiendo un diseño de inyección múltiple de impulso doble), está conectada a un carril común 43 por medio de unas válvulas 44 y 45 respectivas de conmutación rápida. Antes de la inyección del impulso inicial, se abre la válvula 44 entre la bomba 41 de presión inferior y el carril común 43. El CRI 46 puede entonces ser actuado para suministrar un impulso de combustible a la primera presión inferior. Después de que se haya suministrado el primer impulso de combustible, se
30 cierra la válvula 44 entre la bomba 41 de presión inferior y el carril común 43 y se abre la válvula 45 entre la bomba 42 de presión más alta y el carril común 43. Entonces el CRI 46 puede ser actuado para suministrar un impulso de combustible a la segunda presión más alta. A continuación, se cierra la válvula 45 de alta presión, y se abre la válvula 44 de baja presión, y la presión en el carril común 43 se reestablece para el primer impulso en el siguiente ciclo de combustión. Se debe entender que si se desean más de dos impulsos en cada ciclo de combustión, se pueden añadir bombas y válvulas adicionales, como se necesite.

La figura 5 ilustra un aparato similar al de la figura 4, pero aquí cada bomba 51 está acoplada a su propio carril común 52, y una válvula 53 se interpone entre cada carril 52 y el CRI 54. Puesto que cada presión está asignada a su propio carril, esta realización minimiza el volumen de combustible que debe cambiar presión.

Se entenderá que las distintas realizaciones preferidas que se han mostrado y descrito más arriba son para ilustrar características diferentes posibles de la invención y las distintas maneras en las cuales se pueden combinar estas características. Además de combinar las diferentes características de las realizaciones anteriores en varias formas,
45 también se considera que otras modificaciones se encuentran dentro del alcance de la invención. Lo que sigue es una lista ejemplar de tales modificaciones.

En primer lugar, aunque ese documento describe generalmente la invención en términos de un diseño de inyección múltiple de impulso doble, se debe entender que la invención pueden realizarse en la práctica inyectándose más de dos impulsos de combustible.

En segundo lugar, son posibles numerosos aparatos distintos para efectuar el diseño de inyección múltiple de la invención, además de los que se muestran en las figuras 2-5. Los aparatos ilustrados en estas figuras meramente reflejan modificaciones que se pueden hacer en sistemas existentes para adaptarlos a la ejecución práctica de la invención, y
55 es posible desarrollar otras modificaciones útiles de sistemas existentes, o desarrollar nuevos aparatos especialmente diseñados para utilizarse con la invención.

En tercer lugar, la invención puede ser ejecutada de manera útil en la práctica con otros medios conocidos para reducir emisiones o para mejorar la eficacia del motor de otra manera. Como ejemplo, la investigación anterior ha
60 mostrado que la Recirculación de Gases de Escape (EGR) puede ser útil para reducir las emisiones de NO_x (véase, por ejemplo, el documento de Montgomery, D.T. y Reitz, R.D. "Evaluación del Ciclo de Seis Modos del Efecto de EGR y de Inyecciones Múltiples en las Emisiones de Partículas y de NO_x de un Motor Diesel D. I." Documento SAE 960316, SAE Transactions, volumen 105, sección 3, Journal of Engines, páginas 356-373, 1996).

La invención no pretende quedar limitada a las realizaciones preferidas que se han descrito más arriba, sino que, por el contrario, se pretende que esté limitada solamente por las reivindicaciones expuestas a continuación. Por lo tanto, la invención incluye todas las realizaciones alternativas que se encuentran dentro del alcance de estas reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método de inyección de combustible de un motor diesel, que comprende inyectar una secuencia de al menos dos cargas de combustible en un cilindro de motor durante un ciclo de combustión diesel, iniciándose la secuencia con una carga de combustible inicial, en el que:
- 10 a. la carga de combustible que sucede a la carga de combustible inicial se inyecta a una presión más alta que la carga de combustible inicial, y
- 10 b. cada carga de combustible sucesiva en la secuencia contiene un volumen de combustible más pequeño que el de la carga de combustible precedente.
- 15 2. El método de la reivindicación 1, en el que cada carga de combustible sucesiva inyectada durante el ciclo de combustión diesel se inyecta con una velocidad de inyección más elevada que la de la carga de combustible precedente.
- 20 3. El método de la reivindicación 1, en el que la secuencia incluye más de dos cargas de combustible, y en el que cada carga de combustible sucesiva en la secuencia se inyecta con un velocidad de inyección más alta que la carga de combustible precedente.
- 20 4. El método de la reivindicación 1, en el que cada carga de combustible sucesiva en la secuencia tiene una velocidad de inyección más alta que la carga de combustible precedente.
- 25 5. El método de la reivindicación 1, que comprende, además, el paso de efectuar una recirculación de gases de escape utilizando los gases de combustión producidos por el cilindro del motor durante el ciclo de combustión diesel.
- 30 6. El método de la reivindicación 1:
en el que la secuencia se inyecta por medio de una válvula de inyección alimentada desde un carril, y
en el que el método comprende, además, el paso de incrementar la presión en el interior del carril, con lo cual se incrementa la velocidad de inyección entre las cargas de combustible en la secuencia.
- 35 7. El método de la reivindicación 1:
en el que la secuencia se inyecta por medio de una válvula de inyección suministrada por al menos dos carriles, teniendo cada carril una presión diferente, y
el método comprende, además, el paso de suministrar sucesivamente a la válvula de inyección desde cada uno de los carriles, con lo cual varía la velocidad de inyección entre las cargas de combustible en la secuencia.
- 40 8. El método de la reivindicación 1, en el que la carga de combustible inicial se inyecta antes del momento en el que la cámara de combustión tiene un volumen mínimo.
- 45 9. El método de la reivindicación 1, en el que al menos una porción de la carga de combustible inicial se produce durante el tiempo en el que la cámara de combustión tiene el volumen mínimo.
- 50
- 55
- 60
- 65

Fig. 1

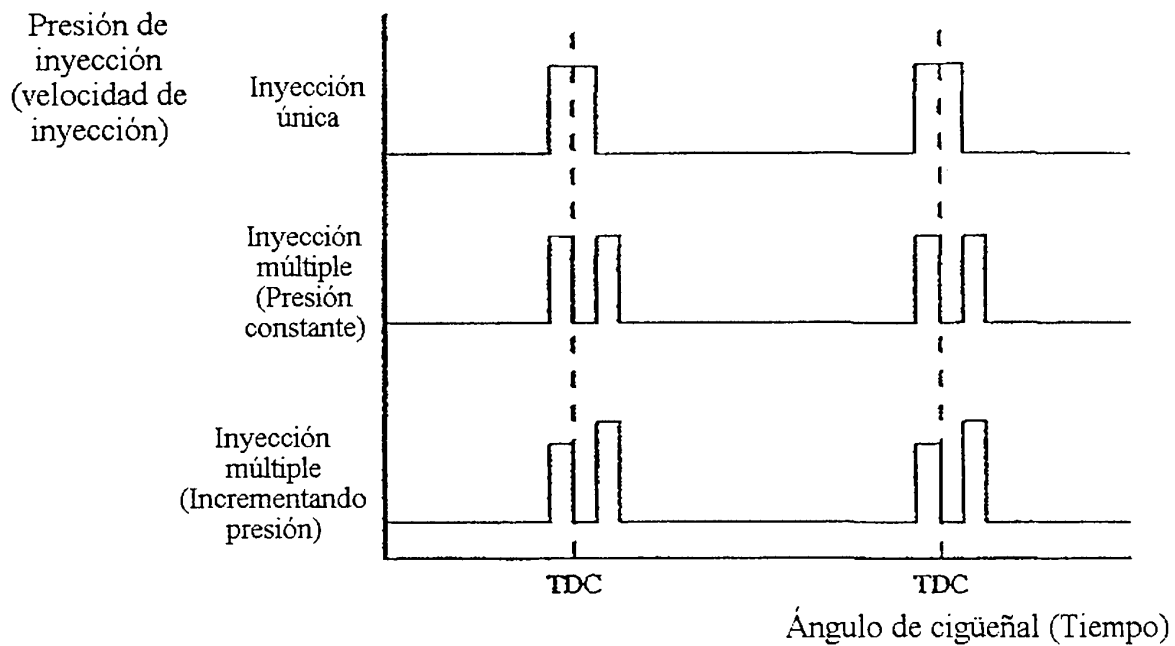


Fig. 2

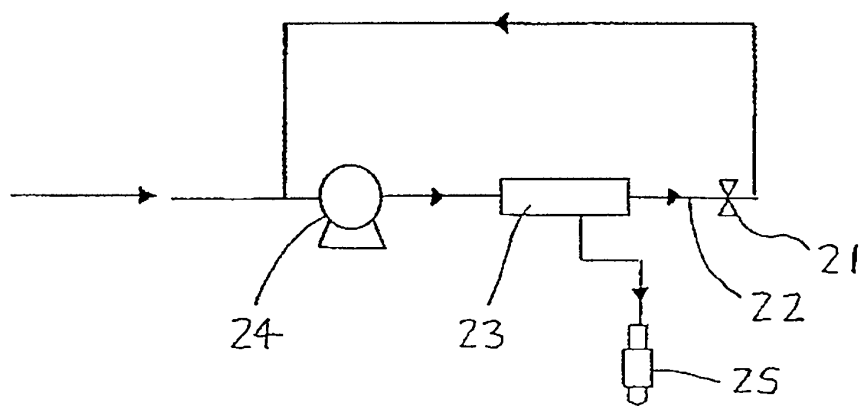


Fig. 3

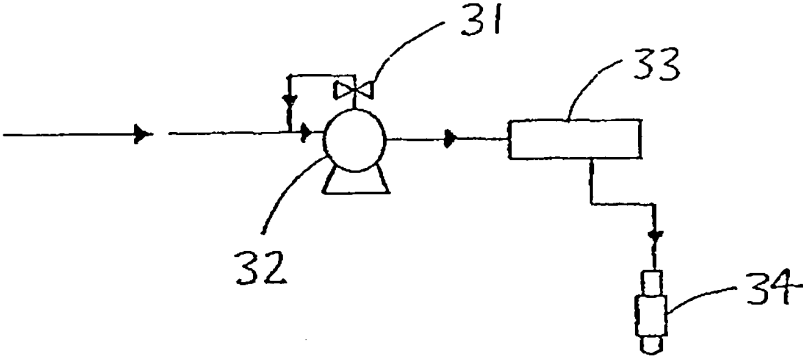


Fig. 4

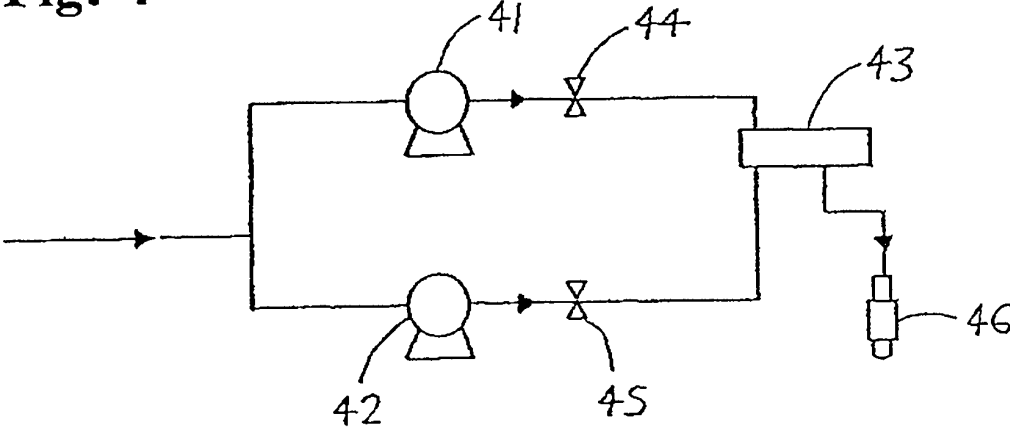


Fig. 5

