



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 307 475**

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

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **00104651 .5**
(96) Fecha de presentación : **03.03.2000**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1035314**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **13.09.2000**

(54) Título: **Método para controlar la combustión de un motor diésel de inyección directa realizando inyecciones múltiples.**

(30) Prioridad: **05.03.1999 IT TO99A0172**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.12.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.12.2008

(73) Titular/es:
C.R.F. SOCIETÀ CONSORTILE PER AZIONI
Strada Torino, 50
10043 Orbassano, Torino, IT

(72) Inventor/es: **Buratti, Riccardo y**
Tonetti, Marco

(74) Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

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 para controlar la combustión de un motor diésel de inyección directa realizando inyecciones múltiples.

5 La presente invención se refiere a un método para controlar la combustión de un motor diésel de inyección directa realizando múltiples inyecciones por medio de un sistema de inyección de colector común.

Como se sabe, para reducir la contaminación aérea y acústica, muchos países están dictando normas cada vez más estrictas que gobiernan las emisiones contaminantes y acústicas de los motores de combustión interna de vehículos.

10 En lo que se refiere a la contaminación aérea provocada por los motores diésel, los principales problemas surgen de la presencia, en el gas de escape, de óxidos nítricos (NOx), materia en partículas, monóxidos de carbono (CO) e hidrocarburos (HC). Los óxidos nítricos, en particular, se consideran actualmente responsables de un alto grado de contaminación al contribuir a la formación y el incremento del llamado “agujero de ozono” y al formar, en presencia
15 de luz solar, productos agresivos que tanto son nocivos para los seres humanos (dolencias oculares y cutáneas) como dañan diversos tipos de materiales.

Para reducir las emisiones contaminantes de los motores de combustión interna, en particular los óxidos nítricos, se han propuesto diversos sistemas, pero que no han dado los resultados deseados.

20 Algunos de estos emplean un catalizador DeNox junto con una posinyección de gasóleo después de la inyección principal, de modo que el gasóleo no quemado se mezcla con el gas de escape y participa en la reacción catalizada por el catalizador DeNox para mejorar la eficacia del catalizador.

25 Sin embargo, tal sistema proporciona simplemente la reducción más eficaz de óxidos nítricos y no tiene ningún efecto para reducir otras sustancias contaminantes o emisiones acústicas de los motores de combustión interna.

Otros sistemas que emplean una inyección auxiliar se conocen de WO-9711269, EP-A-0 534 491 y EP-A-0 621 400. En particular, WO-9711269 describe realizar una inyección principal a aproximadamente 20° antes del TDC (punto muerto superior, por sus siglas en inglés) y que tenga una duración de 40°, una preinyección antes de la inyección principal a aproximadamente -50° antes del TDC y que tenga una duración de unos pocos grados y una posinyección después de la inyección principal en el intervalo entre 100° y 270° después del TDC. EP-A-0 534 491 describe la ejecución de un prechorro de combustible que se inyecta y se somete a ignición antes del chorro principal para desarrollar un estado activado fácilmente sometible a ignición en la cámara de combustión. El prechorro inyectado
35 de combustible se mezcla con el aire en la cámara de combustión en el tiempo de compresión, provocando una reacción oxidante, llamada reacción de llama fría, que activa la atmósfera de la cámara de combustión e incrementa ligeramente la presión en la cámara de combustión. El chorro principal subsiguientemente inyectado de combustible puede así ser sometido a ignición fácilmente por el estado activado de la cámara de combustión y el motor por lo tanto puede encenderse rápidamente y suavemente sin fallar. EP-A-0 621 400 describe realizar una inyección primaria y una
40 inyección secundaria o adicional tras un intervalo de tiempo después del final de la inyección primaria. La inyección adicional puede ser una inyección suplementaria temprana o tardía. La inyección suplementaria temprana comienza en la región de la fase final de la combustión de la inyección primaria, a saber a aproximadamente 20° y 80° después del TDC, y la inyección suplementaria tardía comienza en la región entre 80° y 180° después del TDC.

45 Junto con el problema de reducir la contaminación provocada por emisiones contaminantes y sonoras de los motores de combustión interna, también existe una gran demanda de motores de combustión interna de eficacia y rendimiento cada vez mayores y consumo de combustible cada vez menor.

50 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método de control de la combustión para reducir las emisiones de contaminantes y el ruido de la combustión, mientras que al mismo tiempo se mejore la eficacia, el rendimiento y el consumo de combustible de motores diésel.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para controlar la combustión de un motor diésel de inyección directa que tiene un sistema de inyección de colector común, según se define en la reivindicación 1.

55 Una realización no limitativa preferida de la presente invención se describirá a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 muestra, esquemáticamente, un sistema de inyección de colector común de un motor diésel;

60 la Figura 2 muestra una primera estrategia de inyección de acuerdo con la presente invención;

la Figura 3 muestra estrategias de inyección adicionales de acuerdo con la presente invención.

65 El número 1 en la Figura 1 indica un sistema de inyección de colector común de un motor 2 diésel de inyección directa que comprende un número de cilindros 4; un eje 6 motor y un árbol 8 de levas (mostrado esquemáticamente por líneas de puntos y rayas); un tubo 10 de escape para los productos de combustión y un catalizador 12 de DeNox a lo largo del tubo 10 de escape.

ES 2 307 475 T3

El sistema 1 de inyección comprende un número de inyectores 14 - uno para cada cilindro 4 del motor 2 - para aportar combustible a los cilindros 4 del motor 2; y un circuito 16 de suministro de colector común para aportar combustible a los inyectores 14.

El circuito 16 de suministro comprende un depósito 18 de combustible (gasóleo); un colector 20 común para combustible de alta presión, conectado a los inyectores 14; una bomba 22 de alimentación de alta presión conectada al depósito 18 por un conducto 24 de alimentación de baja presión, y al colector 20 común por un conducto 26 de alimentación de alta presión; un regulador 28 de la presión a lo largo del conducto 26 de alimentación de alta presión; y un conducto 30 de retorno de combustible de baja presión conectado entre el regulador 28 de presión y el depósito 18.

El sistema 1 de inyección también comprende un sistema 32 de control de la inyección que comprende a su vez un primer detector 34 de posición situado sobre el eje 6 motor y que genera una primera señal de posición que indica la posición angular del eje 6 motor (ángulo del motor); un segundo detector 36 de posición situado sobre el árbol 8 de levas y que genera una segunda señal de posición que indica la posición angular del árbol 8 de levas; y una unidad 38 de control central conectada a los detectores 34, 36 de posición y que genera señales de salida para conducir el regulador 28 de presión y los inyectores 14 para efectuar una estrategia de inyección dada en cada ciclo del motor y en cada cilindro 4 del motor 2.

La unidad 38 de control central puede realizar numerosas estrategias de inyección, que proporcionan la realización de múltiples inyecciones en cada ciclo del motor y en cada cilindro 4 del motor 2.

La Figura 2, por ejemplo, muestra seis de las múltiples inyecciones, y las relaciones temporales entre ellas, realizables consecutivamente mediante la unidad 38 de control central en cada ciclo del motor y en cada cilindro 4 del motor 2.

Según se muestra en la Figura 2, la unidad 38 de control central puede realizar dos inyecciones principales cercanas indicadas PRINCIPAL1 y PRINCIPAL2; dos preinyecciones que preceden a las inyecciones principales e indicadas PILOTO y PRE; y dos posinyecciones que siguen a las inyecciones principales indicadas DESPUÉS y POS.

Más específicamente:

- las dos inyecciones principales PRINCIPAL1, PRINCIPAL2 se realizan alrededor del punto muerto superior del final de la compresión, es decir para valores angulares del motor dentro de un intervalo a caballo entre la porción final del tiempo de compresión y la porción inicial del tiempo de expansión;
- la preinyección PRE se realiza suficientemente cerca de las inyecciones principales PRINCIPAL1, PRINCIPAL2 para tener parte, junto con las inyecciones principales, en la combustión real del combustible; mientras que la preinyección piloto está más alejada de las inyecciones principales PRINCIPAL1, PRINCIPAL2 y se realiza durante el tiempo de compresión;
- la posinyección DESPUÉS se realiza suficientemente cerca de las inyecciones principales PRINCIPAL1, PRINCIPAL2 para tener parte, junto con las inyecciones principales y la preinyección PRE, en la combustión real del combustible; mientras que la posinyección POS está más alejada de las inyecciones principales PRINCIPAL1, PRINCIPAL2 y se realiza durante el tiempo de escape o al final del tiempo de expansión.

Más específicamente, la primera inyección principal PRINCIPAL1 dura de 100 a 4000 μ s, y comienza en un valor del ángulo del motor que varía entre 30° antes y 10° después de la posición del punto muerto superior, y que es principalmente una función de la velocidad, la carga y la temperatura del agua de enfriamiento del motor 2.

La segunda inyección principal PRINCIPAL2 dura de 100 a 2000 μ s y se realiza después de la primera inyección principal PRINCIPAL1 con las siguientes características cronológicas:

- la segunda inyección principal PRINCIPAL2 comienza con un valor del ángulo del motor que varía entre 30° antes y 10° después de la posición del punto muerto superior del motor 2; y
- la segunda inyección principal PRINCIPAL2 comienza al menos 80 μ s después del final de la primera inyección principal PRINCIPAL1.

La primera posinyección DESPUÉS dura de 100 a 1000 μ s y se realiza después de la segunda inyección principal PRINCIPAL2 con las siguientes características cronológicas:

- la primera posinyección DESPUÉS comienza con un valor del ángulo del motor que varía entre 0° (es decir, punto muerto superior) y 100° después de la posición del punto muerto superior; y
- la primera posinyección DESPUÉS comienza al menos 80 μ s después del final de la segunda inyección principal PRINCIPAL2.

ES 2 307 475 T3

La segunda posinyección POS dura de 100 a 500 μ s y se realiza después de la primera posinyección DESPUÉS con las siguientes características cronológicas:

- la segunda posinyección POS comienza con un valor del ángulo del motor que varía entre 20° antes y 200° después de la posición del punto muerto superior, o entre 270° y 360° después de la posición del punto muerto superior; y
- la segunda posinyección DESPUÉS comienza al menos 280 μ s después del final de la primera posinyección DESPUÉS.

La primera preinyección PILOTO dura de 100 a 1000 μ s y se realiza antes de la segunda preinyección PRE con las siguientes características cronológicas:

- la primera preinyección PILOTO comienza con un valor del ángulo del motor que varía entre 60° antes de la posición del punto muerto superior y 0° (es decir, punto muerto superior); y
- la primera preinyección PILOTO finaliza al menos 280 μ s antes del comienzo de la segunda preinyección PRE.

La segunda preinyección PRE dura de 100 a 1000 μ s y se realiza después de la primera preinyección PILOTO y antes de la primera inyección principal PRINCIPAL1 con las siguientes características cronológicas:

- la segunda preinyección PRE comienza con un valor del ángulo del motor que varía entre 60° antes de la posición del punto muerto superior y 0° (es decir, punto muerto superior); y
- la segunda preinyección PRE finaliza al menos 80 μ s antes del comienzo de la primera inyección principal PRINCIPAL1.

Los tiempos de inyección anteriores se memorizan en la unidad 38 de control central que, para realizar las inyecciones múltiples anteriores, calcula en primer lugar los valores del ángulo del motor iniciales y finales de la primera inyección principal PRINCIPAL1 como una función de la velocidad, la carga y la temperatura del agua de enfriamiento del motor y a continuación, usando los tiempos memorizados, determina los valores del ángulo del motor iniciales y finales de cada una de las otras inyecciones.

Cada una de las inyecciones anteriores tiene un efecto específico sobre el funcionamiento del motor 2 para un propósito específico.

En particular:

- realizar dos inyecciones principales PRINCIPAL1 y PRINCIPAL2, en oposición a la única inyección principal habitual, reduce los máximos de temperatura y de ahí la cantidad de óxidos nítricos NOx generados durante la combustión;
- la posinyección DESPUÉS - que, según se indica, tiene parte en el proceso de combustión real - proporciona posoxidación del gas de escape en el cilindro 4 y así reducción de la cantidad de materia en partículas generada durante la combustión;
- la posinyección POS proporciona inyección de combustible durante el tiempo de escape; combustible que, observando como ya ha terminado el proceso de combustión real, permanece sin quemar y alcanza el escape inalterado, incrementado así los hidrocarburos HC en el escape, que, a su vez, activan e incrementan la eficacia del catalizador DeNox;
- la preinyección PRE - que, según se indica, tiene parte en el proceso de combustión real - proporciona una reducción en el retardo de la ignición - es decir, el intervalo de tiempo entre la inyección del combustible en el cilindro 4 en la inyección principal PRINCIPAL1 y el comienzo real de la combustión en el cilindro 4 - reduciendo así el ruido de combustión generado por el motor 2; y
- la preinyección PILOTO proporciona un incremento de la presión en el cilindro 4 al final del tiempo de compresión, reduciendo así el tiempo de arranque del motor 2, reduciendo el ruido y la producción de humos del motor 2 en la fase de calentamiento del motor e incrementado la torsión producida por el motor 2 a bajas velocidades del motor.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, en cada ciclo del motor y en cada cilindro 4 del motor 2, las seis inyecciones anteriores pueden realizarse con los tiempos indicados o, dependiendo del objetivo de la estrategia de inyección, pueden realizarse subgrupos de las inyecciones anteriores que comprenden al menos la primera inyección principal PRINCIPAL1 y al menos una inyección adicional seleccionada dentro de la segunda preinyección PRE; la segunda inyección principal PRINCIPAL2 y la primera posinyección DESPUÉS.

ES 2 307 475 T3

Si se realizan menos de las seis inyecciones anteriores, las condiciones cronológicas con relación a los valores del ángulo del motor al comienzo de la inyección de las inyecciones realizadas realmente permanecen como se indica anteriormente, mientras que las condiciones cronológicas relativas al retardo o adelanto de las inyecciones realizadas con respecto a las inyecciones precedentes o subsiguientes son como sigue:

- en ausencia de la segunda preinyección PRE, el adelanto de la primera preinyección PILOTO indicado anteriormente ha de tomarse en referencia a la primera inyección principal PRINCIPAL1, es decir, la primera preinyección PILOTO finaliza al menos 280 μ s antes de que comience la primera inyección principal PRINCIPAL1;
- en ausencia de la segunda inyección principal PRINCIPAL2, el retardo de la primera posinyección DESPUÉS indicada anteriormente ha de tomarse en referencia a la primera inyección principal PRINCIPAL1, es decir, la primera posinyección DESPUÉS comienza al menos 80 μ s después de que termine la primera inyección principal PRINCIPAL1, mientras que el retardo de la segunda posinyección POS con respecto a la primera posinyección DESPUÉS sigue siendo como se indica anteriormente;
- en ausencia de la primera posinyección DESPUÉS, el retardo de la segunda posinyección POS indicada anteriormente ha de tomarse en referencia a la segunda inyección principal PRINCIPAL2, es decir, la segunda posinyección POS comienza al menos 280 μ s después de que termine la segunda inyección principal PRINCIPAL2; y
- en ausencia de la segunda inyección principal PRINCIPAL2 y la primera posinyección DESPUÉS, el retardo de la segunda posinyección indicada anteriormente ha de tomarse en referencia a la primera inyección principal PRINCIPAL1, es decir, la segunda posinyección POS comienza al menos 280 μ s después de que termine la primera inyección principal PRINCIPAL1.

Para cada grupo de inyecciones realizado, también es posible ajustar la cantidad de combustible inyectado en cada inyección múltiple.

Puramente a modo de ejemplo, la Figura 3 muestra unas pocas de las muchas estrategias que pueden ponerse en práctica en un cilindro 4 de un motor 2 y en un ciclo del motor usando solo algunas de las inyecciones descritas anteriormente.

En particular, la Figura 3 muestra:

- una primera estrategia RM, que realiza la preinyección PRE para inyectar 10% del combustible y una inyección principal PRINCIPAL1 para inyectar 90% del combustible;
- una segunda estrategia PRM, que realiza la preinyección PILOTO para inyectar 10% del combustible, la preinyección PRE para inyectar 10% del combustible y la inyección principal PRINCIPAL1 para inyectar 80% del combustible;
- una tercera estrategia MA, que realiza la inyección principal PRINCIPAL1, para inyectar 80% del combustible y la posinyección DESPUÉS para inyectar 20% del combustible;
- una cuarta estrategia PMA, que realiza la preinyección PILOTO para inyectar 10% del combustible, la inyección principal PRINCIPAL1 para inyectar 10% del combustible y la posinyección DESPUÉS para inyectar 20% del combustible;
- una quinta estrategia RMA, que realiza la preinyección PRE para inyectar 10% del combustible, la inyección principal PRINCIPAL1 para inyectar 70% del combustible y la posinyección DESPUÉS para inyectar 20% del combustible;
- una sexta estrategia PRMA, que realiza la preinyección PILOTO para inyectar 10% del combustible, la preinyección PRE para inyectar 10% del combustible, la inyección principal PRINCIPAL1 para inyectar 60% del combustible y la posinyección DESPUÉS para inyectar 20% del combustible;
- una séptima estrategia PMM1, que realiza la preinyección PILOTO para inyectar 10% del combustible, la inyección principal PRINCIPAL1 para inyectar 45% del combustible y la inyección principal PRINCIPAL2 para inyectar 45% del combustible;
- una octava estrategia PMM2, que realiza la preinyección PILOTO para inyectar 10% del combustible, la inyección principal PRINCIPAL1 para inyectar 30% del combustible y la inyección principal PRINCIPAL2 para inyectar 60% del combustible;
- una novena estrategia PMMA, que realiza la preinyección PILOTO para inyectar 10% del combustible, la inyección principal PRINCIPAL1 para inyectar 30% del combustible, la inyección principal PRINCIPAL2 para inyectar 40% del combustible y la posinyección DESPUÉS para inyectar 20% del combustible; y

ES 2 307 475 T3

- una décima estrategia PRMM, que realiza la preinyección PILOTO para inyectar 10% del combustible, la preinyección PRE para inyectar 10% del combustible, la inyección principal PRINCIPAL1 para inyectar 35% del combustible y la inyección principal PRINCIPAL2 para inyectar 45% del combustible.

5 Por supuesto, pueden idearse numerosas estrategias de inyección y numerosas variaciones elaboradas a partir de las descritas anteriormente. Por ejemplo, pueden realizarse tres inyecciones principales en oposición a dos, o pueden proporcionarse dos preinyecciones piloto sucesivas en oposición a solo una.

10 De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, el modo en el que se controlan las inyecciones múltiples (por lo que se entiende el número y el tipo de inyecciones) varía en función del punto de funcionamiento del motor 2, según se define por la velocidad y la torsión del motor, y por las condiciones de trabajo, por ejemplo temperatura, del motor 2.

15 A modo de ejemplo, lo siguiente es una descripción de uno de los posibles modos en los que pueden controlarse inyecciones múltiples como una función de las condiciones de funcionamiento del motor 2, y que proporciona la realización de las siguientes estrategias de inyección:

- una primera estrategia de inyección cuando se pone en marcha el motor 2, y que proporciona la realización de las preinyecciones PILOTO y PRE para reducir el tiempo de arranque y la formación de humos del motor 2, y a continuación la inyección principal PRINCIPAL1;
- una segunda estrategia de inyección cuando el gas de escape está por debajo de la temperatura de catálisis (es decir, a temperaturas a las que no se realiza reducción en óxidos nítricos por el catalizador 12 DeNox), y que proporciona la realización de la preinyección PRE para reducir el ruido, y una inyección principal PRINCIPAL1 y una posinyección DESPUÉS para reducir la cantidad de materia en partículas producida;
- una tercera estrategia de inyección durante el ciclo de emisión a temperatura DeNox (es decir, cuando los óxidos nítricos son reducidos por el catalizador 12 DeNox), y que proporciona la realización de la preinyección PRE para reducir el ruido, las dos inyecciones principales PRINCIPAL1 y PRINCIPAL2 para reducir los óxidos nítricos NOx, la posinyección DESPUÉS para reducir la cantidad de materia en partículas producida y la posinyección POS para incrementar la eficacia del catalizador DeNox;
- una cuarta estrategia de inyección durante el ciclo de emisión a alta temperatura, y que proporciona la realización de la preinyección PRE para reducir el ruido, las dos inyecciones principales PRINCIPAL1 y PRINCIPAL2 para reducir los óxidos nítricos NOx y la posinyección después para reducir la materia en partículas;
- una quinta estrategia de inyección en la fase de toma o calentamiento, y que, además de la inyección principal PRINCIPAL1, también proporciona la realización de las preinyecciones PILOTO y PRE para reducir el ruido y los fallos de encendido, es decir, anomalías de combustión;
- una sexta estrategia de inyección en la fase de alta torsión y baja velocidad del motor, y que, además de la inyección principal PRINCIPAL1, también proporciona la realización de las preinyecciones PILOTO y PRE para reducir el ruido e incrementar el momento de torsión;
- una séptima estrategia de inyección a velocidad del motor y condiciones de carga medias/altas y cuando se conduce por autopistas, y que proporciona la realización de la preinyección PRE para reducir el ruido y las dos inyecciones principales PRINCIPAL1 y PRINCIPAL2 para reducir el consumo; y
- una octava estrategia de inyección en condiciones de potencia máxima, y que proporciona la realización de la preinyección PILOTO para incrementar la potencia, y la inyección principal PRINCIPAL1.

55 Las ventajas del método de control de la combustión de acuerdo con la presente invención se aclararán a partir de la descripción precedente.

En particular, el método de acuerdo con la invención proporciona, por una parte, reducir mucho las emisiones de contaminantes y el ruido de combustión y, por otra parte, mejorar la eficacia y el rendimiento y reducir el consumo del motor 2.

60 Por otra parte, poner en práctica el método de control de la combustión de acuerdo con la invención por medio de un sistema de inyección de colector común - que, como se sabe proporciona un uso flexible altamente versátil - no solo permite que la presente invención se use en cualquier tipo de motor diésel, sino que también proporciona un funcionamiento óptimo, en términos de emisiones, rendimiento y consumo, del motor diésel particular al que se aplica la invención.

65 Claramente, pueden realizarse cambios en el método de control que se describe y se ilustra en la presente memoria sin apartarse sin embargo del alcance de la presente invención, según se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar la combustión de un motor (2) diésel de inyección directa que tiene un sistema (1) de inyección de colector común, comprendiendo dicho método la etapa de realizar una primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1) alrededor del punto muerto superior del final de la compresión y al menos una de una primera inyección de combustible auxiliar (PRE) antes de dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1), y una segunda inyección de combustible auxiliar (DESPUÉS, PRINCIPAL2) después de dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1); **caracterizado** porque dicha inyección de combustible auxiliar (PRE, DESPUÉS, PRINCIPAL2) se realiza cerca de dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1) para tomar parte, junto con la primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1), en la combustión real del combustible; y porque dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1) comienza con un ángulo del motor que es función principalmente de la velocidad y la carga de dicho motor (2).
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1) comienza con un ángulo del motor que varía entre 30° antes y 10° después de dicho punto muerto superior.
3. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1) dura de 100 a 4000 μ s.
4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque comprende la etapa de realizar ambas de dichas inyecciones de combustible auxiliares primera y segunda (PRE, PRINCIPAL2, DESPUÉS).
5. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicha primera inyección de combustible auxiliar (PRE) es una primera preinyección de combustible (PRE) que comienza con un ángulo del motor que varía entre 60° antes de dicho punto muerto superior y el punto muerto superior.
6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque dicha primera preinyección de combustible (PRE) dura de 100 a 1000 μ s.
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 5 ó 6, **caracterizado** porque dicha primera preinyección de combustible (PRE) finaliza al menos 80 μ s antes del comienzo de dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1).
8. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicha primera preinyección de combustible (PRE) inyecta una cantidad de combustible menor que dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1).
9. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicha segunda inyección de combustible auxiliar es una primera posinyección de combustible (DESPUÉS) que comienza con un ángulo del motor que varía entre dicho punto muerto superior y 100° después del punto muerto superior.
10. Un método de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado** porque dicha primera posinyección de combustible (DESPUÉS) dura de 100 a 1000 μ s.
11. Un método de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10, **caracterizado** porque dicha primera posinyección de combustible (DESPUÉS) comienza al menos 80 μ s después del final de dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1).
12. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado** porque dicha primera posinyección de combustible (DESPUÉS) inyecta una cantidad de combustible menor que dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1).
13. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, **caracterizado** porque también comprende la etapa de realizar una segunda inyección de combustible principal (PRINCIPAL2) después de dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1) y precediendo a dicha primera posinyección de combustible (DESPUÉS).
14. Un método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado** porque dicha segunda inyección de combustible principal (PRINCIPAL2) comienza con un ángulo del motor que varía entre 30° antes y 100° después de dicho punto muerto superior.
15. Un método de acuerdo con la reivindicación 13 ó 14, **caracterizado** porque dicha segunda inyección de combustible principal (PRINCIPAL2) dura de 100 a 2000 μ s.

ES 2 307 475 T3

16. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, **caracterizado** porque dicha segunda inyección de combustible principal (PRINCIPAL2) comienza al menos 80 μ s después del final de dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1).
- 5 17. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 16, **caracterizado** porque también comprende la etapa de realizar una segunda posinyección de combustible (POS) después de dicha primera posinyección de combustible (DESPUÉS) y realizada durante el tiempo de escape.
- 10 18. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, **caracterizado** porque dicha segunda posinyección de combustible (POS) comienza con un ángulo del motor que varía entre 20° antes y 210° después de dicho punto muerto superior, o entre 270° y 360° después de dicho punto muerto superior.
- 15 19. Un método de acuerdo con la reivindicación 17 ó 18, **caracterizado** porque dicha segunda posinyección de combustible (POS) dura de 100 a 500 μ s.
- 20 20. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, **caracterizado** porque dicha segunda posinyección de combustible (POS) comienza al menos 280 μ s después del final de dicha primera posinyección de combustible (DESPUÉS).
- 25 21. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 20, **caracterizado** porque dicha segunda posinyección de combustible (POS) inyecta una cantidad de combustible menor que dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1).
- 30 22. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque dicha segunda inyección de combustible auxiliar es una segunda inyección de combustible principal (PRINCIPAL2) que comienza con un ángulo del motor que varía entre 30° antes y 10° después de dicho punto muerto superior.
- 35 23. Un método de acuerdo con la reivindicación 22, **caracterizado** porque dicha segunda inyección de combustible principal (PRINCIPAL2) dura de 100 a 2000 μ s.
- 40 24. Un método de acuerdo con la reivindicación 22 ó 23, **caracterizado** porque dicha segunda inyección de combustible principal (PRINCIPAL2) comienza al menos 80 μ s después del final de dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1).
- 45 25. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 22 a 24, **caracterizado** porque además comprende la etapa de realizar una primera posinyección de combustible (DESPUÉS) tras dicha segunda inyección de combustible principal (PRINCIPAL2) y realizada cerca de dichas inyecciones de combustible principales primera y segunda (PRINCIPAL1, PRINCIPAL2) para tomar parte, junto con las inyecciones de combustible principales primera y segunda (PRINCIPAL1, PRINCIPAL2), en la combustión real del combustible.
- 50 26. Un método de acuerdo con la reivindicación 25, **caracterizado** porque dicha primera posinyección de combustible (DESPUÉS) comienza con un ángulo del motor que varía entre dicho punto muerto superior y 100° después del punto muerto superior.
- 55 27. Un método de acuerdo con la reivindicación 25 ó 26, **caracterizado** porque dicha primera posinyección de combustible (DESPUÉS) dura de 100 a 1000 μ s.
- 60 28. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 25 a 27, **caracterizado** porque dicha primera posinyección de combustible (DESPUÉS) comienza al menos 80 μ s después del final de dicha segunda inyección de combustible principal (PRINCIPAL2).
- 65 29. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 25 a 28, **caracterizado** porque dicha primera posinyección de combustible (DESPUÉS) inyecta una cantidad de combustible menor que dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1).
30. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 25 a 29, **caracterizado** porque también comprende la etapa de realizar una segunda posinyección de combustible (POS) después de dicha primera posinyección de combustible (DESPUÉS) y que comienza con un ángulo del motor que varía entre 20° antes y 210° después de dicho punto muerto superior, o entre 270° y 360° después de dicho punto muerto superior.
31. Un método de acuerdo con la reivindicación 30, **caracterizado** porque dicha segunda posinyección de combustible (POS) dura de 100 a 500 μ s.
32. Un método de acuerdo con la reivindicación 30 ó 31, **caracterizado** porque dicha segunda posinyección de combustible (POS) comienza al menos 280 μ s después del final de dicha primera posinyección de combustible (DESPUÉS).

ES 2 307 475 T3

33. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 30 a 32, **caracterizado** porque dicha segunda posinyección de combustible (POS) inyecta una cantidad de combustible menor que dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1).

5 34. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque también comprende la etapa de realizar una segunda preinyección de combustible (PILOTO) que precede a dicha primera inyección de combustible auxiliar (PRE) y realizada durante el tiempo de compresión.

10 35. Un método de acuerdo con la reivindicación 34, **caracterizado** porque dicha segunda preinyección de combustible (PILOTO) comienza con un ángulo del motor que varía entre 60° antes de dicho punto muerto superior y el punto muerto superior.

15 36. Un método de acuerdo con la reivindicación 34 ó 35, **caracterizado** porque dicha segunda preinyección de combustible (PILOTO) dura de 100 a 1000 μ s.

 37. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 34 a 36, **caracterizado** porque dicha segunda preinyección de combustible (PILOTO) finaliza al menos 280 μ s antes del comienzo de dicha primera inyección de combustible auxiliar (PRE).

20 38. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 34 a 37, **caracterizado** porque dicha segunda preinyección de combustible (PILOTO) inyecta una cantidad de combustible menor que dicha primera inyección de combustible principal (PRINCIPAL1).

25

30

35

40

45

50

55

60

65

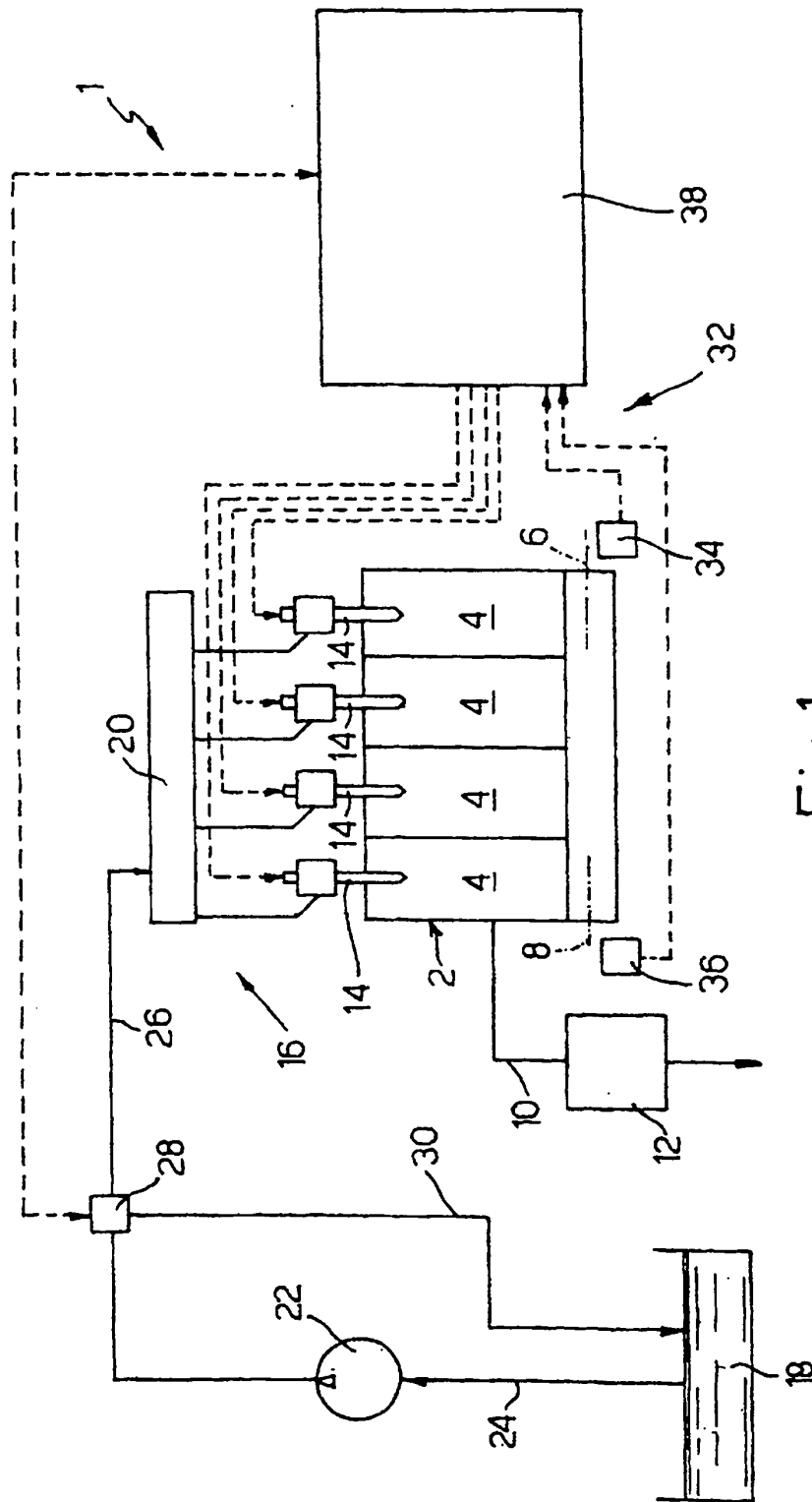


Fig.1

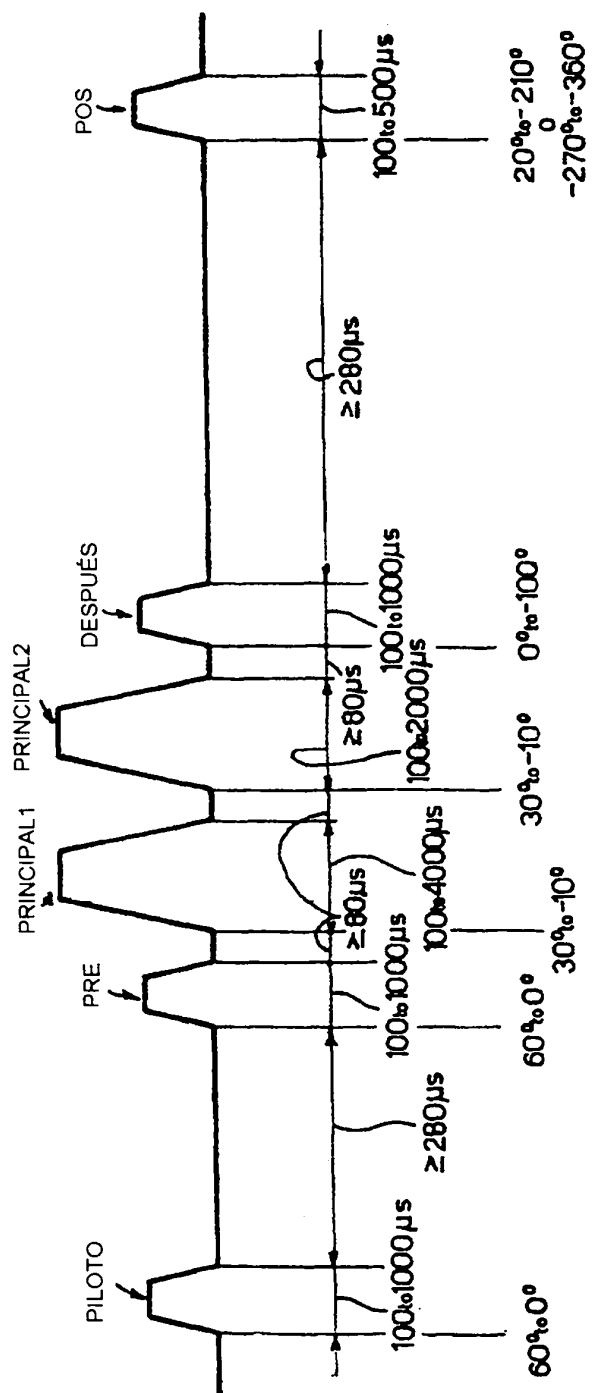


Fig.2

Fig.3

