



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 268 181**

⑤1 Int. Cl.:
F02D 41/02 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **03004151 .1**

⑧6 Fecha de presentación : **26.02.2003**

⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1452712**

⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **01.09.2004**

⑤4 Título: **Control del calentamiento del catalizador para un motor diesel.**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2007

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2007

⑦3 Titular/es: **Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha
1, Toyota-cho
Toyota-shi, Aichi 471-8571, JP**

⑦2 Inventor/es: **Sasaki, Shizuo;
Yoshizaki, Kouji;
Kobayashi, Nobuki y
Hashimoto, Yoshiki**

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

Control del calentamiento del catalizador para un motor diesel.

5 **Antecedentes de la invención****Campo de la invención**

La presente invención está relacionada con una técnica de calentamiento de un catalizador para un motor diesel.

10

Descripción del arte relacionado

Los catalizadores han sido utilizados ampliamente en los motores diesel con el fin de purificar los gases de escape. Tales catalizadores no muestran típicamente la actividad de purificación hasta que no se calienten por encima de una temperatura predeterminada. En consecuencia, la operación de calentamiento para elevar la temperatura del lecho del catalizador se ejecuta típicamente al arrancar el motor diesel.

15

Los procedimientos de calentamiento del catalizador del motor diesel propuestos hasta la fecha actual proporcionan los procedimientos expuestos en el documento JP11-229973A y en el miembro de la familia EP1167727A. Una técnica incluye el suministro de un segundo paso EGR independiente para el calentamiento del catalizador además del primer conducto de paso EGR usual. El primer conducto de paso EGR provoca la recirculación de los gases de escape hacia la entrada de aire desde un punto en zona de aguas arriba del catalizador, mientras que el segundo conducto de paso EGR genera la recirculación de los gases de escape hacia la entrada de aire desde un punto en zona de aguas abajo del catalizador. Cuando el catalizador se encuentra a baja temperatura, la recirculación de los gases de escape hacia la toma de aire desde un punto en zona de aguas abajo del catalizador a través del segundo conducto de paso EGR provoca que todos los gases de escape pasen a través del catalizador, de forma que la temperatura del catalizador se eleve de forma más rápida. Otra técnica incluye un control genérico del calentamiento del catalizador.

20

La operación normal inmediatamente después de la operación de calentamiento del catalizador, no obstante, puede enfriar el catalizador con una cantidad substancial del flujo del gas de escape, desactivando por tanto el catalizador. En consecuencia, existe la necesidad de una técnica para acelerar el calentamiento del catalizador y poder mantener su actividad.

30

Sumario de la invención

35

La presente invención está dirigida a la resolución de este problema, y tiene el objeto de proporcionar una técnica para acelerar el calentamiento del catalizador para mantener su actividad.

La presente invención pertenece a un motor diesel tal como se expone en la reivindicación 1. El controlador está configurado para ejecutar la operación en un primer modo de calentamiento en un periodo de calentamiento anterior después del arranque del motor diesel, y ejecutando la operación en un segundo periodo de calentamiento en un periodo de calentamiento posterior después del periodo de calentamiento temprano, con el fin de acelerar y mantener la activación del catalizador. El primer modo de configuración está configurado para proporcionar más energía al catalizador con los gases de escape que en el modo de operación normal del motor diesel, el cual se ejecuta después del periodo de calentamiento final. El segundo modo de calentamiento está configurado para proporcionar los gases de escape de una temperatura más alta al catalizador que en el modo de operación normal.

40

En el motor diesel de la presente invención, el controlador está configurado para ejecutar las siguientes tres operaciones en el primer modo de calentamiento: (i) controlar el dispositivo de inyección de combustible de forma tal que la inyección del combustible esté subdividida en la inyección piloto y la inyección principal; (ii) configurar una proporción de carga de la inyección para la inyección piloto a un nivel más alto que una proporción de la carga de inyección para la inyección piloto en el modo de operación normal, y (iii) retardar la sincronización de tiempos de inyección para la inyección principal con respecto a sincronización de tiempos para la inyección principal en el modo de operación normal.

50

La presente invención está dirigida también a un método de operación de un motor diesel tal como se expone en la reivindicación 17. El método comprende las etapas de la ejecución de la operación del motor en un primer modo de calentamiento en el periodo previo de calentamiento del motor diesel, con el fin de acelerar la activación del catalizador; y la ejecución de la operación del motor en un segundo modo de calentamiento en un periodo de calentamiento posterior después del periodo de calentamiento previo, con el fin de mantener la actividad del catalizador. El primer modo de calentamiento está configurado para proporcionar más energía al catalizador con los gases de escape que con un modo de operación normal del motor diesel, en el que el modo de operación normal se ejecuta después del periodo de calentamiento posterior. El segundo modo de calentamiento está configurado para proporcionar gases de escape con una temperatura más alta al catalizador que con el modo de operación normal.

55

En el método de operación de la presente invención, la operación del motor en el primer modo de calentamiento se incluye: (i) el control del dispositivo de inyección de combustible de forma tal que la inyección del combustible se subdivide en la inyección piloto y la inyección principal; (ii) configurar una proporción de carga de inyección para la

60

inyección piloto en un nivel más alto que la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto en el modo de operación normal; e (iii) retardar la sincronización de tiempos de inyección para la inyección principal en un tiempo de inyección para la inyección principal en el modo de operación normal.

5 La presente invención puede realizarse de varias formas, tales como en un motor diesel (motor de combustión interna de encendido por compresión), un dispositivo de control del calentamiento del catalizador para un motor diesel, un método de operación para el motor, un armazón del vehículo que utiliza un motor diesel, y así sucesivamente.

10 Estos y otros objetos, características, aspectos y ventajas de la presente invención llegarán a ser evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

15 La figura 1 es un diagrama ilustrativo que muestra una configuración simplificada del motor diesel 10 de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 2 es un diagrama conceptual que muestra el cambio en la concentración de distintas sustancias en los gases de escape de la combustión al incrementarse gradualmente la velocidad del sistema EGR.

20 La figura 3 es un diagrama conceptual que muestra el contenido de cambio de los humos del gas de escape de la combustión y el consumo de energía que tienen lugar con el cambio de la relación aire/combustible (A/C).

La figura 4 es un gráfico que muestra las zonas de operación para la combustión de baja temperatura y la combustión normal.

25 La figura 5 ilustra un concepto de la operación de calentamiento del catalizador.

La figura 6 ilustra la operación de un motor diesel 10 en una primera realización del control de calentamiento.

30 Las figuras 7A y 7B ilustran la relación del cambio de presión dentro de la cámara de combustión y la liberación de calor durante el periodo de calentamiento.

La figura 8 ilustra un resultado experimental de la operación de calentamiento del catalizador.

35 La figura 9 muestra la modificación de la proporciones de la carga de la inyección y de la sincronización de inyección con referencia a la temperatura del refrigerante del motor.

La figura 10 ilustra la operación del motor diesel 10 en una segunda realización del control de calentamiento.

40 La figura 11 ilustra la relación de la sincronización de tiempos de la inyección y la carga de inyección principal en la zona de fallo de encendido.

La figura 12 ilustra el cambio en la temperatura del gas de escape T_g que tiene lugar en ciertas condiciones de la inyección de combustible.

45 La figura 13 representa gráficamente la relación de la proporción de la carga de inyección piloto y la temperatura del gas de escape T_g .

La figura 14 es una sección transversal longitudinal de una cámara de combustión.

50 La figura 15 ilustra la operación del motor diesel 10 en una tercera realización del control de calentamiento.

La figura 16 ilustra el efecto de un calentamiento del catalizador en el ajuste del regulador de admisión VNT.

55 La figura 17 ilustra la operación del motor diesel 10 en una cuarta realización del control de calentamiento.

Descripción de la realización preferida

60 Las realizaciones de la invención se describirán en el orden indicado más adelante:

- A. Visión general de la configuración del dispositivo y de su operación;
- B. Solución conceptual para la aceleración del calentamiento del catalizador y del mantenimiento de la actividad del catalizador en el arranque del motor;
- 65 C. Realización 1 del control del calentamiento;
- D. Realización 2 del control del calentamiento;

E. Realización 3 del control del calentamiento;

F. Realización 4 del control del calentamiento;

G. Variaciones.

A. Visión general de la configuración del dispositivo y de su operación

La figura 1 es un diagrama ilustrativo que muestra una configuración simplificada de un motor diesel 10 de acuerdo con una realización de la presente invención.

El motor diesel es un motor denominado de cuatro cilindros que tiene cuatro cámaras de combustión números 1-4. Cada cámara de combustión está alimentada con aire a través de una línea 12 de entrada de aire. El dispositivo de inyección de combustible comprende una bomba de combustible 18, un raíl común 19, y las válvulas 14 de inyección de combustible. El combustible se presuriza por la bomba de combustible 18, y se distribuye a las válvulas 14 de inyección de combustible de las cámaras de combustión a través del raíl común 19. Las válvulas 14 de inyección de combustible están controladas por una unidad de control 30, para inyectar las cantidades apropiadas de combustible en el interior de las cámaras de combustión bajo una sincronización de tiempos apropiada. Los gases de salida generados por la combustión son expulsados a través de un tubo de escape 16. El motor diesel 10 de esta realización se utiliza como un motor para generar potencia motriz para un vehículo.

El motor 10 comprende también un turbocompresor 20. El turbocompresor 20 comprende una turbina 21 dispuesta en el tubo de escape 16; un compresor 22 dispuesto dentro de la tubería de toma de aire 12; un eje 23 que conecta estos dos componentes; y un accionador 26 para regular la dimensión de la abertura de la boquilla 25 de entrada de la turbina 21. Conforme los gases de escape ya quemados se expulsan desde las cámaras de combustión hacen girar la turbina 21 del turbocompresor 20, el compresor 22 gira por medio del eje 23, comprimiendo el aire y suministrándolo a las cámaras de combustión. El turbocompresor 20 es un turbocompresor de capacidad variable, en el cual la presión motriz del aire puede variarse por medio de un actuador 26, y que se conoce típicamente como turbocompresor de boquilla variable (VNT) o bien turbocompresor de geometría variable.

Se encuentra dispuesto un limpiador de aire (no mostrado) en el extremo de la zona de aguas arriba del compresor 22. El compresor 22 comprime el aire aspirado por medio del limpiador de aire, y lo suministra a las cámaras de combustión. El aire comprimido por el compresor 22 es enfriado por un refrigerador intermedio 24 antes de ser suministrado a las cámaras de combustión. Se encuentra dispuesta una válvula 28 de regulación (válvula de regulación de toma de aire) en la zona de aguas abajo del refrigerador intermedio 24.

El catalizador principal 40 está dispuesto dentro de la tubería de escape 16 en la zona de aguas abajo de la turbina 21. El catalizador principal 40 comprende por ejemplo un catalizador del tipo de oclusión/reducción de NOx, que puede eliminar ambas partículas y SOF (fracción orgánica soluble), y NOx de los gases de escape de la combustión.

Los catalizadores del tipo de oclusión/reducción de NOx almacenan NOx cuando la relación de aire-combustible llega a ser más alta que la relación teórica de aire-combustible (es decir, la denominada mezcla pobre) conforme la reacción de la combustión avanza en la cámara de combustión. Cuando la relación de aire-combustible es inferior a la relación teórica de aire-combustible (es decir, una mezcla denominada como rica) o igual a la relación teórica de aire-combustible (es decir, denominada como relación estequiométrica), se liberan los productos de NOx almacenados. Mediante esta operación, el NOx presente en los gases de escape de la combustión se purifica. Los catalizadores del tipo de oclusión/reducción de NOx tienen también la actividad del catalizador de oxidación. Los gases de escape de la combustión se purifican por la oxidación en el catalizador y SOF presente en los gases de escape de la combustión.

El tubo de escape 16 y el tubo de toma de aire 12 están conectados por una tubería EGR 60 de forma que los gases de escape puedan hacerse recircular a la tubería 12 de toma de aire, a través de la tubería 60 EGR. El flujo de los gases de escape que se hacen recircular a la tubería 12 de toma de aire está controlado por la regulación de la abertura de una válvula EGR 62 y la válvula 28 de regulación. Adicionalmente, el refrigerador EGR 64 está dispuesto en la tubería EGR de forma que los gases de escape de la combustión se enfríen por el refrigerador EGR 64 antes de ser introducidos en la tubería 12 de toma de aire. El catalizador EGR 66 está dispuesto en la zona de aguas arriba del refrigerador EGR 64. El catalizador 66 tiene un catalizador de oxidación que oxida y elimina las partículas (tales como SOF) presentes en los gases de escape de la combustión. El catalizador 66 EGR es opcional.

La unidad de control 30 recibe las medias de los sensores suministrados para detectar las revoluciones del motor Ne, depresión L del acelerador, y la temperatura del refrigerante del motor Ten, y en respuesta a estas medidas controla la bomba de combustible 18, las válvulas de inyección de combustible 14, la válvula EGR 62, la válvula de regulación 28 y así sucesivamente. Se proporcionan también otros sensores. Por ejemplo, se proporciona en el raíl común 9 un sensor de presión 50 para detectar la presión del combustible. El medidor de flujo de aire 52 para detectar el flujo del aire de toma se proporciona en la tubería 12 de la toma de aire en la zona de aguas arriba del compresor 22. La tubería de escape 16 se proporciona con un sensor 72 de la relación de aire-combustible, para detectar la relación de aire-combustible. El catalizador principal 40 está provisto con un sensor de temperatura 42 para detectar la temperatura del lecho del catalizador.

La figura 2 es un diagrama conceptual que muestra el cambio en la concentración del NOx, humo, concentración de CO (monóxido de carbono), y la concentración HC (compuestos de hidrocarburos no quemados) en el gas de escape de la combustión, conforme aumenta la velocidad EGR ([flujo de gas EGR]/[flujo de gas EGR + flujo de aire de entrada]). La sincronización de tiempos de la inyección de combustible está fijada en los ejemplos de la figura 2. En este caso, el “humo” es un indicador que representa la concentración de las partículas finas de carbono en suspensión, tal como el hollín, presentes en los gases de escape, y que se mide por un dispositivo de medida dedicado denominado como medidor de humos. Los gases de escape exentos completamente de partículas finas de carbón en suspensión, tales como el hollín, tienen un valor de humos de 0, en donde el valor de los humos se incrementa con las concentraciones progresivamente mayores de las partículas. En el ejemplo ilustrado en la figura 2, el valor del humo comienza a elevarse una vez que la tasa EGR pasa por encima del 40%, pero con un incremento adicional en la tasa EGR, por encima del 60%, en donde ya no se genera substancialmente ningún humo. La concentración de NOx disminuye al incrementarse la tasa EGR. Es decir, una tasa EGR suficientemente alta da lugar a emisiones de NOx que caen cerca de un valor cero (como máximo aproximadamente 10 ppm) con un humo cerca del valor cero también. En este caso, el modo de combustión en el que la tasa EGR se ajuste al 60% o superior para reducir el humo y las concentraciones de NOx se denominará como una “combustión de baja temperatura”. El modo normal, realizado a una tasa EGR inferior que con la combustión de baja temperatura se denominará como “combustión normal”. En la combustión normal, la tasa EGR se mantiene al 50% o inferior. La designación de “combustión a baja temperatura” se refiere al hecho de que en este modo de combustión, la temperatura de combustión localizada dentro de las cámaras de combustión se mantiene para reducir significativamente los niveles de la temperatura de combustión normal, debido a la acción de los gases EGR. Las temperaturas de combustión localizadas inferiores se conocen por tender a reducir el humo y las emisiones NOx. La combustión de baja temperatura está descrita con detalles en la patente de los EE.UU. número 6131388, cuya exposición se incorpora aquí como referencia a todos los fines.

Tal como se muestra en la parte más superior de la figura 2, la relación aire-combustible disminuye a incrementarse la tasa EGR. Para un flujo de toma total dado (la suma del flujo de aire de entrada y el flujo de gas EGR) suministrado a una cámara de combustión en un ciclo de admisión, un flujo de gas EGT mayor significa un flujo de admisión de aire menor. Puesto que la concentración de oxígeno en los gases EGR es típicamente inferior que en el aire ambiente, el flujo de gas EGR más alto, es decir, con una tasa EGR más alta, significa que la relación de aire-combustible está más cerca de la parte rica. Tal como se muestra en la figura 2, la tasa EGR para la combustión de baja temperatura es más alta que para la combustión normal, y la relación de aire-combustible se desplazará en consecuencia hacia la parte rica con respecto a la combustión normal.

En un motor diesel, la combustión se realiza típicamente en torno a una relación pobre de aire-combustible. Al implementarse el sistema EGR, la relación de aire-combustible se mantendrá a nivel pobre durante la combustión normal. Mediante el incremento del flujo de gas EGR adicionalmente, la combustión se puede realizar en torno bajo unas condiciones de una relación de aire-combustible equivalente a la relación de aire-combustible teórica (estequiometría). Aunque en sentido estricto la relación de aire-combustible es dependiente de la formulación del combustible, para virtualmente todos los combustibles, en donde virtualmente todos los combustibles tienen una relación de aire-combustible de un valor próximo cercano a 14,7-14,8. El incremento del flujo de gas EGR más allá de la condición de la relación de aire-combustible teórica proporciona una relación de aire-combustible rica.

La figura 3 es un diagrama conceptual que muestra el cambio en las distintas características relacionadas con la combustión (contenido de humo del gas de escape de combustión), consumo de combustible del motor diesel, temperatura del lecho del catalizador) que tiene lugar en la relación de aire-combustible (A/C) mediante la manipulación de la tasa EGR. La temperatura del lecho del catalizador y la temperatura del gas de entrada del catalizador se refieren aquí respectivamente a la temperatura del lecho del catalizador medida en el catalizador principal 40 en la figura 1, y la temperatura del gas de escape de combustión que entra en el catalizador 40. Tal como se muestra en la figura 3, la combustión de baja temperatura está clasificada como combustión pobre de baja temperatura realizada en la parte pobre de la relación teórica de aire-combustible, y la combustión rica de temperatura baja realizada en la parte rica de la relación teórica de aire-combustible.

La combustión pobre a temperatura baja añade niveles suficientemente bajos de humo, así como también un consumo de combustible suficientemente apto para que sea aceptable incluso en comparación con la combustión normal. Tal como se muestra en la figura 2, con una combustión pobre de temperatura baja, las concentraciones de HC y CO en los gases de escape de la combustión son más altas que con la combustión normal. No obstante, la combustión a baja temperatura tiende a producir menos gases de escape de combustión y unas temperaturas más altas del gas de escape de la combustión que la combustión normal. Así pues, la temperatura del lecho del catalizador puede mantenerse a un nivel más alto con la combustión a baja temperatura (véase la figura 3). Manteniendo el lecho del catalizador a una alta temperatura de esta forma, es sencillo reducir las concentraciones de HC y CO en los gases de escape expulsados hacia el exterior. De esta forma, la combustión pobre de baja temperatura, a través de la combinación con el catalizador principal 40, es un excelente modo de combustión que añade la emisión de gases de escape extremadamente limpios.

Tal como se ha expuesto, la combustión a baja temperatura representa un modo de combustión en el cual la temperatura de la combustión se reduce mediante la recirculación de un gran flujo de gases EGR. En consecuencia, la combustión a baja temperatura está limitada substancialmente para ser utilizada con cargas bajas. Es decir, para operar el motor a una carga más alta, es necesario incrementar la cantidad de inyección del combustible y el flujo de la admisión de aire. Puesto que, como norma general, no cambia el valor total del flujo de aire aspirado en una cámara de combustión durante un ciclo de admisión y el flujo de recirculación de los gases de escape el la parte de la admisión,

al incrementar el flujo de aire tendrá el efecto de reducir el flujo recirculado de los gases de escape hasta un valor correspondiente. Así pues, si la carga es alta, no será posible mantener la tasa EGR a un nivel suficientemente alto para que tenga lugar una combustión a temperatura baja. En consecuencia, la combustión normal se lleva a cabo en con unas cargas medias y altas. El NOx formado por la combustión normal a cargas medias y altas está ocluido por el catalizador principal 40, el cual es un catalizador del tipo de oclusión/reducción de NOx. El NOx ocluido se reduce por el HC y CO emitidos durante la combustión a baja temperatura para cargas bajas.

La figura 4 es un gráfico que muestra las zonas de operación para la combustión a baja temperatura y la combustión normal. Tal como se muestra en la figura 4, en la zona R1, si la coedición operativa del motor es de una potencia de salida relativamente baja, puede realizarse la combustión pobre a baja temperatura, mientras que en la zona R2 de potencia de salida relativamente alta, se lleva a cabo la combustión normal. En la zona R1, no obstante, puede realizarse también la combustión normal. En otras palabras, en la zona R1 se selecciona la combustión a baja temperatura o la combustión normal. Más específicamente, se configuran mapas que indican un objetivo de control de la relación aire-combustible del gas de escape, con la velocidad del motor y el par del motor necesario como parámetros, y se almacenan respectivamente como un mapa para la combustión de baja temperatura y un mapa para la combustión normal, y siendo detectada la relación de aire-combustible mediante el sensor de aire-combustible 72, instalado en la línea de escape 16 controlándose con la relación de aire-combustible de objetivo, de acuerdo con el mapa adecuado para el modo de combustión seleccionado. Los mapas se almacenan en la memoria ROM (no mostrada) en la unidad de control 30.

Tal como se muestra en la figura 3, la combustión rica a baja temperatura representa un modo de combustión con un consumo pobre de combustible, y como tal no se utiliza normalmente, ya que el modo permite el incrementar la temperatura del lecho del catalizador, tal como se muestra en la figura 3, utilizándose comúnmente para un periodo muy breve para regenerar el catalizador. Es decir, con la combustión normal continuada, la temperatura del lecho del catalizador disminuye gradualmente debido a la temperatura del gas de escape a baja combustión, el cual tiene el riesgo de una reducción en la actividad del catalizador; en dichos casos, la realización de la combustión rica a baja temperatura durante un periodo breve incrementará la temperatura del lecho del catalizador, restaurando la actividad del catalizador.

B. Solución conceptual para acelerar el calentamiento del catalizador y mantener la actividad del catalizador en el arranque del motor

El calentamiento del catalizador 40 se lleva a cabo por el calor de los gases de escape que pasan a través del catalizador 40. Utilizando un modelo de flujo turbulento en un tubo redondo, para modelar el flujo de los gases de escape a través del catalizador 40, la transferencia de calor de los gases de escape al catalizador 40 está dada por la Ecuación (1).

$$Q = C1 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{1/3} \cdot (Tg - Tc)$$

$$= C2 \cdot V^{0.8} \cdot (Tg - Tc) \quad (1)$$

en donde C1 y C2 son constantes, Re es el número de Reynolds, Pr es el número Prandtl, Tg es la temperatura del gas de escape, Tc es la temperatura del catalizador, y V es la velocidad del flujo de gas de escape. El número Prandtl se determina sencillamente mediante valores físicos del flujo, y está representado por la constante C2. El número de Reynolds Re es proporcional a la velocidad V del flujo del gas de escape.

Cuanta más alta sea la transferencia de calor Q, más rápidamente se calentará el catalizador 40. Así pues, podrían utilizarse los siguientes dos métodos para acelerar el calentamiento del catalizador.

- (a) Elevar la temperatura Tg del gas de escape.
- (b) Incrementar la velocidad V del flujo del gas de escape.

En las realizaciones descritas más adelante, se utiliza al menos uno de estos dos métodos para acelerar el calentamiento del catalizador. Después de que el catalizador alcance la temperatura de activación, se lleva a cabo durante algún tiempo la operación de mantenimiento de la actividad. La operación de mantenimiento de la actividad utiliza un método para elevar la temperatura Tg del gas de escape.

La figura 5 muestra un concepto de la operación de calentamiento del catalizador en la realización. El eje horizontal en la figura 5 representa el tiempo transcurrido desde el arranque (arranque en frío) y el eje vertical representa, en un orden desde arriba, la temperatura del lecho del catalizador y la velocidad del vehículo. El periodo de calentamiento está dividido en un periodo previo de calentamiento (fase de calentamiento previo) y un periodo de calentamiento posterior (fase de calentamiento posterior). El cambio de la velocidad del vehículo en este ejemplo cumple con un patrón determinado de pruebas de rendimiento del vehículo.

El periodo de calentamiento previo t0-t1 tiene por objeto elevar la temperatura del lecho del catalizador desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de activación (aproximadamente 250°C por ejemplo). Durante el periodo

de calentamiento, el modo de aceleración del calentamiento del catalizador (descrito más adelante) se lleva a cabo para elevar la temperatura del lecho del catalizador hasta la temperatura de activación en el final del periodo de calentamiento previo. El periodo de calentamiento posterior t1-t2 tiene por objeto mantener la actividad del catalizador. Durante el periodo de calentamiento posterior, se lleva a cabo la operación de mantenimiento de la actividad del catalizador (descrita posteriormente) bajo ciertas condiciones, incluyendo la condición de que la carga solicitada para el motor sea inferior a un valor predeterminado. En el ejemplo de la figura 5, tal como se muestra en la parte superior de la figura, la operación de mantenimiento de la actividad del catalizador se lleva a cabo cuando sea baja la carga solicitada para el motor, siendo sus revoluciones aproximadamente constantes, más específicamente durante el funcionamiento a velocidad constante y al ralentí.

La operación normal del motor se lleva a cabo después del periodo de calentamiento posterior. Al final del periodo de calentamiento posterior, se calientan el refrigerante del motor y la tubería de escape así como también la temperatura del lecho del catalizador. En consecuencia, la temperatura del catalizador se mantendrá por encima de la temperatura de activación incluso con la operación normal del motor y sin la necesidad de la operación de aceleración de la actividad del catalizador o bien la operación de mantenimiento de la actividad del catalizador. En esta memoria técnica, el modo de la operación del motor que se realiza normalmente después del periodo de calentamiento posterior se denomina como el “modo de operación normal”. El total del periodo de calentamiento previo y el periodo de calentamiento posterior puede denominarse como “periodo de calentamiento”.

El modo de aceleración de la actividad del catalizador en el periodo de calentamiento previo puede implementarse mediante distintos modos de operación del motor, en donde la energía del gas de escape que fluye a través del catalizador es más alta que en el modo de operación normal después del periodo de calentamiento. En este caso, la frase “más alta que en el modo de operación normal” significa “más alta que en el modo de operación normal bajo las condiciones de aproximadamente la misma carga del motor y las mismas revoluciones del motor”. El ejemplo real del modo de aceleración de la actividad del catalizador se describirá con detalle más adelante. El modo de mantenimiento de la actividad del catalizador en el periodo de calentamiento posterior puede implementarse por distintos modos de operación del motor, en donde la temperatura del gas de escape que circula a través del catalizador es más alta que la del modo de operación normal después del periodo de calentamiento. Por ejemplo, la combustión a baja temperatura descrita con referencia a las figuras 2 y 3 puede utilizarse como el modo de mantenimiento de la actividad del catalizador.

El incremento de la temperatura del gas de escape en el modo de mantenimiento de la actividad del catalizador puede conseguirse en general mediante la reducción de una relación de aire, o bien una relación de aire-combustible con respecto al modo de operación normal. Preferiblemente, el modo de mantenimiento de la actividad del catalizador tiene una relación de aire inferior con respecto al modo de operación normal y el modo de aceleración del calentamiento del catalizador. Esto se debe a que la relación de aire más alta reducirá la temperatura del gas de escape con una gran cantidad de aire, mientras que por el contrario la relación de aire inferior incrementará la temperatura del gas de escape. Puesto que la combustión a baja temperatura utiliza una relación de aire-combustible baja, y consigue temperaturas de escape más altas que en el modo de operación normal, tal como se muestra en la figura 3, la combustión a baja temperatura puede ser adecuada para el modo de mantenimiento de la actividad del catalizador. Alternativamente, los modos de operación del motor distintos de la combustión a baja temperatura pueden ser utilizados como el modo de mantenimiento de la actividad del catalizador, mientras que se reduce la relación de aire en el modo de operación normal después del periodo de calentamiento, con el fin de elevar la temperatura del gas de escape. La reducción de la relación de aire se consigue mediante un método de reducción de la abertura de la válvula 28 de regulación (figura 1) o con un método para incrementar la tasa EGR. Estos dos métodos pueden ser utilizados al mismo tiempo.

Alternativamente, el modo de mantenimiento de la actividad del catalizador puede ser implementado mediante los modos de operación del motor en los cuales el flujo del gas de escape a través del catalizador sea menor que en el modo normal de operación. Preferiblemente, el modo de mantenimiento de la actividad del catalizador tiene un flujo de gas de escape menor que en el modo de operación normal y en el modo de aceleración del calentamiento del catalizador. Esto impide que pueda enfriarse el catalizador mediante una gran cantidad de gases de escape, manteniendo por tanto la actividad del catalizador. La reducción del flujo de gas de escape se consigue por el método de reducción de la abertura de la válvula de regulación 28 con un método de incrementar la tasa EGR.

El modo de mantenimiento de la actividad del catalizador tiene por objeto mantener el catalizador 40 o por encima de la temperatura de activación, y por tanto puede suministrar una energía menor al catalizador 40 que el modo de aceleración del calentamiento del catalizador. Preferiblemente, el modo de mantenimiento de la actividad del catalizador puede tener una tasa más pobre de consumo de combustible o bien un rendimiento más inferior del combustible, que con respecto al modo de operación normal, pero con una tasa de consumo de combustible inferior, o con un rendimiento del combustible más alto que el modo de aceleración del calentamiento del catalizador.

C. Realización 1 del control del calentamiento

La figura 6 muestra la operación del motor diesel 10 en una primera realización del control del calentamiento. El eje horizontal en la figura 6 representa el tiempo transcurrido desde el arranque (arranque en frío), y el eje vertical representa en un orden desde arriba, la temperatura del refrigerante del motor, la sincronización de tiempos de la inyección del combustible, y la tasa EGR. Una vez que el motor haya arrancado en el instante t0, se ejecuta una operación de aceleración del calentamiento del catalizador en el periodo de calentamiento previo hasta que la tem-

peratura del refrigerante del motor alcance una temperatura predeterminada CATon en el instante t1. El periodo de calentamiento previo puede ser definido para que sea un periodo que termine cuando la temperatura del refrigerante del motor alcance la temperatura predeterminada CATon, o un periodo que termine cuando la temperatura del lecho del catalizador alcance una temperatura predeterminada. En el periodo de calentamiento posterior t1-t2, se llevan a cabo la operación de mantenimiento de la actividad del catalizador y la operación normal. En esta realización, la operación de mantenimiento de la actividad del catalizador se implementa mediante la combustión a baja temperatura descrita con referencia a las figuras 2 y 3, y la operación normal se implementa por la combustión normal. Después del instante t2, se ejecuta la operación normal. En el ejemplo mostrado en la figura 6, la conmutación entre la combustión a baja temperatura y la combustión normal durante el periodo de calentamiento t1-t2 se simplifica por conveniencia de la ilustración.

Durante el periodo de calentamiento previo t0-t1, la inyección de combustible se subdivide en la inyección piloto y la inyección principal. La carga de inyección para la inyección piloto se configura para que sea igual a aproximadamente el 30% de la carga de inyección total para un ciclo de combustión, y la carga de inyección principal de aproximadamente el 70%. La sincronización de tiempos de la inyección para la inyección piloto es de aproximadamente 10° por delante del punto muerto superior TDC (es decir, TDC-aproximadamente 10°), y la sincronización de tiempos de la inyección para la inyección principal de aproximadamente 10° después del punto muerto superior TDC (es decir, TDC + aproximadamente 10°). La “sincronización de tiempos de inyección” se refiere al instante de inicio de la inyección. El significado de la carga de inyección y la sincronización de tiempos de la inyección en el periodo de calentamiento se describirán más adelante.

Durante el periodo de calentamiento previo, la tasa EGR se fija en 0. Es decir, la válvula EGR 62 se cierra, cortando la recirculación de los gases de escape de la combustión. La razón de hacerlo así es porque la ejecución de EGR en este instante daría lugar a una temperatura de escape que se reduciría por el enfriador EGR 64 (figura 1), lo cual podría inhibir el calentamiento. Será evidente que la operación del corte de la válvula EGR durante el periodo de calentamiento previo se utiliza como medio para elevar la temperatura del gas de escape Tg en la Ecuación (1) expuesta anteriormente. No obstante, se observará que la operación de la válvula EGR puede tener lugar hasta un cierto valor durante el periodo de calentamiento previo. Por ejemplo, la tasa EGR puede configurarse a aproximadamente el 10%-20%. Esta tasa EGR relativamente baja impedirá el incremento excesivo en la concentración de NOx, debido al corte EGR mientras que se acelera el calentamiento del catalizador 40.

Durante el periodo de calentamiento posterior t1-t2, la combustión a baja temperatura se ejecuta bajo unas condiciones de carga relativamente bajas mientras que la combustión normal se ejecuta bajo unas condiciones de carga relativamente altas. Tal como se expone con referencia a la figura 3, la combustión de baja temperatura proporciona unas temperaturas más altas del gas de entrada al catalizador que la combustión normal, y siendo adecuado para mantener la actividad del catalizador. Puesto que la temperatura del catalizador se ha alcanzado por encima de la temperatura de activación durante el periodo de calentamiento previo, la combustión a baja temperatura o la operación de mantenimiento de la actividad del catalizador no se precisan que se ejecuten continuamente durante el periodo de calentamiento posterior, pero pueden ejecutarse de forma intermitente. Por el contrario, la operación de aceleración del calentamiento del catalizador se ejecuta preferiblemente de forma continua durante el periodo de calentamiento previo t0-t1 sin tener en cuenta la carga del motor.

La combustión normal durante el periodo de calentamiento posterior utiliza también la inyección piloto y la inyección principal al igual que la combustión de la aceleración del calentamiento del catalizador en el periodo de calentamiento previo. En la combustión normal, no obstante, la carga de la inyección piloto se ajusta a aproximadamente el 10% de la carga de inyección total para un ciclo de combustión, y para la carga de inyección de la inyección principal a aproximadamente el 90%. La sincronización de tiempos de la inyección para la inyección piloto es (TDC-aproximadamente 15°), y la sincronización de tiempos de inyección para la inyección principal será (TDC + aproximadamente 5°). Esta combustión normal se utiliza también en el modo de operación normal después del instante t2.

La figura 7A muestra el cambio de presión dentro de la cámara de combustión durante el periodo de calentamiento previo, y la figura 7B muestra el cambio en la liberación del calor. En las figuras 7A y 7B, el eje horizontal representa gráficamente el ángulo θ del cigüeñal. Durante el periodo de calentamiento previo, la inyección piloto y la inyección principal se ejecutan en los instantes en el tiempo desde el punto muerto superior TDC, de forma que la tasa de la elevación de la presión en la proximidad del punto muerto superior TDC sea mínima. Así pues, el denominado grado de de volumen constante disminuye. ES conocido que en un motor diesel, el rendimiento térmico cae típicamente con una bajada en la tasa de la presión, incrementándose la energía de la potencia de salida. Específicamente, el combustible inyectado durante la inyección piloto se quema y libera calor por delante del punto muerto superior TDC, pero este calor no ejecuta trabajo en el exterior, sino que en su lugar se utiliza para incrementar la temperatura/presión dentro de la cámara de combustión. La inyección principal se ejecuta igualmente en un instante en el tiempo apreciablemente más alejado del punto muerto superior TDC, de forma que una parte significativa del calor liberado se utiliza para incrementar la temperatura del gas de escape.

La sincronización de tiempos de inyección y la carga de inyección para la inyección piloto y la inyección principal durante el periodo de calentamiento previo se determinan teniendo en cuenta los parámetros siguientes. Para incrementar la energía de escape, es deseable que la inyección principal tenga lugar en un instante en el tiempo que esté considerablemente retardado con el paso por el punto muerto superior TDC (es decir, retardado en un numero de

grados considerable). No obstante, si la inyección principal se retarda en un número muy grande de grados, existe la posibilidad de fallo de encendido. Puesto que el incremento de la carga de inyección para la inyección piloto tiene el efecto de elevar la temperatura en la cámara de combustión, se reducirá la probabilidad de fallo de encendido cuando la inyección principal se retarde en varios grados. Adicionalmente, existe un cierto valor preferido (expresado en términos del ángulo del cigüeñal, 20° por ejemplo) para el intervalo entre la inyección piloto y la inyección principal. En consecuencia, la sincronización de tiempos para la inyección piloto y la inyección principal se determina de forma tal que sea baja la probabilidad de fallo de encendido, y de forma tal que la sincronización de tiempos para la inyección principal se retarde en todo lo posible. La sincronización de tiempos de la inyección y la carga de inyección para la inyección piloto y la inyección principal se determinan de forma que se incluya el incremento en la energía de escape así como también para afrontar con la carga requerida. Como resultado, en el periodo de calentamiento previo, la carga de la inyección piloto es relativamente mayor, y más tarde la sincronización de tiempos de la inyección principal, que con respecto a la combustión normal.

Bajo las condiciones operativas de carga igual, la carga de inyección total es mayor durante la combustión de aceleración del calentamiento del catalizador en el periodo de calentamiento previo que con respecto a la combustión normal. La proporción de la carga de inyección para la inyección piloto (carga de inyección piloto/carga de inyección total) durante el periodo de calentamiento previo en torno a dos a cinco veces la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto durante la combustión normal.

Tal como se comprenderá a través de la descripción anterior, la inyección de combustible durante el periodo de calentamiento previo en la primera realización está caracterizada por lo siguiente:

- 1) La proporción de carga de inyección para la inyección piloto durante el periodo de calentamiento previo es mayor que la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto durante la combustión normal después del periodo de calentamiento previo.
- 2) La sincronización de tiempos de inyección para la inyección principal durante el periodo de calentamiento previo se retarda con respecto a la sincronización de tiempos de inyección para la inyección principal durante la combustión normal después del periodo de calentamiento previo.

A través del control de esta forma, es posible retardar la inyección principal en un número considerable de grados, e incrementar la energía del escape, de forma que el catalizador 40 pueda ser calentado más eficientemente. La mayor carga de la inyección para la inyección piloto significa que la temperatura y presión en la cámara de combustión son apreciablemente elevadas durante la inyección principal. Así pues, el combustible inyectado durante la inyección principal se quema adecuadamente, de forma que pueda reducirse la concentración de HC en los gases de escape de la combustión. Es decir, de acuerdo con la realización 1, el catalizador puede ser calentado eficientemente mientras que se mantiene baja la concentración de HC.

Aunque existe un cierto nivel de flexibilidad con respecto a la sincronización de tiempos para la inyección piloto y la inyección principal, en términos del calentamiento del catalizador, la inyección piloto tendrá lugar preferiblemente justo por delante del punto muerto superior, y la inyección principal ya pasado el punto muerto superior. Al hacerlo así, el catalizador puede ser calentado más eficientemente mientras que se mantiene baja la concentración de HC.

La figura 8 muestra un resultado experimental de las operaciones del calentamiento del catalizador (aceleración del calentamiento del catalizador y mantenimiento de la actividad del catalizador) de acuerdo con una primera realización. El cambio de la velocidad del vehículo es el mismo que en la figura 5. Cuando se ejecutan las operaciones de calentamiento, la temperatura del lecho del catalizador alcanza la temperatura de activación del instante final t1 del periodo de calentamiento previo, es decir, aproximadamente 70 segundos después del arranque, y se mantiene por encima de la temperatura de activación posteriormente. Sin las operaciones de calentamiento, por el contrario, la temperatura del lecho del catalizador alcanzará la temperatura de activación en torno a 1000 segundos después del arranque. Tal como se comprenderá por este resultado, las operaciones de calentamiento de acuerdo con la primera realización activarán el catalizador 40 en un periodo de tiempo relativamente corto, manteniendo su activación posteriormente.

El periodo de calentamiento posterior puede ser omitido y la combustión normal o el modo de operación normal puede utilizarse después de que el catalizador alcance la temperatura de activación. No obstante, tal como se ha descrito con referencia a la figura 3, la combustión normal proporciona una temperatura inferior del gas de entrada del catalizador con respecto a la combustión a baja temperatura, y proporciona también una tasa EGR inferior, lo cual incrementa el flujo del gas de escape a través del catalizador 40. En consecuencia, si solo se ejecuta la combustión normal después del periodo de calentamiento previo, el catalizador 40 podrá ser enfriado con una gran cantidad de gas de escape por debajo de la temperatura de activación, tal como se muestra con la línea de puntos/trazos en la figura 8. En la primera realización, por el contrario, la actividad del catalizador se mantendrá durante el periodo de calentamiento posterior, debido a que la combustión a baja temperatura se ejecuta en condiciones de carga relativamente baja.

En el ejemplo de la figura 6, las proporciones de carga de la inyección piloto y la inyección principal y la sincronización de tiempos de la inyección se mantienen constante durante el periodo de calentamiento previo, pero podrían modificarse dependiendo del proceso de calentamiento. La figura 9 muestra la modificación de las proporciones de carga y la sincronización de los tiempos de inyección con referencia a la temperatura del refrigerante del motor. En este ejemplo, la elevación en la temperatura del refrigerante del motor está acompañada por una disminución en la

proporción de la carga de inyección para la inyección piloto, mientras que la sincronización de tiempos de inyección principal se acelera en varios grados. En otras palabras, conforme se eleva la temperatura del refrigerante del motor, se realizan ajustes para que las condiciones sean las más cercanas a las correspondientes a la inyección durante la combustión normal. Al hacerlo así, el catalizador puede ser calentado a través de la inyección realizada apropiadamente para el proceso de calentamiento. Las proporciones de la carga y la sincronización de tiempos de la inyección para la inyección piloto y la inyección principal podrían ser modificadas con referencia a la temperatura del lecho del catalizador, en lugar de la temperatura del refrigerante del vehículo.

D. Realización 2 del control del calentamiento

La figura 10 es una ilustración que muestra la operación del motor diesel 10 en una segunda realización del control del calentamiento. Tal como se expondrá de ahora en adelante, las proporciones de carga en la realización 2 para la inyección piloto y la inyección principal durante el periodo de calentamiento previo se encuentran más optimizadas que en la realización 1.

La figura 11 muestra las relaciones de la sincronización de la inyección principal y la carga de inyección principal con respecto a la zona de fallo de encendido. Tal como se comprenderá a través de la figura, retardando la sincronización de tiempos de la inyección principal en varios grados para una carga de la inyección principal dada, se da lugar al cruce por el umbral de fallo de encendido, y entrando en la zona de fallo de encendido. Se observará que el ángulo del cigüeñal del umbral de fallo de encendido se desplaza hacia el extremo del ángulo retardado con una carga de inyección principal más pequeña. Las líneas de trazo continuo de la figura 11 muestran la sincronización de tiempos de la inyección principal y la carga de la inyección para generar un nivel dado de par motor, suponiendo constante la carga de la inyección piloto. Típicamente, retardando la sincronización de tiempos para la inyección principal en varios grados se provoca un descenso de la eficiencia térmica. En consecuencia, bajo condiciones en las cuales la carga de inyección piloto se mantenga en un valor dado, retardando la inyección la sincronización de tiempos de la inyección principal en varios grados, significa que se precisará de una carga mayor de la inyección principal para producir un nivel dado de par motor. Cuando se incrementa la carga de inyección piloto, puede generarse un nivel dado de par motor con una carga dada de inyección principal, incluso aunque se retarde la sincronización de tiempos de inyección principal en más grados.

En la zona crítica en la proximidad del umbral del fallo de encendido, la sincronización de tiempos de inyección principal se retarda en un número suficiente de grados, de forma que sea alta la temperatura del gas de escape. La temperatura de los gases de escape en la zona crítica depende de las condiciones de la inyección del combustible. La figura 12 ilustra el cambio en la temperatura del gas de escape T_g que tiene lugar con ciertas condiciones de la inyección de combustible. El eje horizontal en la figura 12 indica la sincronización de la inyección principal, y el eje vertical indica la temperatura del gas de escape. La línea continua representa la función en la que la proporción Q_p de la carga de inyección piloto (carga piloto como un porcentaje de la carga de inyección total) se supone que es del 0%; la línea de puntos/trazos representa esta función al 20%; la línea doble de puntos/trazos es la función al 40%. Tal como es evidente a partir de la figura, cuando la proporción Q_p de la carga de inyección piloto se incrementa desde el 0% al 20%, la sincronización de tiempos de la inyección principal coincidente con el umbral de fallo de encendido se retarda en más grados, y en consecuencia la temperatura T_g del gas de escape en la zona crítica del umbral de fallo de encendido se hace más alta. Incidentalmente, incrementando la proporción Q_p de la carga de inyección piloto hasta un grado excesivo (40% por ejemplo) significa una reducción correspondiente en la proporción de la carga de inyección principal, de forma que a la inversa disminuirá la temperatura T_g del gas de escape. La figura 13 representa gráficamente el cambio de la temperatura T_g del gas de escape mostrado en la figura 12, en términos de una función de la proporción de la carga de inyección piloto. Tal como es evidente a partir de la figura, si las condiciones para la inyección principal se han configurado dentro de la zona crítica en la figura 11, existirá una cierta condición óptima para la proporción de la carga de la inyección piloto, en la cual se consigue la temperatura T_g de gas de escape más alta. Esta condición de la inyección óptima se determina experimentalmente para cada motor individual. Puesto que esta condición óptima depende también de la temperatura del motor, en la práctica preferida se modificará dependiendo de la temperatura del refrigerante del motor, por ejemplo.

Cuando es constante la suma de la carga de inyección principal y la carga de la inyección piloto, las condiciones de la inyección pueden ser optimizadas teniendo en cuenta los dos casos siguientes. Cuando la carga de la inyección piloto es claramente grande, la carga de la inyección principal será más pequeña, pero la sincronización de tiempos para la inyección principal podrá ser retardada. Por el contrario, cuando la carga de inyección piloto es más pequeña, la carga de la inyección principal será mayor, y será necesario avanzar la sincronización de tiempos de la inyección principal. La condición óptima para la inyección piloto y la inyección principal que aportará la temperatura más alta T_g del gas de escape se determinará por el equilibrio entre estos dos casos. En otras palabras, esta condición óptima se sitúa en algún punto entre una condición en la cual la carga de la inyección piloto sea la máxima posible sin provocar fallo de encendido, y el mínimo posible. La condición óptima puede ser descubierta mediante la búsqueda entre estas dos condiciones extremas.

Tal como se ha descrito anteriormente, durante el periodo de calentamiento previo en la realización 2, la proporción de la carga de inyección piloto y la sincronización de tiempo de inyección principal se configuran para que coincidan con la sincronización de tiempos de la zona crítica, justo por delante del umbral de fallo de encendido, con el fin de proporcionar la temperatura máxima T_g del gas de escape. Esto tiene el efecto de incrementar la energía de escape, haciendo posible el acelerar eficientemente el calentamiento del catalizador. Esta zona crítica, expresada en términos

del ángulo del cigüeñal, preferiblemente abarca desde el umbral de fallo de encendido hasta aproximadamente 2 grados del ángulo del cigüeñal por delante del umbral de fallo de encendido, y más preferible desde el umbral de fallo de encendido hasta aproximadamente 1 grado por delante del umbral de fallo de encendido.

- 5 En la realización 2, se utilizan tres medios adicionales, es decir, una operación de corte EGR, incrementando la velocidad del ralentí, y el uso continuo de una bujía de caldeo, además del ajuste de las condiciones de inyección, con el fin de acelerar la elevación de la temperatura de los gases de escape.

10 Tal como se muestra en la figura 10, en la realización 2, la válvula EGR se corta durante el periodo de calentamiento previo, como en el caso de la realización 1. Como resultado de ello, se impide la caída en la temperatura de los gases de escape debido a la pérdida de calor en el enfriador 64 de la válvula EGR (figura 1), de forma que pueda acelerarse el calentamiento del catalizador. En el ejemplo mostrado en la figura 10, la velocidad de ralentí se configura a 1200 rpm, durante el periodo de calentamiento previo, y después del periodo de calentamiento previo se ajusta a 950 rpm. Mediante el incremento del periodo de calentamiento previo de esta forma, es posible incrementar la velocidad del gas de escape V en la Ecuación (1), y poder acelerar por tanto el calentamiento del catalizador 40.

15 Tal como se muestra en la parte inferior de la figura 40, la bujía de caldeo se utiliza continuamente durante el periodo de calentamiento previo. La figura 14 es una sección transversal longitudinal de la cámara de combustión. La cámara de combustión 110 comprende una pared cilíndrica 112, un cabezal de cilindro 114, y un pistón 116. El cilindro 114 comprende una lumbrera de admisión 122 y una lumbrera de escape 124. La lumbrera de admisión 122 está provista con una válvula de admisión 132. La lumbrera de escape 124 está provista con una lumbrera de escape 134. La válvula de inyección de combustible 14 está dispuesta en un lugar substancialmente central del cabezal del cilindro 114, y la bujía de caldeo 1256 está dispuesta cerca de la boquilla 15 de la válvula de inyección de combustible 14. La bujía de caldeo 126 puede estar situada en cualquier punto que permita calentar el aire de admisión, por ejemplo, en la lumbrera de admisión 122. Puede utilizarse otro tipo de calefactor tal como un calefactor de la admisión de aire en lugar de la bujía de caldeo 126.

20 Típicamente, la bujía de caldeo 126 se utiliza solo durante un periodo breve en el arranque para mejorar el arranque del motor 10. En la realización 2, no obstante, la bujía de caldeo 126 se mantiene continuamente en el estado ACTIVADO durante un periodo considerable de tiempo durante el periodo de calentamiento previo. Al hacerlo así, se eleva adicionalmente la temperatura del gas de escape, de forma que pueda acelerarse el calentamiento del catalizador 40.

25 Las tres operaciones antes mencionadas, es decir, la operación del corte de la válvula EGR, el uso continuo de la bujía de caldeo y el incremento de la velocidad del ralentí, no precisan que sean realizadas de forma simultánea, pero en la práctica preferida al menos se lleva a cabo una de estas operaciones, al menos en parte durante el periodo de calentamiento previo. La magnitud de estas operaciones variará preferiblemente dependiendo de la temperatura del refrigerante del motor y de la temperatura del lecho del catalizador, y las operaciones podrán interrumpirse durante el periodo de calentamiento previo si llegaran a ser innecesarias.

40 E. Realización 3 del control del calentamiento

La figura 15 es una ilustración que muestra la operación del motor diesel 10 en una tercera realización del control de calentamiento. En esta tercera realización, la sincronización de la inyección de combustible y la carga de inyección 45 son las mismas que en la realización 1 que se muestra en la figura 6, pero la realización muestra una restricción de la abertura de la boquilla de entrada 25 del turbocompresor de boquilla variable (VNT) 20, y la regulación de admisión (válvula de regulación) durante el periodo de calentamiento previo. Después del periodo de calentamiento previo, el VNT y la regulación de admisión continúan ajustándose, dependiendo de la carga requerida, pero esto se omite en la figura 5 por hacerla más clara.

50 La figura 16 muestra el efecto en el calentamiento del catalizador del ajuste del VNT y de la regulación de admisión. Con la restricción de la abertura de la boquilla del VNT se incrementa la contrapresión del motor (bloque B2). La restricción de la abertura de la regulación de admisión provoca la caída de la presión de entrada. La elevación en la contrapresión del motor y la caída de la presión de admisión da lugar a un incremento en la pérdida de bombeo del motor (bloque B3), incrementando la cantidad del combustible necesario para generar la potencia requerida (bloque B4). Como resultado de ello, se incrementa la energía del escape (bloque B5), de forma que pueda acelerarse el calentamiento del catalizador (bloque B6). La restricción de la abertura de la regulación de admisión reduce también el flujo de admisión, lo cual tiene el efecto de incrementar la temperatura del aire de entrada.

60 Mientras tanto, la elevación de la contrapresión del motor tiene también el efecto de incrementar la velocidad de la turbina (bloque B7). El incremento de la velocidad de la turbina está acompañado por una elevación en la presión de admisión (bloque B8). Puesto que la válvula de admisión está restringida, la velocidad del flujo a través de la tubería de admisión se incrementa (bloque B9). Esto significa que se incrementa la entropía del aire de admisión, y se eleva la temperatura del aire de admisión (bloques B10, B11). Como resultado de ello, se incrementa la energía del escape (bloque B5), de forma que pueda acelerarse el calentamiento del catalizador (bloque B6).

De esta forma, puede acelerarse el calentamiento del catalizador mediante la restricción del VNT y la regulación de admisión durante el periodo de calentamiento previo en una magnitud mayor que después del periodo de calenta-

miento previo. El control de esta forma reduce la probabilidad de una concentración incrementada de HC. Así pues, el calentamiento del catalizador puede ser acelerado mientras que se mantiene baja la concentración de HC.

F. Realización 4 de control del calentamiento

La figura 17 es una ilustración que muestra la operación del motor diesel 10 en una cuarta realización del control del calentamiento. En esta cuarta realización, la sincronización de tiempos de la inyección de combustible y la carga de inyección son las mismas que en la realización 1 que se muestra en la figura 6, pero la realización muestra la abertura y el cierre de la regulación de admisión (válvula de regulación 28) a un valor más alto de velocidad durante el periodo de calentamiento previo. La abertura y el cierre de la regulación de admisión a alta velocidad imparten la energía de esta operación en el aire de admisión, incrementando la entropía del aire de admisión, y provocando la elevación de la temperatura del aire de admisión. En consecuencia, la temperatura del escape se eleva también, de forma que pueda acelerarse el calentamiento del catalizador. El control de esta forma hace que se reduzca la probabilidad de una concentración incrementada de HC, de forma que pueda acelerarse el calentamiento del catalizador mientras que se mantiene baja la concentración de HC.

Tal como se comprenderá a partir de la anterior descripción de las realizaciones 3 y 4, mediante el ajuste de la abertura de la regulación de admisión y el VNT durante el periodo de calentamiento previo, la temperatura del escape puede ser incrementada, y acelerándose el calentamiento del catalizador sin incrementar la concentración de HC. Puesto que los controles utilizados en las realizaciones 3 y 4 no tienen relación directa con la sincronización de tiempos de la inyección de combustible y la carga de inyección, pueden implementarse en cualquier combinación arbitraria con los controles utilizados en las realizaciones 1 y 2.

G1. Variación 1

La invención no está limitada a su aplicación en los automóviles, y pudiendo implementarse en motores de distinto chasis a los automóviles, tal como en ferrocarriles, aviones, barcos, etc.

G2. Variación 2

En las realizaciones anteriores, la conmutación del modo operativo se ejecuta con referencia a la temperatura del refrigerante del motor o con respecto a la temperatura del lecho del catalizador, pero la conmutación podría realizarse en su lugar utilizando otros valores monitorizados. Alternativamente, puede conmutarse un cierto modo de operación en otro modo de operación cuando el modo de operación se ejecute durante un periodo de tiempo predeterminado.

G3. Variación 3

En las realizaciones anteriores, los sensores de temperatura se utilizan para la medida directa de la temperatura del lecho del catalizador y la temperatura del refrigerante del motor, pero esta temperatura podría en su lugar ser medida indirectamente. Es decir, podría medirse la temperatura de cierto elemento distinto al catalizador o el refrigerante del motor, y pudiendo a partir de las mismas interpolar la temperatura del lecho del catalizador o la temperatura del refrigerante del motor. En otras palabras, es posible utilizar sensores de temperatura que detecten temperaturas substancialmente indicativas de la temperatura del lecho del catalizador o la temperatura del refrigerante del motor.

G4. Variación 4

En las realizaciones anteriores, las distintas configuraciones utilizadas (para la carga de la inyección de combustible y la sincronización de la inyección, por ejemplo) son sencillamente a modo de ejemplo, siendo posible utilizar otros valores distintos. Las distintas operaciones utilizadas en las anteriores realizaciones pueden combinarse de distintas formas para el periodo de calentamiento del catalizador.

G5. Variación 5

Las distintas operaciones (modos operativos) para el calentamiento del catalizador descritas anteriormente no necesitan que sen continuas a través de la totalidad de cada periodo de calentamiento, en el supuesto de que tengan lugar en al menos una parte del mismo. Los términos de “en el periodo de calentamiento” y “durante el periodo de calentamiento” en este caso pueden significar “en al menos una parte del periodo de calentamiento”, a menos que se indique lo contrario.

Aunque la presente invención se ha descrito e ilustrado con detalle, se comprenderá claramente que la misma es a modo solamente de ilustración y ejemplo, y que no se entenderá como a modo de limitación, estando limitado el espíritu y el alcance de la presente invención solo por los términos de las reivindicaciones adjuntas. El motor diesel es operado en un primer modo de calentamiento en un modo de calentamiento previo después del arranque, con el fin de acelerar la activación del catalizador, y después en un segundo modo de calentamiento en un periodo de calentamiento posterior después del periodo de calentamiento previo, con el fin de mantener la actividad del catalizador. El primer modo de calentamiento proporciona más energía al catalizador con los gases de escape que en el modo de operación normal del motor diesel. El segundo modo de calentamiento proporciona gases de escape de una temperatura más alta para el catalizador que el modo de operación normal.

REIVINDICACIONES

1. Un motor diesel (10), que comprende:

una cámara de combustión (1-4);

un dispositivo de inyección de combustible (14) para inyectar combustible en la cámara de combustión (1-4);

un catalizador (40) para purificar los gases de escape procedentes de la cámara de combustión (1-4); y

un controlador (30) para controlar la pluralidad de dispositivos del motor diesel (10) incluyendo el dispositivo de inyección de combustible (6),

en el que el controlador (30) está configurado para ejecutar la operación en un primer modo de calentamiento en un periodo de calentamiento previo (t0-t1) después del arranque del motor diesel (10), y para ejecutar la operación en un segundo modo de calentamiento en un periodo de calentamiento posterior (t1-t2) después del periodo de calentamiento previo, para así acelerar y mantener la activación del catalizador (40), estando configurado el segundo modo de calentamiento para proporcionar un flujo de gas de escape menor que el primer modo de calentamiento y el modo de operación normal, ejecutándose el modo de operación normal después del periodo de calentamiento posterior,

caracterizado porque

el primer modo de calentamiento está configurado para proporcionar más energía al catalizador (40) con los gases de escape que el modo de operación normal del motor diesel; y

el segundo modo de calentamiento está configurado para proporcionar gases de escape con una temperatura más alta al catalizador (40) con respecto al modo de operación normal,

en el que el controlador (30) está configurado para ejecutar en el primer modo de calentamiento:

(i) el control del dispositivo de inyección de combustible (14), de forma tal que la inyección de combustible se subdivide en la inyección piloto y la inyección principal;

(ii) la configuración de una proporción de la carga de inyección para la inyección piloto con un nivel más alto que en la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto en el modo de operación normal; y

(iii) el retardo de una sincronización de tiempos de inyección para la inyección principal con respecto a una sincronización de inyección para la inyección principal en el modo de operación normal.

2. Un motor diesel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto en el primer modo de calentamiento está dentro de un rango de aproximadamente del doble a cinco veces la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto en el modo de operación normal.

3. Un motor diesel de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que el primer modo de calentamiento, la sincronización de la inyección para la inyección piloto se configura por delante del punto muerto superior, y en el que la sincronización de inyección para la inyección principal se configura para después del punto muerto superior.

4. Un motor diesel de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además un sensor de temperatura (42) para detectar una temperatura indicativa substancialmente de la temperatura del lecho del catalizador (40),

en el que el controlador (30) está configurado para regular la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto, y la sincronización de la inyección de la inyección principal en el primer modo de calentamiento como una función de la temperatura del lecho del catalizador (40).

5. Un motor diesel de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además un sensor de temperatura para detectar una temperatura substancialmente indicativa de la temperatura del refrigerante de la cámara de combustión (1-4),

en el que el controlador (30) está configurado para regular la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto y la sincronización de la inyección de la inyección principal en el primer modo de calentamiento en función de la temperatura del refrigerante.

6. Un motor diesel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto y la sincronización de la inyección para la inyección principal en el primer modo de calentamiento están configuradas de forma tal que la inyección principal corresponde a un instante en el tiempo justamente por delante del umbral de fallo de encendido.

ES 2 268 181 T3

7. Un motor diesel de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el instante en el tiempo justo por delante del umbral de fallo de encendido tiene lugar en un ángulo del cigüeñal dentro de un rango entre el umbral de fallo de encendido y aproximadamente 2 grados de ángulo del cigüeñal antes del umbral de fallo de encendido.
8. Un motor diesel de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, que comprende además un dispositivo EGR (60) para hacer recircular los gases de escape de la cámara de combustión (1-4) a un conducto de admisión (12) de aire que conduce a la cámara de combustión (1-4); y
- un calefactor (126) provisto en una lumbrera de admisión de aire (122) o en la cámara de combustión (110),
- en el que el controlador (30) ejecuta al menos una operación de las siguientes en el primer modo de calentamiento:
- (a) una operación de corte de la válvula EGR para detener la recirculación de los gases de escape por el dispositivo EGR (60);
 - (b) una operación continua de calentamiento de la admisión mediante el calefactor (126); y
 - (c) una operación de incremento de la velocidad del ralentí para incrementar la velocidad del ralentí del motor diesel (10) hasta un nivel más alto que la velocidad de ralentí en el modo de operación normal.
9. Un motor diesel de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además:
- un turbocompresor (20) para comprimir la carga de aire a suministrar a la cámara de combustión (1-4) con la energía de los gases de escape de la cámara de combustión (1-4),
- en el que el turbocompresor (20) es un turbocompresor variable configurado para regular la presión del turbocompresor en la carga de aire por los medios de la regulación de la presión de trabajo de los gases de escape suministrados al turbocompresor; y
- el controlador (30) que incrementa, en el primer modo de calentamiento, la presión de trabajo de los gases de escape suministrados al turbocompresor variable (20) hasta un nivel por encima de la presión de trabajo en el modo de operación normal.
10. Un motor diesel de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además una válvula de regulación de admisión (28) para restringir el conducto (12) de paso de la admisión de aire que conduce a la cámara de combustión (1-4), en el que el primer modo de calentamiento el controlador (30) incrementa la restricción mediante la válvula (28) de regulación de admisión hasta un nivel por encima de la restricción en la modo de operación normal.
11. Un motor diesel de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además una válvula (28) de regulación de admisión para restringir el conducto de paso (12) de admisión de aire que conduce a la cámara de combustión (1-4), en donde en el primer modo de calentamiento el controlador (30) ejecuta repetidamente la apertura y el cierre de la válvula (28) de regulación de admisión (28).
12. Un motor diesel de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el segundo modo de calentamiento proporciona una relación de aire menor dentro de la cámara de combustión (1-4) que con respecto al primer modo de operación y el modo de operación normal.
13. Un motor diesel de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el segundo modo de calentamiento proporciona una relación de consumo de combustible mejor que el primer modo de calentamiento y una relación de consumo de combustible más pobre que el modo de operación normal.
14. Un motor diesel de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el periodo de calentamiento previo termina cuando la temperatura del refrigerante del motor alcanza un primer valor predeterminado, o cuando la temperatura del catalizador (40) alcanza un segundo valor predeterminado.
15. Un motor diesel de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que se ejecuta el segundo modo de calentamiento cuando se cumplen las condiciones predeterminadas, en el que las condiciones predeterminadas incluyen la condición de que la carga requerida para el motor diesel (10) sea inferior a un valor predeterminado.
16. Un motor diesel de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el segundo modo de calentamiento es un modo de combustión de baja temperatura.
17. Un método de operación de un motor diesel (10) que incluye una cámara de combustión (1-4), un dispositivo de inyección de combustible (14) para inyectar combustible en la cámara de combustión (1-4), y un catalizador (40) para purificar los gases de escape de la cámara de combustión (1-4), en el que el método comprende las etapas de:

ejecutar la operación del motor en un primer modo de calentamiento en un periodo de calentamiento previo (t0-t1) después del arranque del motor diesel (10), con el fin de acelerar la activación del catalizador (40); y

5 ejecutar la operación del motor en un segundo modo de calentamiento en un periodo de calentamiento posterior (t1-t2) después del periodo de calentamiento previo, con el fin de mantener la actividad del catalizador (40), en el que el segundo modo de calentamiento está configurado para proporcionar un flujo de gas de escape menor que con respecto al primer modo de calentamiento y el modo de calentamiento normal, ejecutándose el modo de operación normal después del periodo de calentamiento posterior,

10 **caracterizado** porque

el primer modo de calentamiento está configurado para proporcionar más energía al catalizador (40) con gases de escape que con el modo de operación normal del motor diesel; y

15 el segundo modo de calentamiento está configurado para proporcionar gases de escape de una temperatura más alta para el catalizador (40) que en el modo de operación normal,

en el que la operación del motor en el primer modo de calentamiento incluye:

20 (i) el control del dispositivo de inyección de combustible (14), de forma tal que la inyección de combustible se subdivide en la inyección piloto y la inyección principal;

(ii) la configuración de una proporción de la carga de inyección para la inyección piloto con un nivel más alto que en la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto en el modo de operación normal; y

25 (iii) el retardo de una sincronización de tiempos de inyección para la inyección principal con respecto a una sincronización de inyección para la inyección principal en el modo de operación normal.

30 18. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto en el primer modo de calentamiento está dentro de un rango de aproximadamente el doble hasta cinco veces la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto en el modo de operación normal.

35 19. Un método de acuerdo con la reivindicación 17 ó 18, en donde en el primer modo de calentamiento, la sincronización de tiempos de la inyección para la inyección piloto se configura por delante del punto muerto superior, y en donde la sincronización de tiempos de la inyección para la inyección principal se configura para después del punto muerto superior.

40 20. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, que comprende además la etapa de detección de una temperatura substancialmente indicativa de la temperatura del lecho del catalizador (40),

en el que la operación del motor en el primer modo de calentamiento incluye la regulación de la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto y la sincronización de la inyección de la inyección principal como una función de la temperatura del lecho del catalizador (40).

45 21. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, que comprende además la etapa de detección de una temperatura substancialmente indicativa de la temperatura del refrigerante de la cámara de combustión (1-4),

50 en el que la operación del motor en el primer modo de calentamiento incluye la regulación de la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto y la sincronización de inyección de la inyección principal en función de la temperatura del refrigerante.

55 22. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que la proporción de la carga de inyección para la inyección piloto y la sincronización de tiempos de la inyección para la inyección principal en el primer modo de calentamiento se configuran de forma tal que la inyección principal corresponda a un instante en el tiempo justamente por delante de un umbral de fallo de encendido.

60 23. Un método de acuerdo con la reivindicación 22, en el que el punto en el tiempo por delante del umbral de fallo de encendido tiene lugar en un ángulo del cigüeñal dentro de un rango entre el umbral de fallo de encendido y aproximadamente 2 grados de ángulo del cigüeñal antes del umbral de fallo de encendido.

65 24. Un método de acuerdo con la reivindicación 22 ó 23, en el que el motor diesel (10) incluye además un dispositivo EGR (60) para hacer recircular los gases de escape de la cámara de combustión (1-4) hasta un conducto de paso de la admisión de aire (12), que conduce a la cámara de combustión (1-4), y un calefactor (126) provisto en una lumbrera de admisión (122) de aire o en la cámara de combustión (110),

en el que la operación del motor en el primer modo de calentamiento incluye al menos una operación de las siguientes:

ES 2 268 181 T3

(a) una operación de corte de la válvula EGR para detener la recirculación de los gases de escape por el dispositivo EGR (60);

(b) una operación continua de calentamiento de la admisión mediante el calefactor (126); y

(c) una operación de incremento de la velocidad del ralentí para incrementar la velocidad del ralentí del motor diesel (10) hasta un nivel más alto que la velocidad de ralentí en el modo de operación normal.

25. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17 a 24, en el que el motor diesel (10) incluye además un turbocompresor (20) para comprimir la carga de aire a suministrar a la cámara de combustión (1-4) con la energía de los gases de escape de la cámara de combustión (1-4), siendo el turbocompresor (20) un turbocompresor variable configurado para regular la presión de la turbocompresión de la carga de aire por los medios de regulación de la presión de trabajo de los gases de escape suministrados al turbocompresor, y

en el que la operación del motor en el primer modo de calentamiento incluye la etapa de incrementar la presión de trabajo de los gases de escape suministrados al turbocompresor variable (20) hasta un nivel por encima de la presión de trabajo en el modo normal de operación.

26. Un método de acuerdo con la reivindicación 25, en el que el motor diesel (10) incluye además una válvula de regulación de admisión (28), para restringir el conducto de paso (12) de admisión de aire que conduce a la cámara de combustión (1-4), en donde la operación del motor en el primer modo de calentamiento comprende la etapa de incrementar la restricción mediante la válvula de regulación de admisión (28) hasta un nivel por encima de la restricción en el modo de operación normal.

27. Un método de acuerdo con la reivindicación 25, en el que el motor diesel (10) comprende además una válvula de regulación de admisión (28), para restringir el conducto de paso (12) de admisión de aire que conduce a la cámara de combustión (1-4), en donde la operación del motor en el primer modo de calentamiento incluye la etapa de la ejecución de forma repetida de la apertura y el cierre de la válvula de regulación de admisión (28).

28. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17 a 27, en el que el segundo modo de calentamiento proporciona una relación de aire menor dentro de la cámara de combustión (1-4) con respecto al primer modo de calentamiento y al modo de operación normal.

29. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17 a 28, en el que el segundo modo de calentamiento proporciona una mejor relación de consumo de combustible que el primer modo de calentamiento, y una relación más pobre de consumo de combustible que el modo de operación normal.

30. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17 a 29, en el que el periodo de calentamiento previo termina cuando la temperatura del refrigerante del motor alcance un primer valor predeterminado., o cuando la temperatura del catalizador (40) alcance un segundo valor predeterminado.

31. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17 a 30, en el que el segundo modo de calentamiento se ejecuta cuando se cumplen las condiciones predeterminadas, incluyendo las condiciones predeterminadas la condición de que la carga requerida por el motor diesel (10) sea inferior a un valor predeterminado.

32. Un método de acuerdo con la reivindicación 31, en el que el segundo modo de calentamiento es un modo de combustión a baja temperatura.

Fig.1

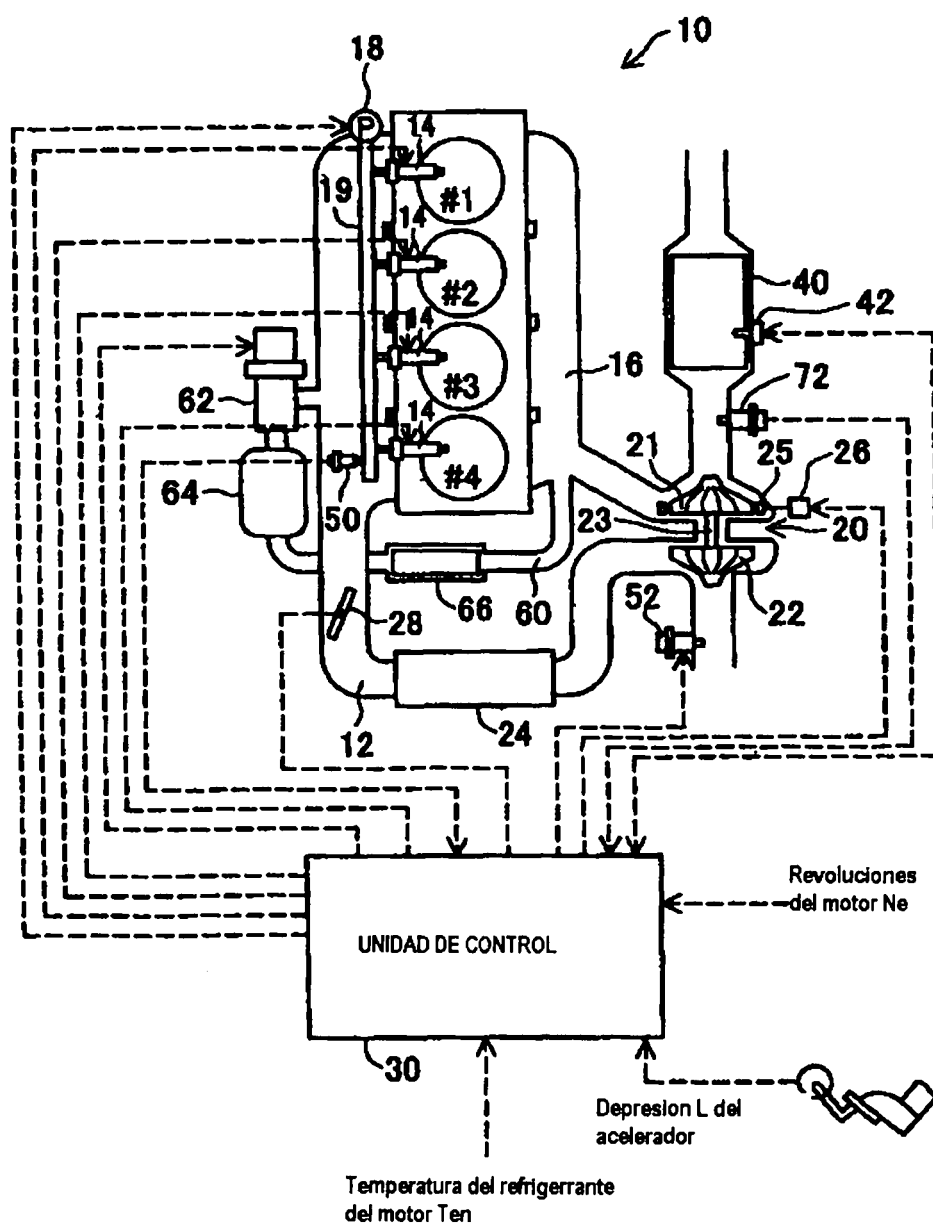
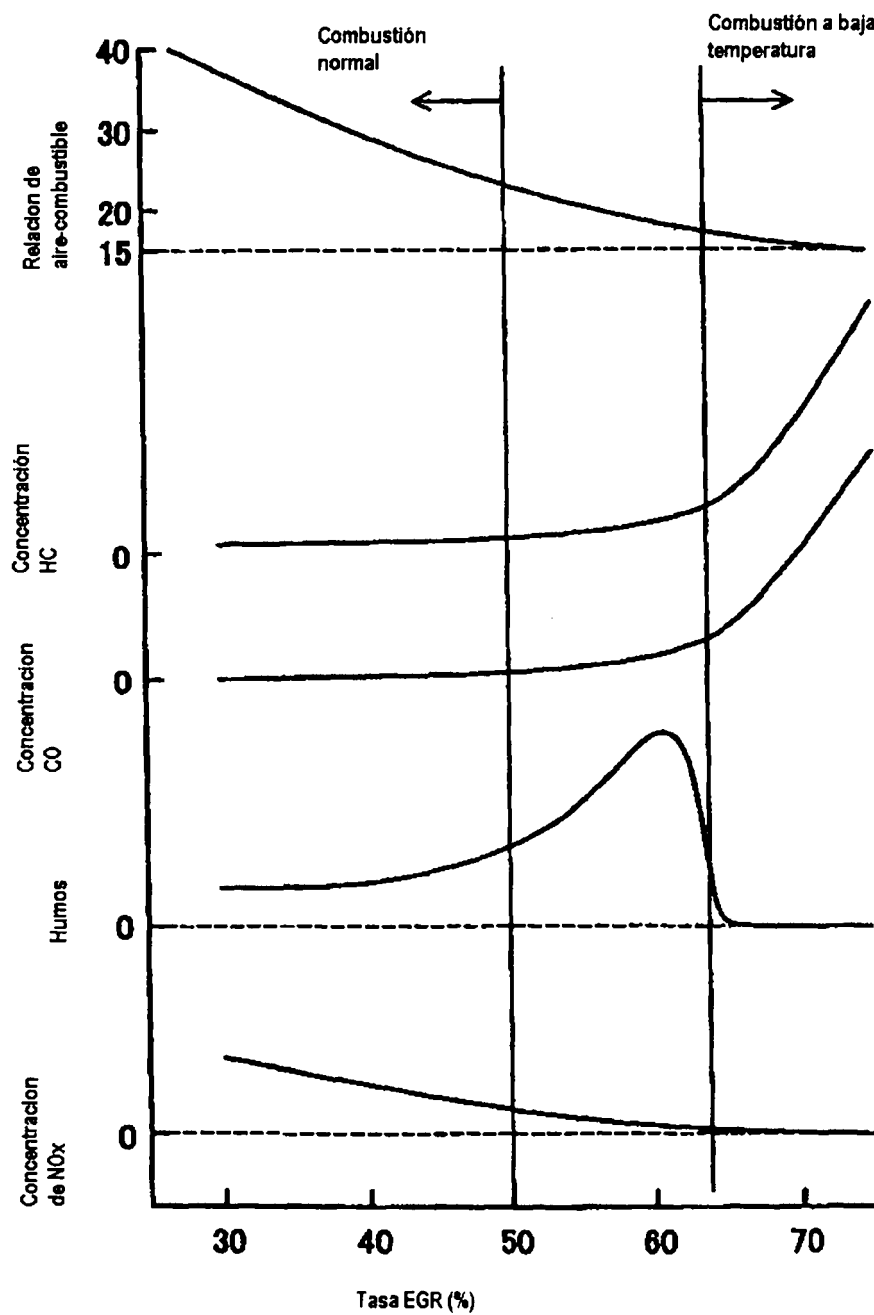


Fig.2



EGR = Válvula EGR (válvula de recirculación de los gases de escape).

Fig.3

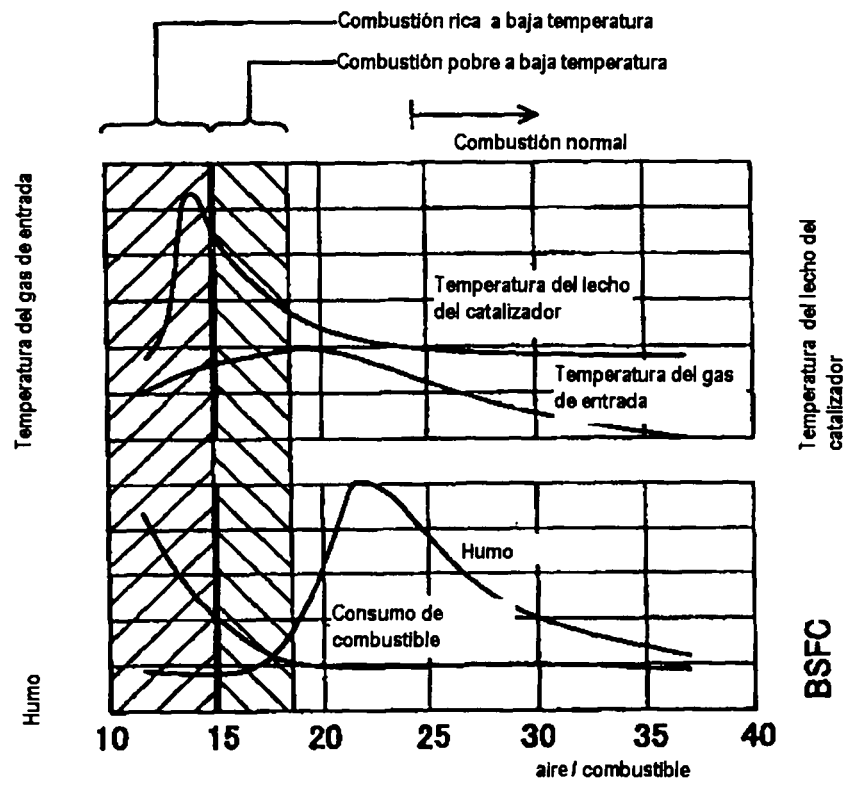


Fig.4

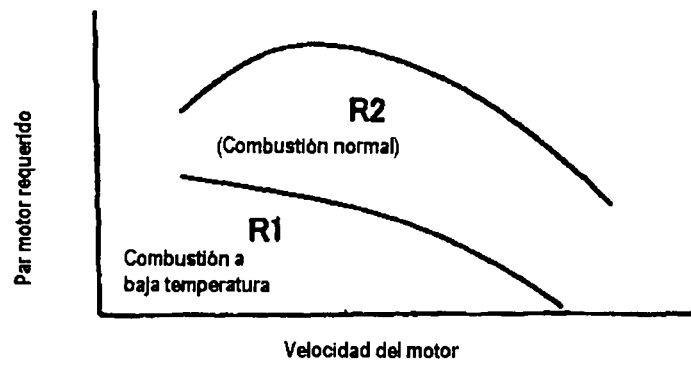


Fig.5

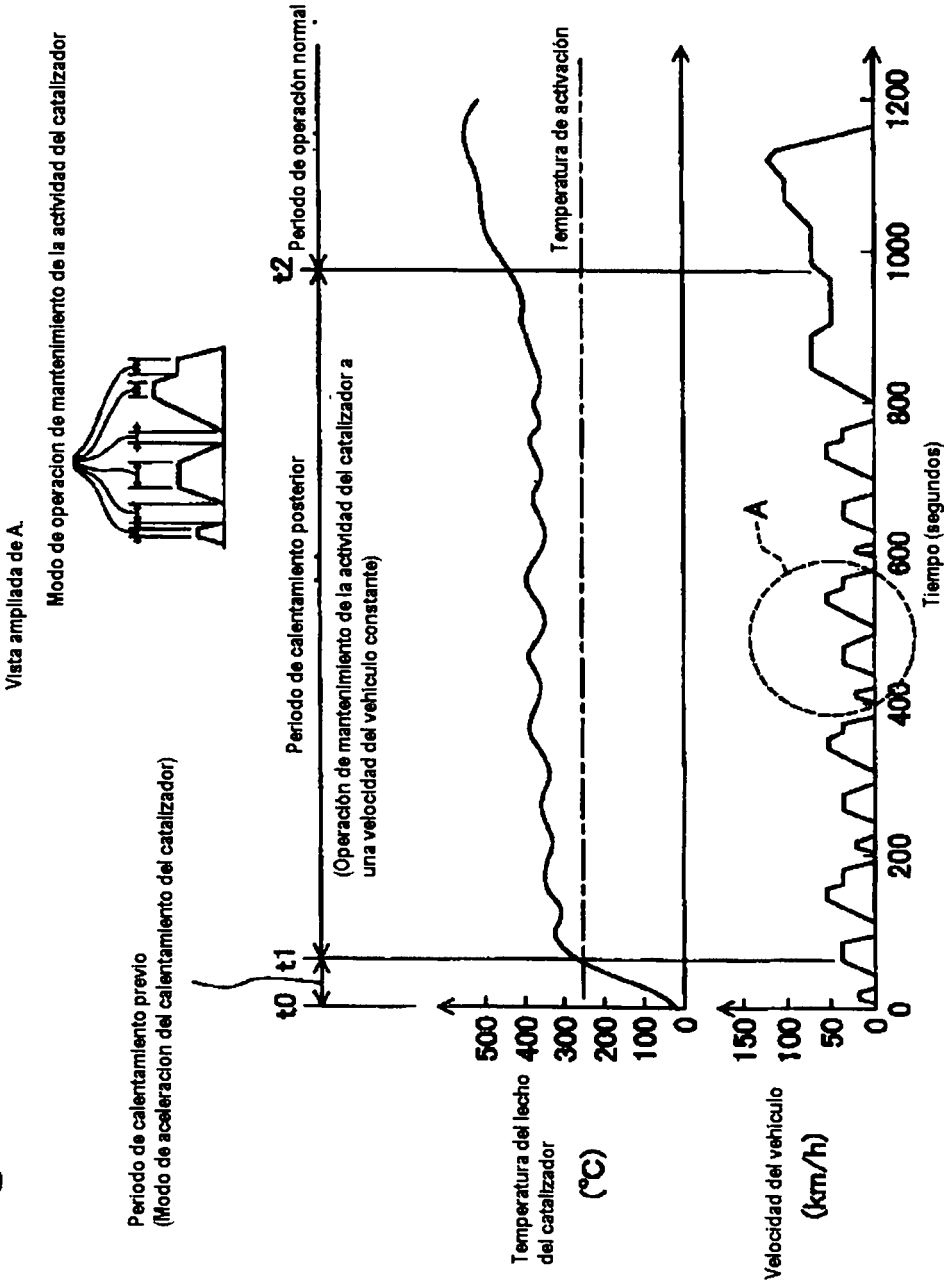


Fig.6

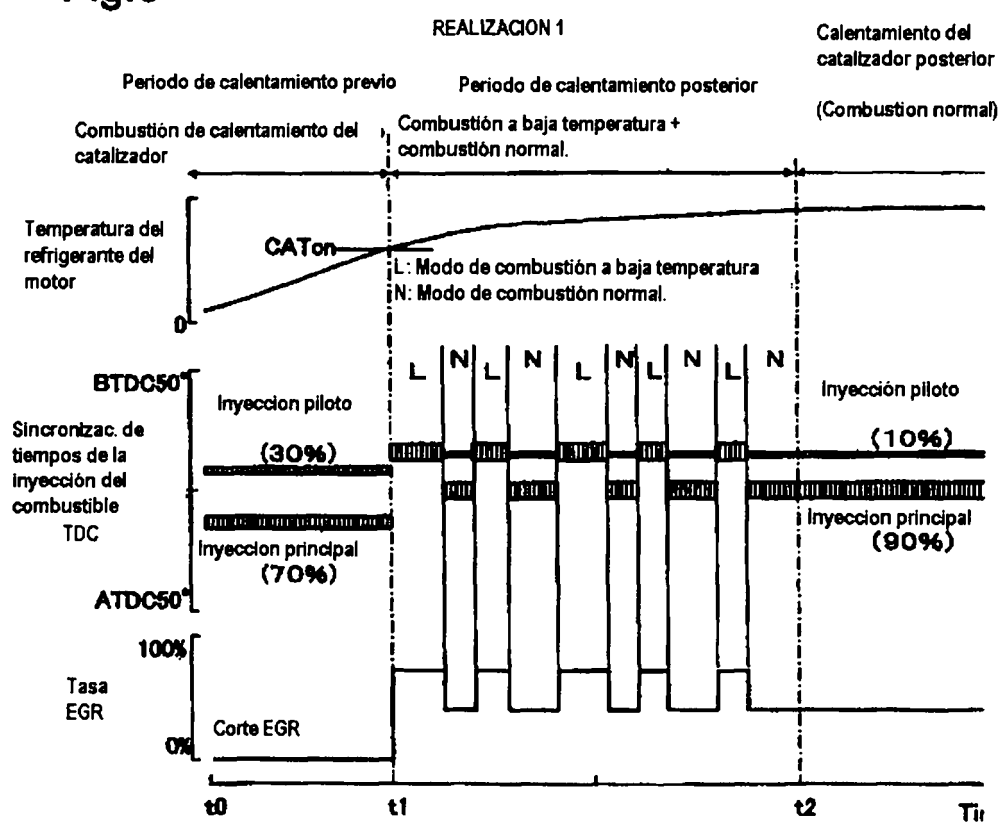


Fig.7A

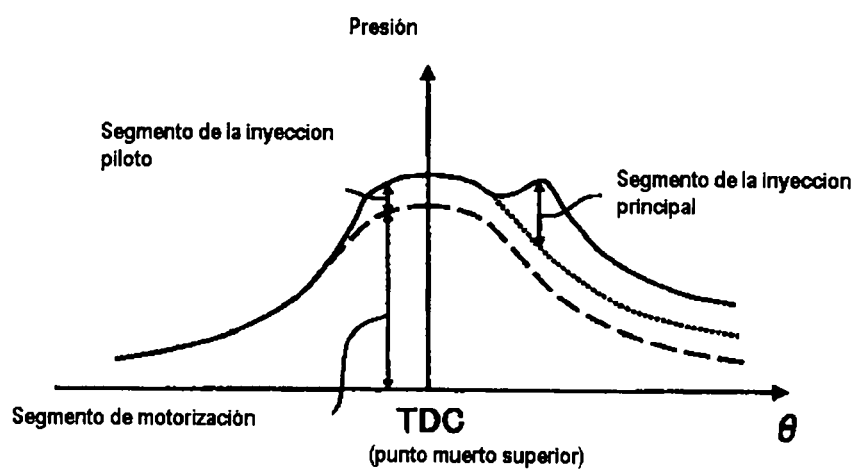


Fig.7B

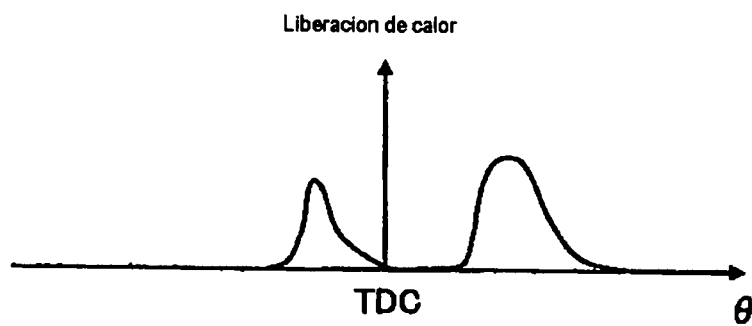


Fig.8

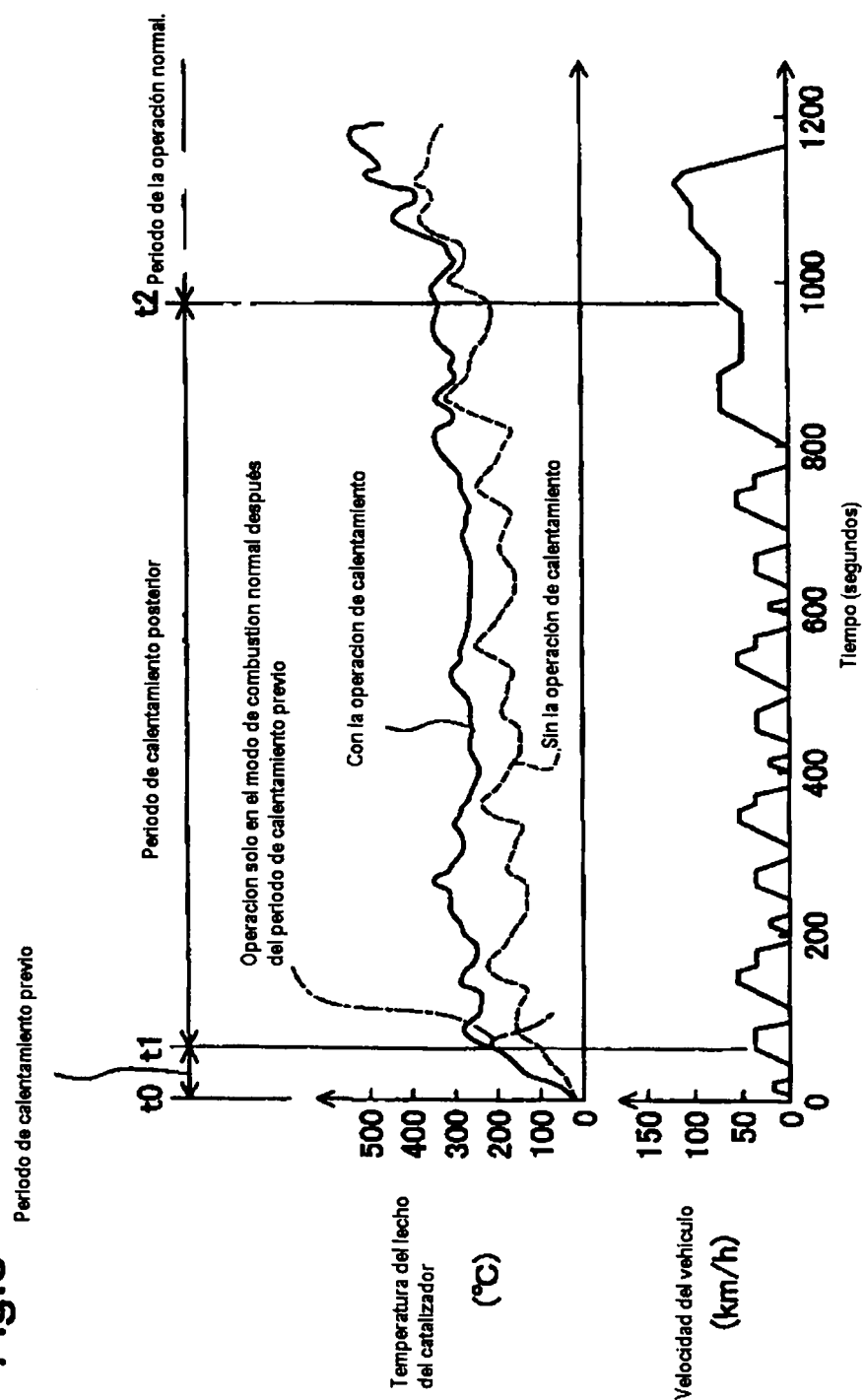


Fig.9

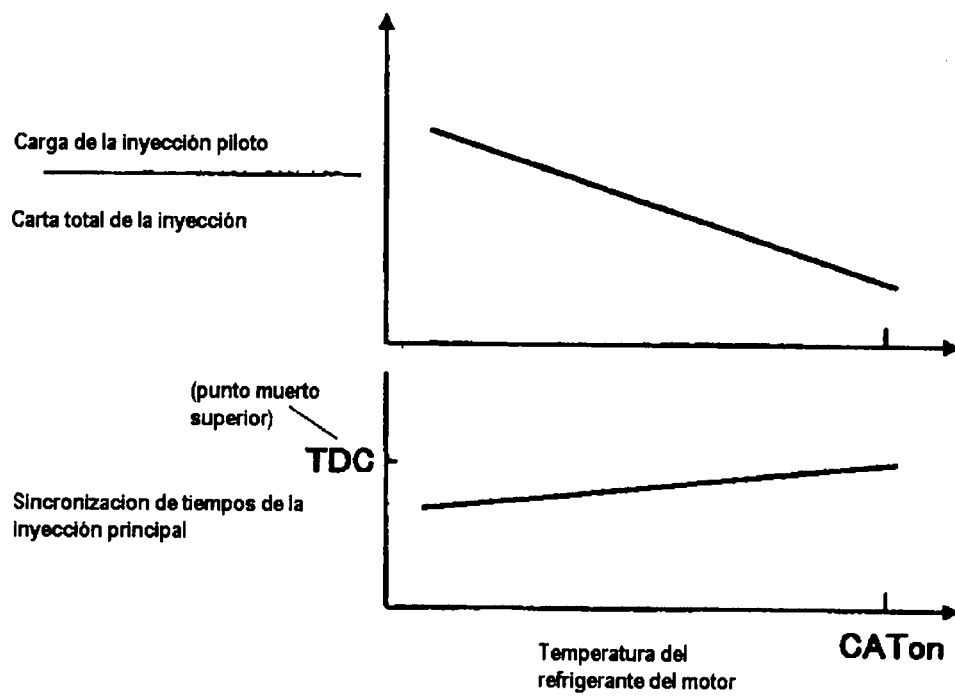


Fig.10

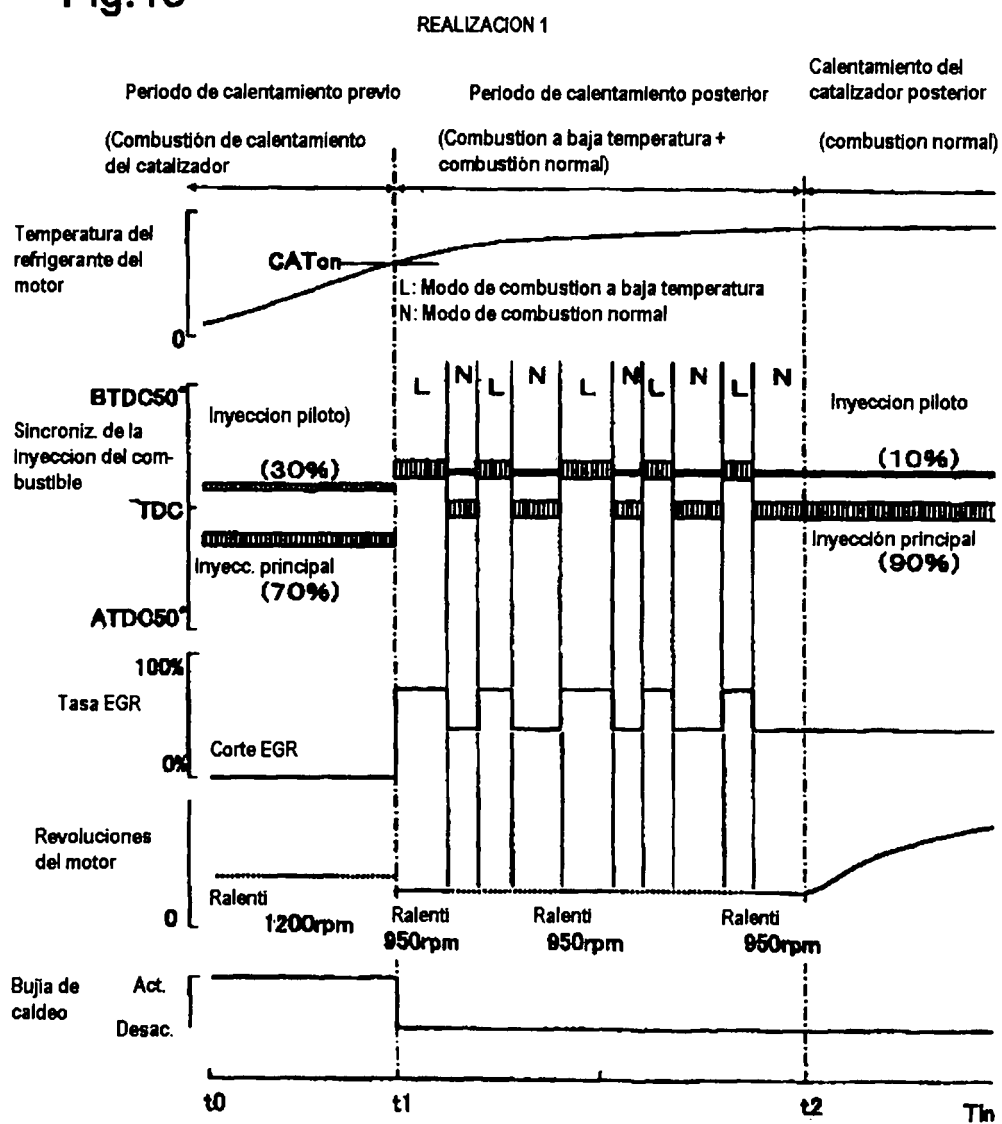


Fig.11

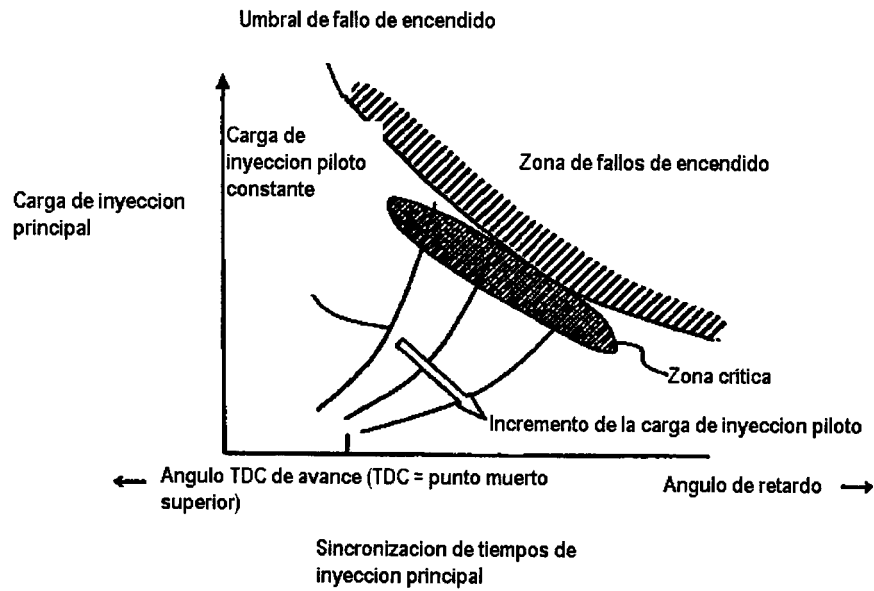


Fig.12

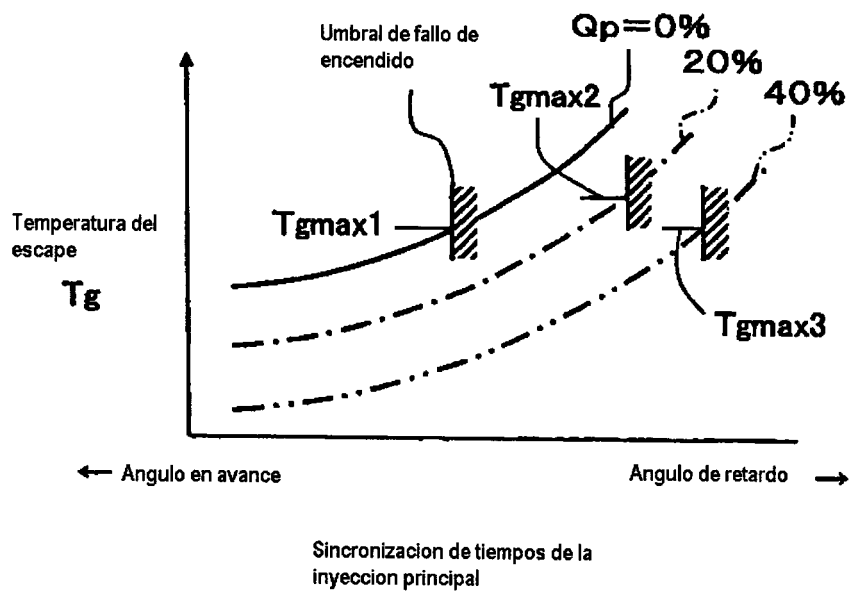


Fig.13

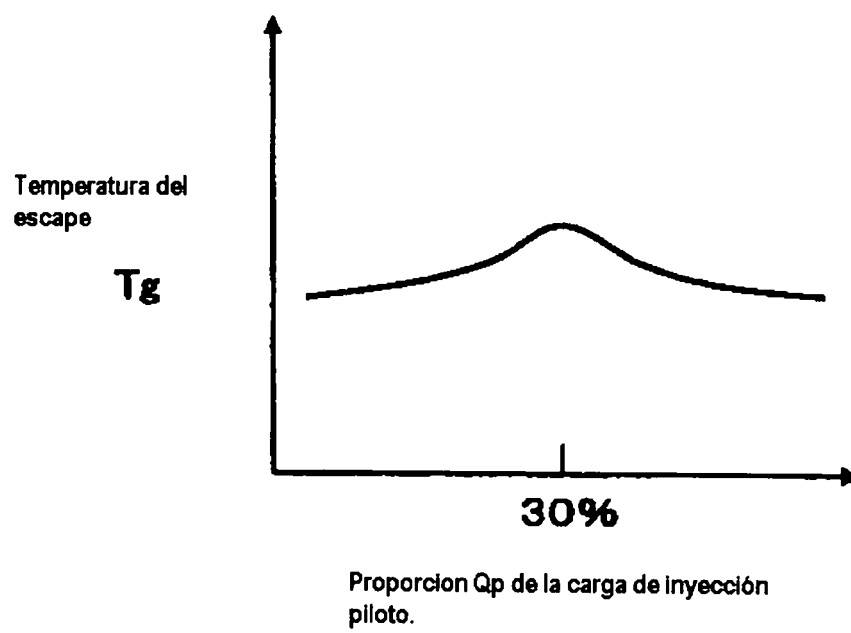


Fig.14

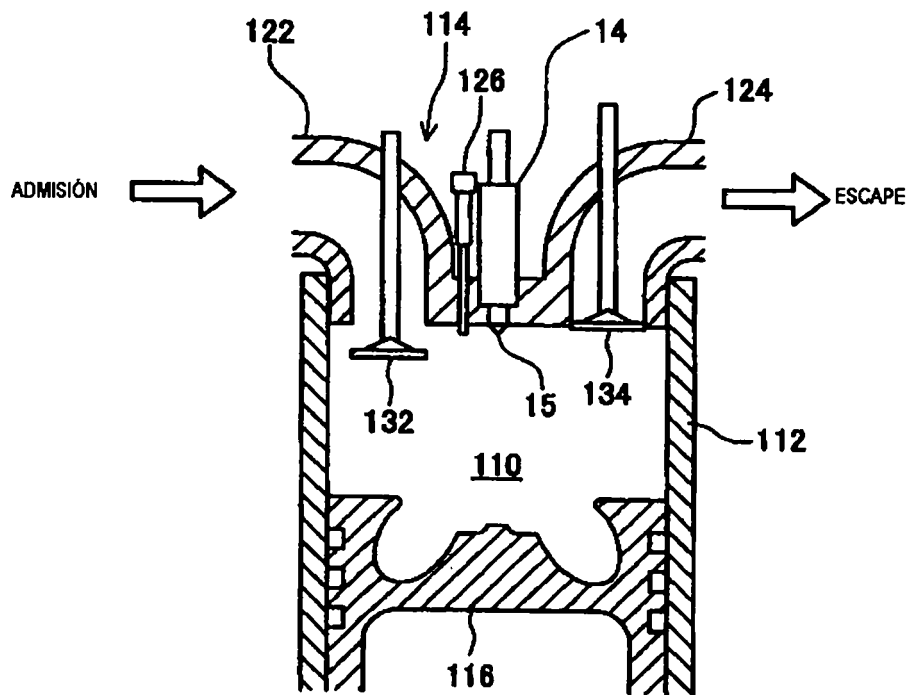


Fig.15

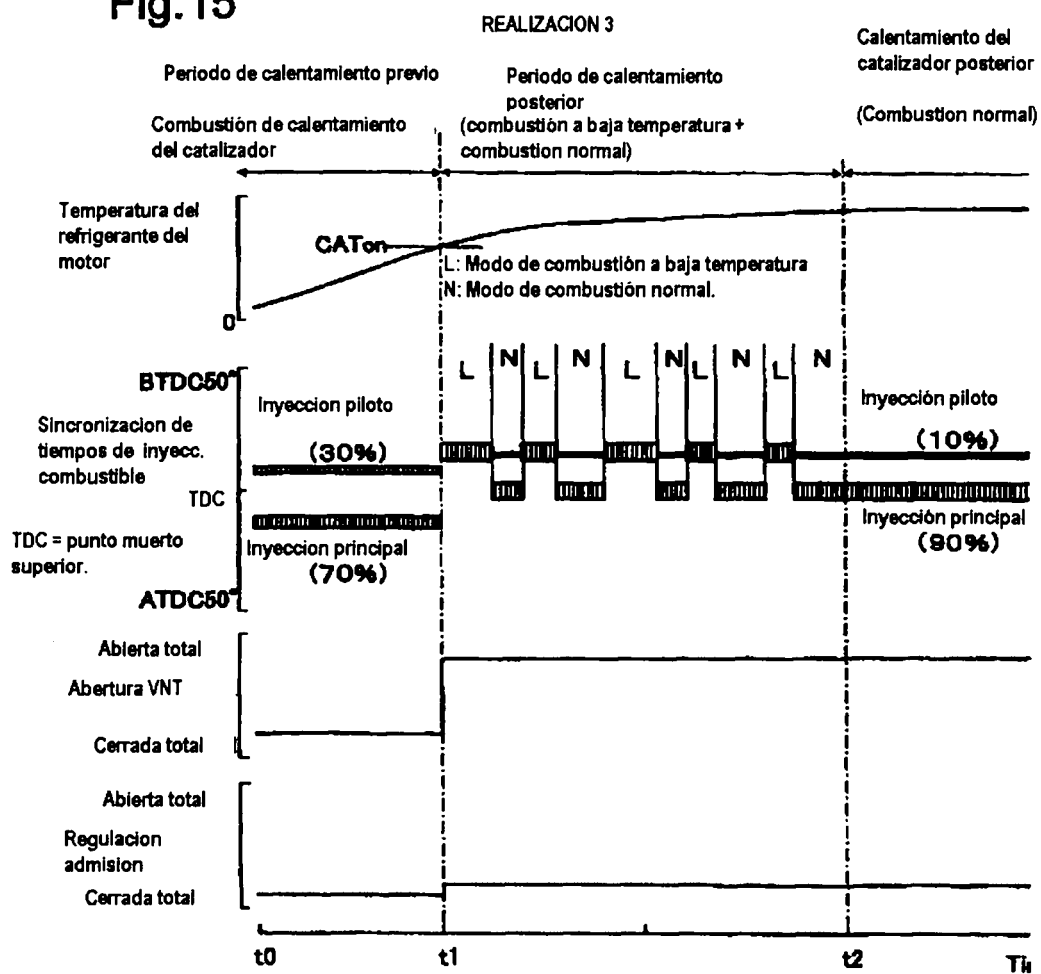


Fig.16

Efecto en el calentamiento del catalizador del ajuste VNT y de la regulación de admisión.

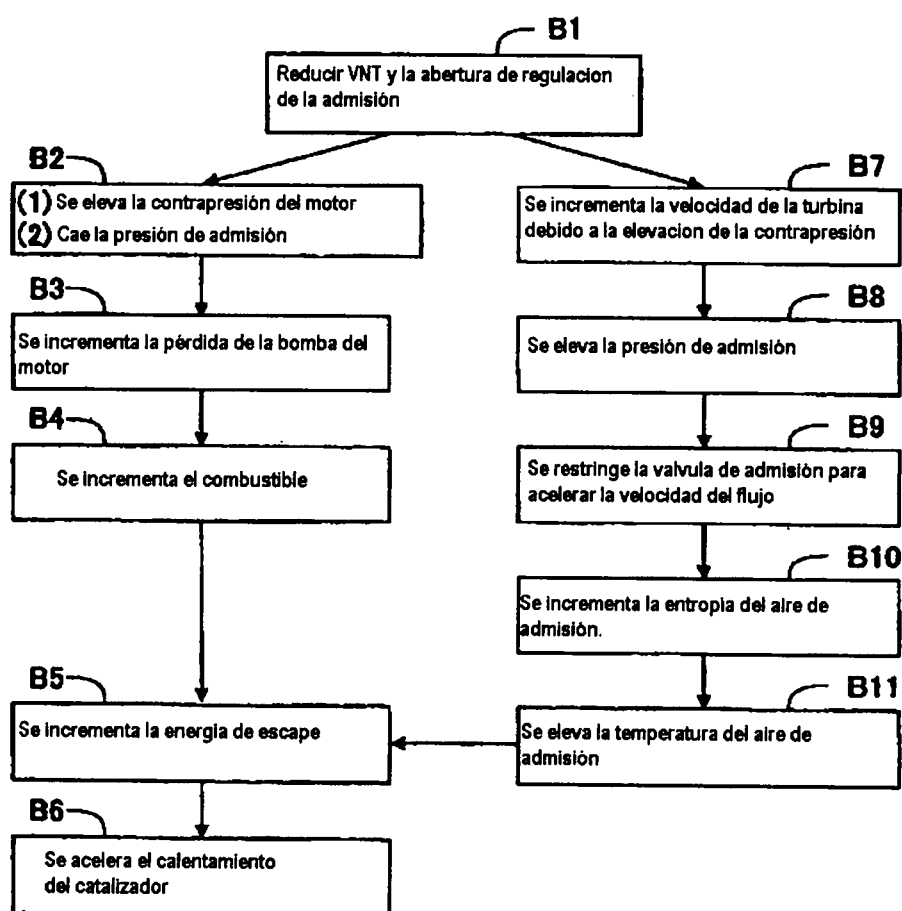


Fig.17

