

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 459**

51 Int. Cl.:

F01N 3/08 (2006.01)
F01N 3/36 (2006.01)
F02D 41/04 (2006.01)
F01N 11/00 (2006.01)
F02D 41/02 (2006.01)
F02D 41/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.08.2011 PCT/JP2011/069859**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.02.2013 WO13027300**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.08.2011 E 11826140 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2017 EP 2581575**

54 Título: **Sistema de purificación de gases de escape de motor de combustión interna**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.08.2017

73 Titular/es:
TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (100.0%)
1, Toyota-cho, Toyota-shi
Aichi-ken, 471-8571, JP

72 Inventor/es:
BISAJI, YUKI

74 Agente/Representante:
ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 629 459 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE GASES DE ESCAPE DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA**DESCRIPCIÓN****5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna.

10 Antecedentes de la técnica

Se conoce en la técnica un motor de combustión interna que dispone, en un conducto de gases de escape de motor, un catalizador de almacenamiento de NO_x que almacena NO_x que está contenido en los gases de escape cuando la relación aire-combustible de los gases de escape que entran al interior es pobre y que libera el NO_x almacenado cuando la relación aire-combustible de los gases de escape que entran al interior se vuelve rica, que dispone una válvula de adición de combustible en el conducto de gases de escape de motor aguas arriba del catalizador de almacenamiento de NO_x, que dispone un sensor de relación aire-combustible en el interior del conducto de gases de escape de motor aguas abajo del catalizador de almacenamiento de NO_x, y que hacen rica la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de almacenamiento de NO_x alimentando combustible en el conducto de gases de escape de motor desde la válvula de adición de combustible cuando debe liberarse NO_x desde el catalizador de almacenamiento de NO_x. (véase, por ejemplo, la bibliografía de patente 1).

Respecto a esto, en este motor de combustión interna, si la válvula de adición de combustible alimenta más de los hidrocarburos en exceso necesarios, la cantidad de hidrocarburos que pasan a través del catalizador de almacenamiento de NO_x aumenta. En este caso, si fuese posible detectar la cantidad de paso de los hidrocarburos, podría ser posible reducir la cantidad de hidrocarburos consumidos que se malgastan. Sin embargo, en este caso, es imposible detectar una cantidad de este tipo de paso de hidrocarburos mediante un método sencillo.

30 Lista de referencias**Bibliografía de patente**

Bibliografía de patente 1: Publicación de patente japonesa (A) n.º 2004-316458

35 Sumario de la invención**Problema técnico**

Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que puede detectar la cantidad de paso de hidrocarburos mediante un método sencillo.

Solución al problema

Según la presente invención, se proporciona un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1.

Efectos ventajosos de la invención

Es posible detectar una cantidad de paso de hidrocarburos a partir de señales de salida de un sensor de relación aire-combustible del lado aguas arriba y un sensor de relación aire-combustible del lado aguas abajo.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista global de un motor de combustión interna de tipo de encendido por compresión.

La figura 2 es una vista que muestra esquemáticamente una parte superficial de un portador de catalizador.

La figura 3 es una vista para explicar una reacción de oxidación en un catalizador de purificación de gases de escape.

La figura 4 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

La figura 5 es una vista que muestra una tasa de purificación de NO_x.

Las figuras 6A y 6B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación

de gases de escape.

Las figuras 7A y 7B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.

5 La figura 8 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

La figura 9 es una vista de una tasa de purificación de NO_x .

10 La figura 10 es un diagrama en el tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

15 La figura 11 es un diagrama en el tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

La figura 12 es una vista que muestra una relación entre una fuerza de oxidación de un catalizador de purificación de gases de escape y una relación X aire-combustible requerida mínima.

20 La figura 13 es una vista que muestra una relación entre una concentración de oxígeno en los gases de escape y una amplitud ΔH de una concentración de hidrocarburos que proporciona la misma tasa de purificación de NO_x .

La figura 14 es una vista que muestra una relación entre una amplitud ΔH de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de NO_x .

25 La figura 15 es una vista que muestra una relación de un periodo de vibración ΔT de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de NO_x .

30 La figura 16 es una vista que muestra un cambio en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape etc.

La figura 17 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de NO_x expulsado NO_x .

35 La figura 18 es una vista que muestra una temporización de inyección de combustible.

La figura 19 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de combustible adicional WR.

Las figuras 20A y 20B son vistas que muestran una relación aire-combustible de base objetivo.

40 Las figuras 21A, 21B, y 21C son vistas que muestran un periodo de inyección de hidrocarburos etc.

Las figuras 22A y 22B son diagramas en el tiempo que muestran cambios en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

45 La figura 23 es una vista que muestra un mapa de una relación aire-combustible pico objetivo.

Las figuras 24A y 24B son vistas que muestran la estructura de un sensor de relación aire-combustible esquemáticamente ilustrado, etc.

50 Las figuras 25A y 25B son vistas que muestran un cambio en la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo, etc.

Las figuras 26A y 26B son vistas que muestran un cambio en la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo, etc.

55 La figura 27 es un diagrama de flujo para control operacional.

Las figuras 28 y 29 son diagramas de flujo que muestran una realización de control operacional I.

60 Las figuras 30A y 30B son vistas que muestran un cambio en la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo, etc.

Las figuras 31 y 32 son diagramas de flujo que muestran otra realización de control operacional I.

65 La figura 33 es un diagrama de flujo para la ejecución del control de indicador.

Descripción de las realizaciones

La figura 1 es una vista global de un motor de combustión interna de tipo de encendido por compresión.

5 Haciendo referencia a la figura 1, 1 indica un cuerpo de motor, 2 una cámara de combustión de cada cilindro, 3 un inyector de combustible controlado de manera electrónica para inyectar combustible al interior de cada cámara 2 de combustión, 4 un colector de admisión y 5 un colector de gases de escape. El colector 4 de admisión está conectado a través de un canal 6 de admisión a una salida de un compresor 7a de un turbocompresor 7 de gases de escape, mientras que una entrada del compresor 7a está conectada a través de un detector 8 de cantidad de aire de admisión a un filtro 9 de aire. En el interior del canal 6 de admisión, está dispuesta una válvula 10 de mariposa accionada por un motor paso a paso. Además, alrededor del canal 6 de admisión, un dispositivo 11 de refrigeración está dispuesto para refrigerar el aire de admisión que fluye a través del interior del canal 6 de admisión. En la realización mostrada en la figura 1, el agua de refrigeración de motor se guía al interior del dispositivo 11 de refrigeración en el que el agua de refrigeración de motor se usa para refrigerar el aire de admisión.

15 Por otra parte, el colector 5 de gases de escape está conectado a una entrada de una turbina 7b de gases de escape del turbocompresor 7 de gases de escape. Una salida de la turbina 7b de gases de escape está conectada a través de un tubo 12a de gases de escape a una entrada del catalizador 13 de purificación de gases de escape, mientras que una salida del catalizador 13 de purificación de gases de escape está conectada a través de un tubo 20 20 12b de gases de escape a un filtro 14 de partículas para atrapar material particulado que está contenido en los gases de escape.

En el interior del tubo 12a de gases de escape aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape, una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos está dispuesta para alimentar hidrocarburos compuestos por diesel u otro combustible usado como combustible para un motor de combustión interna de tipo de encendido por compresión. En la realización mostrada en la figura 1, se usa diesel como hidrocarburo que se alimenta desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. Obsérvese que, la presente invención puede aplicarse también a un motor de combustión interna de tipo de encendido por chispa en el que se consume combustible bajo una relación aire-combustible pobre. En este caso, desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, se alimentan hidrocarburos compuestos por gasolina u otro combustible usado como combustible de un motor de combustión interna de tipo de encendido por chispa.

Por otra parte, el colector 5 de gases de escape y el colector 4 de admisión están conectados entre sí a través de un conducto 16 de recirculación de gases de escape (a continuación en el presente documento denominado "RGE"). En el interior del conducto 16 de RGE, está dispuesta una válvula 17 de control de RGE controlada electrónicamente. Además, alrededor del conducto 16 de RGE, está dispuesto un dispositivo 18 de refrigeración para refrigerar el gas de RGE que fluye a través del interior del conducto 16 de RGE. En la realización mostrada en la figura 1, el agua de refrigeración de motor se guía al interior del dispositivo 18 de refrigeración en el que el agua de refrigeración de motor se usa para refrigerar el gas de RGE. Por otra parte, cada inyector 3 de combustible está conectado a través de un tubo 19 de alimentación de combustible a un conducto 20 común (*common rail*). Este conducto 20 común está conectado a través de una bomba 21 de combustible de descarga variable controlada de manera electrónica a un depósito 22 de combustible. El combustible que está almacenado en el interior del depósito 22 de combustible se alimenta mediante la bomba 21 de combustible al interior del conducto 20 común. El combustible que se alimenta al interior del conducto 20 común se alimenta a través de cada tubo 19 de alimentación de combustible al inyector 3 de combustible.

Una unidad 30 de control electrónico está compuesta por un ordenador digital dotado de una ROM 32 (memoria de solo lectura), una RAM 33 (memoria de acceso aleatorio), una CPU 34 (microprocesador), un puerto 35 de entrada, y un puerto 36 de salida, que están conectados entre sí mediante un bus 31 bidireccional. En el interior del tubo 12a de gases de escape aguas arriba de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, está dispuesto un sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba para detectar una relación aire-combustible de los gases de escape que se expulsan desde el motor, mientras que en el interior del tubo 12b de gases de escape aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape, está dispuesto un sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo para detectar una relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia fuera del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Además, aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape, está dispuesto un sensor 25 de temperatura para detectar la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape, mientras que en el filtro 14 de partículas, un sensor 26 de presión diferencial está unido para detectar una presión diferencial antes y después del filtro 14 de partículas. Las señales de salida de este sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba, sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, sensor 25 de temperatura, sensor 26 de presión diferencial y detector 8 de cantidad de aire de admisión se introducen respectivamente a través de los correspondientes convertidores 37 AD en el puerto 35 de entrada.

Además, un pedal 40 del acelerador tiene un sensor 41 de carga conectado al mismo que genera una tensión de salida proporcional a la cantidad de depresión L del pedal 40 del acelerador. La tensión de salida del sensor 41 de carga se introduce a través de un convertidor 37 AD correspondiente en el puerto 35 de entrada. Además, en el puerto 35 de entrada, está conectado un sensor 42 de ángulo de cigüeñal que genera un pulso de salida cada vez

que el cigüeñal rota, por ejemplo, 15°. Por otra parte, el puerto 36 de salida está conectado a través de los circuitos 38 de accionamiento correspondientes a cada inyector 3 de combustible, un motor paso a paso para accionar la válvula 10 de mariposa, una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, válvula 17 de control de RGE y una bomba 21 de combustible.

5 La figura 2 muestra esquemáticamente una parte superficial de un portador de catalizador que está portado en un sustrato del catalizador 13 de purificación de gases de escape. En este catalizador 13 de purificación de gases de escape, tal como se muestra en la figura 2, por ejemplo, se proporciona un soporte 50 de catalizador compuesto por alúmina sobre el que se portan los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Además, sobre este soporte 50 de catalizador, está formada una capa 53 básica que incluye al menos un elemento seleccionado de entre potasio K, sodio Na, cesio Cs, u otro metal alcalino de este tipo, bario Ba, calcio Ca u otro metal alcalinotérreo de este tipo, un lantánido u otra tierra rara de este tipo y plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, iridio Ir u otro metal que puede donar electrones al NO_x. Los gases de escape fluyen a lo largo de la parte superior del soporte 50 de catalizador, de modo que puede decirse que los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos se portan sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Además, la superficie de la capa 53 básica presenta basicidad, así que la superficie de la capa 53 básica se denomina la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica.

20 Por otra parte, en la figura 2, el catalizador 51 de metales preciosos está compuesto por platino Pt, mientras que el catalizador 52 de metales preciosos está compuesto por rodio Rh. Es decir, los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos que se portan sobre el soporte 50 de catalizador están compuestos por platino Pt y rodio Rh. Obsérvese que, sobre el soporte 50 de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape, además de platino Pt y rodio Rh, puede portarse además paladio Pd o, en lugar de rodio Rh, puede portarse paladio Pd. Es decir, los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos que se portan sobre el soporte 50 de catalizador están compuestos por platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.

Si se inyectan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos a los gases de escape, se reforman los hidrocarburos mediante el catalizador 13 de purificación de gases de escape. En la presente invención, en ese momento, se usan los hidrocarburos reformados para eliminar el NO_x en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. La figura 3 muestra esquemáticamente la acción de reforma realizada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape en ese momento. Tal como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos HC que se inyectan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos pasan a ser hidrocarburos radicales HC con un pequeño número de átomos de carbono mediante el catalizador 51.

35 La figura 4 muestra la temporización de hidrocarburos de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y el cambio en la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Obsérvese que, los cambios en la relación aire-combustible (A/F)_{in} dependen del cambio en la concentración de los hidrocarburos en los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, de modo que puede decirse que el cambio en la relación aire-combustible (A/F)_{in} mostrado en la figura 4 expresa el cambio en la concentración de los hidrocarburos. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos pasa a ser más elevada, la relación aire-combustible (A/F)_{in} pasa a ser más pequeña, así que, en la figura 4, cuanto más pasa al lado rico la relación aire-combustible (A/F)_{in}, más elevada es la concentración de hidrocarburos.

45 La figura 5 muestra la tasa de purificación de NO_x por el catalizador 13 de purificación de gases de escape con respecto a las temperaturas de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando se hace que la concentración de hidrocarburos que fluye periódicamente al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape cambie de manera que, tal como se muestra en la figura 4, haga que cambie la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al catalizador 13 de purificación de gases de escape. Los inventores se dedicaron a la investigación con respecto a la purificación de NO_x durante un largo periodo de tiempo. En el proceso de investigación, aprendieron que si hacen que la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo, tal como se muestra en la figura 5, se obtiene una tasa de purificación de NO_x extremadamente alta incluso en una región de alta temperatura de 400°C o más elevada.

55 Además, en ese momento, una gran cantidad de producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos continúa reteniéndose o adsorbiéndose sobre la superficie de la capa 53 básica, es decir, sobre la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Se aprendió que este producto intermedio reductor desempeña un papel central en la obtención de una alta tasa de purificación de NO_x. A continuación, esto se explicará haciendo referencia a las figuras 6A y 6B. Obsérvese que, estas figuras 6A y 6B muestran esquemáticamente la parte superficial del soporte 50 de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Estas figuras 6A y 6B muestran la reacción que se supone que ocurre cuando la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace que vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

La figura 6A muestra cuando la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape es baja, mientras que la figura 6B muestra cuando se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser más elevada.

Ahora, tal como se entenderá a partir de la figura 4, la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se mantiene pobre excepto durante un instante, de modo que los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape normalmente pasan a estar en un estado de exceso de oxígeno. Por tanto, el NO que está contenido en los gases de escape, tal como se muestra en la figura 6A, se oxida sobre el platino 51 y pasa a ser NO₂. A continuación, este NO₂ se oxida adicionalmente y pasa a ser NO₃. Parte adicional del NO₂ pasa a ser NO₂⁻. En este caso, la cantidad de producción de NO₃ es mucho mayor que la cantidad de producción de NO₂⁻. Por tanto, sobre el platino Pt 51, se producen una gran cantidad de NO₃ y una pequeña cantidad de NO₂⁻. Estos NO₃ y NO₂⁻ son de intensa actividad. A continuación, estos NO₃ y NO₂⁻ se denominarán NO_x^{*} activo.

Por otra parte, si se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, tal como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos se reforman y pasan a estar radicalizados en el interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Como resultado, tal como se muestra en la figura 6B, la concentración de hidrógeno alrededor del NO_x^{*} activo pasa a ser más elevada. Respecto a esto, si, después de que se produzca el NO_x^{*} activo, el estado de una alta concentración de oxígeno alrededor del NO_x^{*} activo continúa durante un tiempo constante o más, el NO_x^{*} activo se oxida y se absorbe en forma de iones de nitrato NO₃⁻ en el interior de la capa 53 básica. Sin embargo, si, antes de que pase este tiempo constante, la concentración de hidrocarburos alrededor del NO_x^{*} activo pasa a ser más elevada, tal como se muestra en la figura 6B, el NO_x^{*} activo reacciona sobre el platino 51 con los hidrocarburos radicales HC para formar de ese modo el producto intermedio reductor. Este producto intermedio reductor se adhiere o adsorbe sobre la superficie de la capa 53 básica.

Obsérvese que, en este momento, se considera que el primer producto intermedio reductor producido es un nitrocompuesto R-NO₂. Si se produce este nitrocompuesto R-NO₂, el resultado pasa a ser a compuesto de nitrilo R-CN, pero este compuesto de nitrilo R-CN puede sobrevivir solo durante un instante en este estado, así que pasa inmediatamente a ser un compuesto de isocianato R-NCO. Este compuesto de isocianato R-NCO pasa a ser un compuesto de amina R-NH₂ si se hidroliza. Sin embargo, en este caso, lo que se hidroliza se considera parte del compuesto de isocianato R-NCO. Por tanto, tal como se muestra en la figura 6B, se cree que la mayoría del producto intermedio reductor que se retiene o adsorbe sobre la superficie de la capa 53 básica es el compuesto de isocianato R-NCO y el compuesto de amina R-NH₂.

Por otra parte, tal como se muestra en la figura 6B, si el producto intermedio reductor producido está rodeado por los hidrocarburos HC, el producto intermedio reductor está bloqueado por los hidrocarburos HC y la reacción no seguirá avanzando. En este caso, si la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se ralentiza y la concentración de oxígeno pasa de ese modo a ser más elevada, los hidrocarburos alrededor del producto intermedio reductor se oxidarán. Como resultado, tal como se muestra en la figura 6A, el producto intermedio reductor y el NO_x^{*} activo reaccionan. En este momento, el NO_x^{*} activo reacciona con el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ para pasar a ser N₂, CO₂, H₂O, por tanto se elimina el NO_x.

De esta manera, en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, haciendo la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape más elevada, se produce un producto intermedio reductor. La concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se ralentiza y la concentración de oxígeno se eleva de modo que el NO_x^{*} activo reacciona con el producto intermedio reductor y se elimina el NO_x. Es decir, con el fin de que el catalizador 13 de purificación de gases de escape elimine el NO_x, la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene que cambiarse periódicamente.

Evidentemente, en este caso, es necesario elevar la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente alta para producir el producto intermedio reductor y es necesario reducir la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente baja para hacer que el producto intermedio reductor producido reaccione con el NO_x^{*} activo. Es decir, es necesario hacer que la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud. Obsérvese que, en este caso, es necesario retener una cantidad suficiente de producto intermedio reductor R-NCO o RNH₂ sobre la capa 53 básica, es decir, la parte superficial de flujo de gases de escape básica 24, hasta que el producto intermedio reductor producido reaccione con el NO_x^{*} activo. Por este motivo, se proporciona la parte superficial de flujo de gases de escape básica 24.

Por otra parte, si se prolonga el periodo de alimentación de los hidrocarburos, el tiempo en el que la concentración de oxígeno pasa a ser más elevada pasa a ser más largo en el periodo después de que se alimenten los hidrocarburos hasta que a continuación se alimentan los hidrocarburos. Por tanto, el NO_x^{*} activo se absorbe en la capa 53 básica en forma de nitratos sin producir un producto intermedio reductor. Para evitar esto, es necesario hacer que la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de

escape vibre dentro de un intervalo de periodo predeterminado.

Por tanto, en una realización de la presente invención, para hacer que el NO_x contenido en los gases de escape y los hidrocarburos reformados reaccionen y produzcan el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ que contiene nitrógeno e hidrocarburos, se portan los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos en la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Para retener el producto intermedio reductor producido R-NCO o R-NH₂ en el interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se forma una parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Se reduce el NO_x mediante la acción de reducción del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ retenido sobre la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica, y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace que sea el periodo de vibración requerido para la continuación de la producción del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂. A este respecto, en el ejemplo mostrado en la figura 4, el intervalo de inyección se hace que sea 3 segundos.

Si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburo, es decir, el periodo de alimentación de los hidrocarburos HC, se hace más largo que el anterior intervalo de periodo predeterminado, el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ desaparece de la superficie de la capa 53 básica. En este momento, el NO_x^* activo que se produce sobre el platino Pt 53, tal como se muestra en la figura 7A, se difunde en la capa 53 básica en forma de iones de nitrato NO_3^- y pasa a ser nitratos. Es decir, en este momento, el NO_x en los gases de escape se absorbe en forma de nitratos en el interior de la capa 53 básica.

Por otra parte, la figura 7B muestra el caso en el que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace la relación aire-combustible estequiométrica o rica cuando el NO_x se absorbe en forma de nitratos en el interior de la capa 53 básica. En este caso, la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye, de modo que la reacción avanza en el sentido opuesto ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$), y por consiguiente los nitratos absorbidos en la capa 53 básica pasan a ser iones de nitrato NO_3^- uno a uno y, tal como se muestra en la figura 7B, se liberan de la capa 53 básica en forma de NO_2 . A continuación, el NO_2 liberado se reduce mediante los hidrocarburos HC y el CO contenido en los gases de escape.

La figura 8 muestra el caso de hacer la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape temporalmente rica ligeramente antes de que la capacidad de absorción de NO_x de la capa 53 básica pase a estar saturada. Obsérvese que, en el ejemplo mostrado en la figura 8, el intervalo de tiempo de este control de riqueza es de 1 minuto o más. En este caso, el NO_x que se absorbió en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape era pobre se libera de una vez de la capa 53 básica y se reduce cuando la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape se hace temporalmente rica. Por tanto, en este caso, la capa 53 básica desempeña el papel de un absorbente para absorber temporalmente NO_x .

Obsérvese que, en este momento, a veces la capa 53 básica adsorbe temporalmente el NO_x . Por tanto, si se usa el término de almacenamiento como un término que incluye tanto absorción como adsorción, en este momento, la capa 53 básica desempeña el papel de un agente de almacenamiento NO_x para almacenar temporalmente el NO_x . Es decir, en este caso, si la relación del aire y el combustible (hidrocarburos) que se suministran al interior del conducto de admisión de motor, las cámaras 2 de combustión y el conducto de escape aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape se denomina la relación aire-combustible de los gases de escape, el catalizador 13 de purificación de gases de escape funciona como un catalizador de almacenamiento de NO_x que almacena el NO_x cuando la relación aire-combustible de los gases de escape es pobre y libera el NO_x almacenado cuando disminuye la concentración de oxígeno en los gases de escape.

La figura 9 muestra la tasa de purificación de NO_x cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como un catalizador de almacenamiento de NO_x de esta manera. Obsérvese que, la abscisa de la figura 9 muestra la temperatura de catalizador TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como un catalizador de almacenamiento de NO_x , tal como se muestra en la figura 9, cuando la temperatura de catalizador TC es de 300°C a 400°C, se obtiene una tasa de purificación de NO_x extremadamente alta, pero cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser una temperatura alta 400°C o más elevada, disminuye la tasa de purificación de NO_x .

De esta manera, cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser 400°C o más, la tasa de purificación de NO_x disminuye debido a que si la temperatura de catalizador TC pasa a ser 400°C o más, los nitratos se descomponen por el calor y se liberan en forma de NO_2 del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Es decir, siempre que se almacene NO_x en forma de nitratos, cuando la temperatura de catalizador TC es alta, es difícil obtener una alta tasa de purificación de NO_x . Sin embargo, en el nuevo método de purificación de NO_x mostrado desde la figura 4 hasta las figuras 6A y 6B, tal como se entenderá a partir de las figuras 6A y 6B, no se forman nitratos o incluso si se forman son extremadamente pequeños en cantidad, por consiguiente, tal como se muestra en la figura 5, incluso cuando la temperatura de catalizador TC es alta, se obtiene una alta tasa de purificación de NO_x .

Por tanto, en la presente invención, una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos

está dispuesta en el conducto de gases de escape de motor, un catalizador 13 de purificación de gases de escape para provocar que el NO_x contenido en los gases de escape e hidrocarburos reformados reaccionen está dispuesto en el conducto de gases de escape de motor aguas abajo de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, se portan catalizadores 51 y 52 de metales preciosos sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape, una parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica está formada alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos, el catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el NO_x que está contenido en los gases de escape si se hace que la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo de periodo predeterminado y tiene la propiedad de aumentar la cantidad de almacenamiento de NO_x que está contenido en los gases de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que este intervalo predeterminado, y, en el momento de funcionamiento del motor, se hace que la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape vibre dentro del intervalo predeterminado de amplitud y dentro del intervalo de periodo predeterminado para reducir de ese modo el NO_x que está contenido en los gases de escape en el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Es decir, puede decirse que el método de purificación de NO_x que se muestra desde la figura 4 hasta las figuras 6A y 6B es un nuevo método de purificación de NO_x diseñado para eliminar NO_x sin formar prácticamente ningún nitrato en el caso de usar un catalizador de purificación de gases de escape que porta catalizadores de metales preciosos y forma una capa básica que se puede absorber NO_x . Actualmente, cuando se usa este nuevo método de purificación de NO_x , los nitratos que se detectan de la capa 53 básica pasan a ser mucho más pequeños en cantidad en comparación con el caso en el que se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como un catalizador de almacenamiento de NO_x . Obsérvese que, este nuevo método de purificación de NO_x se denominará a continuación primer método de purificación de NO_x .

A continuación, haciendo referencia a de la figura 10 a la figura 15, se explicará este primer método de purificación de NO_x de manera algo más detallada.

La figura 10 muestra de manera ampliada el cambio en la relación aire-combustible (A/F)_{in} mostrado en la figura 4. Obsérvese que, tal como se explicó anteriormente, el cambio en la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior de este catalizador 13 de purificación de gases de escape simultáneamente muestra el cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Obsérvese que, en la figura 10, ΔH muestra la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos HC que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, mientras que ΔT muestra el periodo de vibración de la concentración de los hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Además, en la figura 10, (A/F)_b muestra la relación aire-combustible de base que muestra la relación aire-combustible del gas de combustión para generar la salida de motor. En otras palabras, esta relación aire-combustible de base (A/F)_b muestra la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando se detiene la alimentación de hidrocarburos. Por otra parte, en la figura 10, X muestra el límite superior de la relación aire-combustible (A/F)_{in} usada para producir el producto intermedio reductor sin que se almacene prácticamente el NO_x^* producido en forma de nitratos en el interior de la capa 53 básica. Para hacer que el NO_x^* activo y los hidrocarburos reformados reaccionen para producir un producto intermedio reductor, tiene que hacerse que la relación aire-combustible (A/F)_{in} sea inferior a este límite superior X de la relación aire-combustible.

En otras palabras, en la figura 10, X muestra el límite inferior de la concentración de hidrocarburos requerido para hacer que el NO_x^* activo e hidrocarburos reformados reaccionen para producir un producto intermedio reductor. Para producir el producto intermedio reductor, la concentración de hidrocarburos tiene que hacerse más elevada que este límite inferior X. En este caso, si el producto intermedio reductor se produce se determina por la relación de la concentración de oxígeno y la concentración de hidrocarburos alrededor del NO_x^* activo, es decir, la relación aire-combustible (A/F)_{in}. El límite superior X de la relación aire-combustible requerido para producir el producto intermedio reductor se denominará a continuación relación aire-combustible mínima solicitada.

En el ejemplo mostrado en la figura 10, la relación aire-combustible mínima solicitada X es rica, por tanto, en este caso, para formar el producto intermedio reductor, la relación aire-combustible (A/F)_{in} se hace instantáneamente la relación aire-combustible mínima solicitada X o menor, es decir, rica. De manera opuesta a esto, en el ejemplo mostrado en la figura 11, la relación aire-combustible mínima solicitada X es pobre. En este caso, la relación aire-combustible (A/F)_{in} se mantiene pobre mientras se reduce periódicamente la relación aire-combustible (A/F)_{in} de manera que se forma el producto intermedio reductor.

En este caso, si la relación aire-combustible mínima solicitada X se vuelve rica o pasa a ser pobre depende de la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape. En este caso, el catalizador 13 de purificación de gases de escape, por ejemplo, pasa a ser más fuerte en cuanto una fuerza de oxidación si aumenta la cantidad portada del metal 51 precioso y pasa a ser más fuerte en cuanto una fuerza de oxidación si se aumenta

la acidez. Por tanto, la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape cambia debido a la cantidad portada del metal 51 precioso o la fuerza de la acidez.

Ahora, si se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación intensa, tal como se muestra en la figura 11, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)_{in} pobre mientras que se reduce periódicamente la relación aire-combustible (A/F)_{in}, los hidrocarburos acaban oxidándose por completo cuando se reduce la relación aire-combustible (A/F)_{in}. Como resultado, ya no puede producirse un producto intermedio reductor. De manera opuesta a esto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación intensa, tal como se muestra en la figura 10, si se hace la relación aire-combustible (A/F)_{in} periódicamente rica, cuando la relación aire-combustible (A/F)_{in} se hace rica, parte de los hidrocarburos no se oxidarán por completo, sino que se oxidarán parcialmente, es decir, los hidrocarburos se reformarán, por consiguiente se producirá un producto intermedio reductor. Por tanto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación intensa, la relación aire-combustible mínima solicitada X tiene que hacerse rica.

Por otra parte, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, tal como se muestra en la figura 11, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)_{in} pobre mientras que se reduce periódicamente la relación aire-combustible (A/F)_{in}, parte de los hidrocarburos no se oxidarán por completo, sino que se oxidarán parcialmente, es decir, los hidrocarburos se reformarán, y por consiguiente se producirá un producto intermedio reductor. De manera opuesta a esto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, tal como se muestra en la figura 10, si se hace la relación aire-combustible (A/F)_{in} periódicamente rica, una gran cantidad de hidrocarburos se expulsará del catalizador 13 de purificación de gases de escape sin oxidarse y por consiguiente aumentará la cantidad de hidrocarburos que se malgasta. Por tanto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, la relación aire-combustible mínima solicitada X tiene que hacerse débil.

Es decir, se aprende que la relación aire-combustible mínima solicitada X, tal como se muestra en la figura 12, tiene que reducir la fuerza de oxidación más intensa del catalizador 13 de purificación de gases de escape. De esta manera la relación aire-combustible mínima solicitada X pasa a ser pobre o rica debido a la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, tomando como ejemplo el caso en el que la relación aire-combustible mínima solicitada X es rica, se explicarán la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Ahora, si la relación aire-combustible de base (A/F)_b pasa a ser más grande, es decir, si la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos pasa a ser más elevada, la cantidad alimentada de hidrocarburos requerida para hacer que la relación aire-combustible (A/F)_{in} la relación aire-combustible mínima solicitada X o menor aumenta y junto con esto la cantidad de hidrocarburos en exceso que no contribuyen a la producción del producto intermedio reductor también aumenta. En este caso, para eliminar el bien NO_x, tal como se explicó anteriormente, es necesario hacer que los hidrocarburos en exceso se oxiden. Por tanto, para eliminar bien el NO_x, cuanto más grande sea la cantidad de hidrocarburos en exceso, más grande es la cantidad de oxígeno que se requiere.

En este caso, si se eleva la concentración de oxígeno en los gases de escape, la cantidad de oxígeno puede aumentar. Por tanto, para eliminar bien el NO_x, cuando la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos es alta, es necesario elevar la concentración de oxígeno en los gases de escape después de que se alimenten los hidrocarburos. Es decir, cuanto más elevada sea la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, más grande es la amplitud de la concentración de hidrocarburos que tiene que hacerse.

La figura 13 muestra la relación entre la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos y la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos cuando se obtiene la misma tasa de purificación de NO_x. Para obtener la misma tasa de purificación de NO_x, a partir de la figura 13, se aprende que cuanto más elevada sea la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, mayor es la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos que tiene que hacerse. Es decir, para obtener la misma tasa de purificación de NO_x, cuanto más elevada sea la relación aire-combustible de base (A/F)_b, mayor es la amplitud ΔT de la concentración de hidrocarburos que tiene que hacerse. En otras palabras, para eliminar bien el NO_x, cuanto menor sea la relación aire-combustible de base (A/F)_b, más puede reducirse la amplitud ΔT de la concentración de hidrocarburos.

Respecto a esto, la relación aire-combustible de base (A/F)_b pasa a ser la más baja en el momento de una operación de aceleración. En este momento, si la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos es aproximadamente 200 ppm, es posible eliminar bien el NO_x. La relación aire-combustible de base (A/F)_b es normalmente más grande que el tiempo de operación de aceleración. Por tanto, tal como se muestra en la figura 14, si la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos es 200 ppm o más, puede obtenerse una excelente tasa de

purificación de NO_x.

Por otra parte, se aprende que cuando la relación aire-combustible de base (A/F)_b es la más alta, si se hace la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos 10000 ppm o similar, se obtiene una excelente tasa de purificación de NO_x. Por tanto, en la presente invención, el intervalo predeterminado de la amplitud de la concentración de hidrocarburos se hace de 200 ppm a 10000 ppm.

Además, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos pasa a ser más largo, la concentración de oxígeno alrededor del NO_x* activo pasa a ser más elevada en el periodo de tiempo después de que se alimenten los hidrocarburos hasta cuando se alimentan los hidrocarburos a continuación. En este caso, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos pasa a ser más largo que aproximadamente 5 segundos, la mayoría del NO_x* activo comienza a absorberse en forma de nitratos en el interior de la capa 53 básica. Por tanto, tal como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos pasa a ser más largo que aproximadamente 5 segundos, la tasa de purificación de NO_x disminuye. Por tanto, el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos tiene que hacerse de 5 segundos o menor.

Por otra parte, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos pasa a ser aproximadamente 0,3 segundos o menor, los hidrocarburos alimentados comienzan a acumularse sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape, por tanto, tal como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos pasa a ser aproximadamente 0,3 segundo o menor, la tasa de purificación de NO_x disminuye. Por tanto, en la presente invención, el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace desde 0,3 segundos hasta 5 segundos.

A continuación, haciendo referencia a de la figura 16 a la figura 19, se explicará en detalle un método de purificación de NO_x en el caso en el que se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como un catalizador de almacenamiento de NO_x. El método de purificación de NO_x en el caso en el que se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como un catalizador de almacenamiento de NO_x de esta manera se denominará a continuación segundo método de purificación de NO_x.

En este segundo método de purificación de NO_x, tal como se muestra en la figura 16, cuando la cantidad de NO_x almacenado ΣNO_x de NO_x que está almacenado en la capa 53 básica supera una cantidad permitida predeterminada MAX, la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace temporalmente rica. Si la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape se hace rica, el NO_x que se almacenó en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape era pobre se libera de la capa 53 básica de una vez y se reduce. Debido a esto, se elimina el NO_x.

La cantidad de NO_x almacenado ΣNO_x se calcula, por ejemplo, a partir de la cantidad de NO_x que se expulsa desde el motor. En esta realización según la presente invención, la cantidad de NO_x expulsado NO_xA de NO_x que se expulsa desde el motor por unidad de tiempo se almacena como una función de el par motor de salida de motor Te y la velocidad de motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 17 de antemano en la ROM 32. La cantidad de NO_x almacenado ΣNO_x se calcula a partir de la cantidad de NO_x expulsado NO_xA. En este caso, tal como se explicó anteriormente, el periodo durante el cual la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape se hace rica es habitualmente 1 minuto o más.

En este segundo método de purificación de NO_x, tal como se muestra en la figura 18, el inyector 3 de combustible inyecta combustible adicional WR al interior de la cámara 2 de combustión, además del combustible para uso-generación de salida Q de modo que la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace rica. Obsérvese que, en la figura 18, la abscisa indica el ángulo de cigüeñal. Este combustible adicional WR se inyecta en una temporización en la que se consumirán, pero no aparecerán como salida de motor, es decir, ligeramente antes de ATDC90° después de punto muerto superior de compresión. Esta cantidad de combustible WR se almacena como una función del par motor de salida de motor Te y la velocidad de motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 19 de antemano en la ROM 32. Evidentemente, en este caso, también es posible hacer que la cantidad alimentada de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos aumente de manera que hace la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape rica.

Ahora, volviendo de nuevo a la explicación de el primer método de purificación de NO_x, para usar el primer método de purificación de NO_x para eliminar bien el NO_x tal como se explicó anteriormente, la amplitud ΔH y el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos tiene que controlarse adecuadamente. Es decir, para usar el primer método de purificación de NO_x para eliminar bien el NO_x, es necesario controlar la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos de modo que la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pase a ser la relación aire-combustible mínima solicitada X o menor, y es necesario controlar el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos desde 0,3 segundos hasta 5 segundos.

En este caso, en la presente invención, se controla la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos controlando la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se controla controlando el periodo de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. En este caso, puede controlarse la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos controlando al menos uno del tiempo de inyección o la presión de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. Sin embargo, a continuación, la presente invención se explicará con referencia al caso de controlar la cantidad de inyección controlando el tiempo de inyección mientras que mantiene la presión de inyección constante.

A continuación, en esta realización según la presente invención, el grado de apertura óptimo de la válvula 10 de mariposa y el grado de apertura óptimo de la válvula 17 de control de RGE según el estado de funcionamiento del motor se encuentra de antemano mediante experimentos. Además, la relación aire-combustible de base (A/F)_b óptima que se obtiene cuando se hace que la válvula 10 de mariposa y la válvula 17 de control de RGE tengan el grado de apertura óptimos también se encuentra de antemano mediante experimentos. En la figura 20, esta relación aire-combustible de base (A/F)_b obtenida mediante experimentos se muestra como una función de la velocidad de motor N y el par motor de salida de motor Te. Obsérvese que, las líneas continuas en la figura 20A muestran líneas de relación aire-combustible equivalentes de relaciones aire-combustible indicadas por valores numéricos.

En el momento de funcionamiento del motor, se controla la cantidad de inyección de combustible del inyector 3 de combustible de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape que se expulsan desde el motor pasa a ser la relación aire-combustible de base (A/F)_b óptima mostrada en la figura 20A. Obsérvese que la relación aire-combustible de base (A/F)_b óptima mostrada en la figura 20A se almacena como una función de la velocidad de motor N y el par motor de salida de motor Te en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 20B de antemano en la ROM 32.

Además, el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo ΔT y el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo WT que proporcionan la tasa de purificación de NO_x más alta cuando se va a realizar la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x se averigua de antemano mediante experimentos. En la figura 21A, este periodo de inyección de hidrocarburos óptimo ΔT obtenido mediante experimentos se muestra como una función de la velocidad de motor N y el par motor de salida de motor Te. Obsérvese que las líneas continuas en la figura 21A muestran periodos de inyección de hidrocarburos equivalentes. Tal como puede verse a partir de la figura 21A, cuanto menor sea la velocidad de motor N, más corto es el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo ΔT y, cuanto más elevado es el par motor de salida de motor Te, más corto es el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo ΔT .

El periodo de inyección de hidrocarburos óptimo ΔT mostrado en la figura 21A se almacena como una función de la velocidad de motor N y el par motor de salida de motor Te en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 21B de antemano en la ROM 32. De manera adicional, el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo WT obtenido mediante experimentos también se almacena como una función de la velocidad de motor N y el par motor de salida de motor Te en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 21C de antemano en la ROM 32.

La figura 22A muestra el cambio de la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando el periodo de inyección de hidrocarburos se hace que sea el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo ΔT mostrado en la figura 21B y el periodo de inyección de hidrocarburos se hace que sea el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo WT mostrado en la figura 21C, mientras que la figura 22B muestra el cambio de la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo en este momento. Obsérvese que, la figura 22B muestra el cambio en la relación aire-combustible cuando el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo prácticamente no se contamina.

Tal como se entenderá a partir de la figura 22A y la figura 22B, la relación aire-combustible de pico de lado rico (A/F)_r de la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape es rica, mientras que la relación aire-combustible de pico de lado rico (A/F)_p de la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo es pobre. Esto se considera que es debido a que parte de los hidrocarburos alimentados se depositan de una vez sobre el catalizador 13 de purificación de gases de escape, entonces se evaporan con una diferencia de tiempo, mientras que el cambio en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia fuera del catalizador 13 de purificación de gases de escape se suaviza, de manera que el valor de pico de la relación aire-combustible pasa a ser más pequeño.

La relación aire-combustible de pico de lado rico (A/F)_p detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cuando el periodo de inyección de hidrocarburos se hace que sea el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo ΔT mostrado en la figura 21B y el periodo de inyección de hidrocarburos se hace que sea el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo WT mostrado en la figura 21C se averigua de antemano mediante experimentos. La relación aire-combustible de pico de lado rico (A/F)_p que se averigua de antemano

mediante experimentos se almacena de antemano como la relación aire-combustible pico objetivo $(A/F)_t$ con respecto a los estados de funcionamiento de motor diferentes. En esta realización de la presente invención, esta relación aire-combustible pico objetivo $(A/F)_t$ se almacena como una función de la velocidad de motor N y la salida de motor torque T_e en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 23 de antemano en la ROM 32.

A continuación, se explicarán de manera sencilla las estructuras del sensor 23 e relación aire-combustible de lado aguas arriba y el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo que se usan en la presente invención. Obsérvese que, este sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y este sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo tienen la misma estructura. La figura 24A muestra esquemáticamente las estructuras de los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible.

Haciendo referencia a la figura 24A, la parte 60 de sensor de cada uno de los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible está compuesta por un electrolito 61 sólido en forma de copa delgada compuesto por zirconia Zr , un electrodo 62 de película delgada de platino que cubre la circunferencia interna del electrolito 61 sólido, un electrodo 63 de película delgada de platino que cubre la circunferencia externa del electrolito 61 sólido, y una capa 64 resistente a difusión que está compuesta por alúmina que cubre los alrededores del electrodo 63. Esta parte 60 de sensor se cubre mediante una cobertura 66 protectora que tiene un gran número de orificios 65. Esta parte 60 de sensor está dispuesta en los gases de escape. Los gases de escape pasan a través de los orificios 65 y se guían hacia la parte superior de la capa 64 resistente a difusión. Tal como se muestra en la figura 24A, se aplica una tensión constante E a través de los electrodos 62 y 63. En este momento, una corriente I fluye entre los electrodos 62 y 63 según la relación aire-combustible de los gases de escape tal como se muestra en la figura 24B. En la presente invención, la relación aire-combustible se averigua a partir de este valor de corriente I basándose en la relación que se muestra en la figura 24B. Es decir, la relación aire-combustible se detecta a partir de las salidas de los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible.

La figura 25A muestra el cambio en la relación aire-combustible $AFR1$ de los gases de escape que se detecta mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y el cambio en la relación aire-combustible $AFR2$ de los gases de escape que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cuando va a realizarse la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x . El sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba está situado en el lado aguas arriba de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, de manera que no está afectado por la acción de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, por tanto, tal como se muestra en la figura 25A, la relación aire-combustible $AFR1$ de los gases de escape que se detecta mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba pasa a ser la relación aire-combustible de base $(A/F)_b$.

De manera opuesta a esto, la relación aire-combustible $AFR2$ que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo de los gases de escape cambia según la alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos cuando se produce tal alimentación. Es decir, si se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, la relación aire-combustible $AFR2$ que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cambia al lado rico tal como se muestra mediante RS a partir de la relación aire-combustible de referencia $AFRB$ que se detecta cuando no se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. Por tanto, si se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos a intervalos, la relación aire-combustible $AFR2$ que se detecta por el sensor 24 relación aire-combustible de lado aguas abajo, tal como se muestra en la figura 25A, cambia al lado rico desde la relación aire-combustible de referencia $AFRB$ a intervalos.

Respecto a esto, en este caso, tal como se muestra en la figura 25A, se aprende que la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR aparece entre la relación aire-combustible $AFR1$ que se detecta mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible $AFRB$ de referencia de la relación aire-combustible $AFR2$ que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y que la relación aire-combustible $AFRB$ de referencia de la relación aire-combustible $AFR2$ que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo pasa a ser el lado rico a partir de la relación aire-combustible $AFR1$ que se detecta mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba. Se cree que la razón es como sigue:

Es decir, hidrocarburos de peso molecular grande como gasóleo se alimentan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. Los hidrocarburos que se alimentan desde esta válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se oxidan o se oxidan parcialmente en el interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Sin embargo, en realidad, no todos los hidrocarburos que se alimentan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se oxidan o se oxidan parcialmente. Parte de los hidrocarburos termina deslizándose a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape sin oxidarse u oxidarse parcialmente. Por tanto, los hidrocarburos de peso molecular grande que se deslizan a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape fluyen al interior del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

Respecto a esto, en el sensor de relación aire-combustible que se muestra en la figura 24A, el oxígeno y los hidrocarburos que están contenidos en los gases de escape se difunden en el interior de la capa 64 de resistencia a

la difusión para alcanzar el electrodo 63, se realiza una acción de oxidación de hidrocarburos en el electrodo 63, y, si en este momento el oxígeno es excesivo, los iones de oxígeno se mueven en el interior del electrolito 61 sólido desde el electrodo 63 hasta 62, mientras que si en este momento el oxígeno es insuficiente, los iones de oxígeno se mueven en el interior del electrolito 61 sólido desde el electrodo 62 hacia 63, y se usa una corriente I producida debido a esto para detectar la relación aire-combustible.

Por otra parte, como en el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, si los hidrocarburos de peso molecular grande fluyen al sensor de relación aire-combustible, parte de los hidrocarburos, tal como se explica anteriormente, se difunden en el interior de la capa 64 de resistencia a la difusión y alcanzan el electrodo 63, pero parte de los hidrocarburos se acumulan una vez que está sobre la superficie de la capa 64 de resistencia a la difusión debido al peso molecular grande. A continuación, los hidrocarburos de peso molecular grande una vez acumulados se difunden gradualmente en el interior de la capa 64 de resistencia a la difusión y alcanzan el electrodo 63. Como resultado, en el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, incluso después de la alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, todavía se considera que los gases de escape contienen una gran cantidad de hidrocarburos, por tanto la relación aire-combustible AFRB de referencia de la relación aire-combustible AFR2 que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo pasa a ser el lado rico a partir de la relación aire-combustible AFR1 que se detecta mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba.

En este caso, cuanto más aumenta la cantidad de deposición de hidrocarburos en el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, mayor será la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR entre la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible AFRB de referencia de la relación aire-combustible AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. Por otra parte, cuanto mayor sea la cantidad de hidrocarburos que pasan a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape, más aumenta la cantidad de deposición de hidrocarburos en el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. Por tanto, tal como se muestra en la figura 25B, se aprende que cuanto mayor sea la cantidad WS de hidrocarburos que pasan a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape, mayor será la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR . Es decir, la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR puede usarse como base para detectar la cantidad de hidrocarburos que pasan a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Por tanto, en la presente invención, una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos está dispuesta en el conducto de gases de escape de motor, un sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba para detectar la relación aire-combustible de los gases de escape está dispuesto en el conducto de gases de escape de motor aguas arriba de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, un catalizador 13 de purificación de gases de escape para hacer reaccionar el NO_x contenido en gases de escape e hidrocarburos reformados está dispuesto en el conducto de gases de escape de motor aguas abajo de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, un sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo para detectar la relación aire-combustible de los gases de escape está dispuesto en el conducto de gases de escape de motor aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape, el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo está compuesto por un tipo de sensor que tiene un electrolito sólido 61, electrodos 62 y 63 que cubren respectivamente las dos superficies laterales del electrolito 61 sólido, y una capa 64 de resistencia a la difusión que cubre uno de los electrodos 63 y en el que los gases de escape se guían sobre la capa 64 de resistencia a la difusión, catalizadores 51 y 52 de metales preciosos se portan sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape y una parte 54 de superficie de flujo de gases de escape básica se forma alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos, el catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el NO_x que está contenido en gases de escape si la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape está hecha para vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y tiene la propiedad de que ha aumentado en cantidad de almacenamiento de NO_x que está contenido en gases de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que este intervalo predeterminado, cuando se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cambia al lado rico a partir de la relación aire-combustible AFRB de referencia que se detecta cuando los hidrocarburos no se alimentan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, y la cantidad WS de hidrocarburos que se alimenta desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y que pasa a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape se detecta desde la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR entre la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible AFRB de referencia detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

En este caso, tal como se muestra en la figura 25A, la cantidad WS de hidrocarburos que se alimenta desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y que pasa a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser mayor cuanto mayor es la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR .

Ahora, entonces, la cantidad WS de hidrocarburos que pasan a través del catalizador 13 de purificación de gases de

escape aumenta debido a diversos motivos. Por ejemplo, si el catalizador 13 de purificación de gases de escape se deteriora, la capacidad de oxidar parcialmente u oxidar los hidrocarburos cae, de modo que la cantidad WS de hidrocarburos que pasan a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta. Además, la cantidad WS de hidrocarburos que pasan a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta incluso cuando la cantidad de alimento de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos aumenta de manera anómala debido a algún motivo.

Por tanto, en esta realización según la presente invención, cuando la cantidad WS de hidrocarburos que se alimenta desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y pasan a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape supera un valor límite predeterminado, se considera que el catalizador 13 de purificación de gases de escape se ha deteriorado o existe una anomalía en la cantidad de inyección desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos.

A continuación, se explicarán dos métodos representativos para detectar la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR mientras se hace referencia a la figura 26A.

El primer método es el método de selección del periodo de tiempo que da la relación aire-combustible AFRB de referencia en la relación aire-combustible AFR2 que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo (la figura 26A) y que detecta la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR a partir de la diferencia entre la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible AFRB de referencia de la AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo o el valor promedio de estas diferencias en este periodo de tiempo I.

El segundo método es el método de detección de la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR desde la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible AFRB de referencia de la AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo en la temporización St que se retrasa exactamente el periodo ft de tiempo desde la temporización de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos que está mostrada mediante la línea Wt discontinua en la figura 26A. En este caso, cuanto más rápido sea el caudal de los gases de escape, es decir, cuanto mayor sea la cantidad de aire de admisión, más corto será el periodo ft de tiempo en el que puede detectarse la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR . Este periodo ft de tiempo se encuentra de antemano mediante experimentos. El periodo ft de tiempo se almacena de antemano como función de la cantidad de aire de admisión GA tal como se muestra en la figura 26B.

La figura 27 muestra una rutina para el control operacional de toda la operación de un motor. Obsérvese que, esta rutina puede ejecutarse mediante interrupción cada cierto intervalo de tiempo.

Haciendo referencia a la figura 27, en primer lugar, en la etapa 60, se considera a partir de la señal de salida del sensor 25 de temperatura si la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape supera la temperatura TCo de activación. Cuando $TC < TCo$, es decir, cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape no está activado, se considera que debe usarse el segundo método de purificación de NO_x , entonces la rutina avanza a la etapa 61. En la etapa 61, la cantidad de NO_x NOXA que se expulsa por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 17. A continuación, en la etapa 62, ΣNO_x aumenta mediante la cantidad de NO_x NOXA expulsada para calcular la cantidad de NO_x almacenada ΣNO_x . A continuación, en la etapa 63, se considera si la cantidad de NO_x almacenada ΣNO_x supera un valor MAX permisible.

Cuando se considera en la etapa 63 que $\Sigma NO_x \leq MAX$, la rutina avanza a la etapa 64 en la que se realiza el procesamiento para inyectar combustible desde el inyector 3 de combustible. En este momento, se inyecta combustible desde el inyector 3 de combustible de modo que se obtiene una relación aire-combustible pobre predeterminada que se determina a partir del estado de funcionamiento del motor. En contraposición a esto, cuando se considera en la etapa 63 que $\Sigma NO_x > MAX$, la rutina avanza a la etapa 65 en la que se realiza control I rico. Es decir, la cantidad WR de combustible adicional se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 19 y se realiza una acción de inyección del combustible adicional. En este momento, el NO_x almacenado se libera del catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, en la etapa 66, se limpia el ΣNO_x .

Por otra parte, cuando se considera en la etapa 60 que $TC \geq TCo$, es decir, cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape se activa, la rutina avanza a la etapa 67 en la que se considera si se cumple $TC < TCo$ en el momento de la interrupción previa. Cuando se cumple $TC < TCo$ en el momento de la interrupción previa, es decir, cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape está activado en ese momento, la rutina avanza a la etapa 68 en la que se realiza control II rico. En este momento también, la cantidad WR de combustible adicional se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 19 y se realiza una acción de inyección del combustible adicional para que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el NO_x almacenado. A continuación, en la etapa 69, se limpia el ΣNO_x .

En contraposición a esto, cuando se cumple $TC \geq TCo$ incluso en el momento de la interrupción previa, es decir,

cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape ya estaba activado, la rutina avanza a la etapa 70 en la que se realiza la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x según la presente invención. Es decir, cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape no está activado, se realiza la acción de purificación de NO_x mediante el segundo método de purificación de NO_x, y cuando se activa el catalizador 13 de purificación de gases de escape, el segundo método de purificación de NO_x se conmuta al primer método de purificación de NO_x.

Cuando el segundo método de purificación de NO_x se conmuta al primer método de purificación de NO_x, si el catalizador 13 de purificación de gases de escape almacena NO_x, se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el NO_x almacenado todo de una vez sin reducción. Por tanto, en el ejemplo que se muestra en la figura 25, para impedir que se haga que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el NO_x almacenado todo de una vez sin reducción de esta manera, justo después el segundo método de purificación de NO_x se conmuta al primer método de purificación de NO_x, en la etapa 68, se realiza control II rico para hacer que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el NO_x almacenado mediante el segundo método de purificación de NO_x.

A continuación, se explicará el control I de funcionamiento que se realiza en la etapa 70, es decir, la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x. Las figuras 28 y la figura 29 muestran una primera realización de este control I de funcionamiento. Obsérvese que, en esta primera realización, se muestra el caso de usar el primer método que se explicó con referencia a la figura 26A para encontrar la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR .

Haciendo referencia a la figura 28, en primer lugar, en la etapa 80, el valor objetivo de la relación aire-combustible de base, es decir, la relación aire-combustible objetivo (A/F)_b, se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 20B. A continuación, en la etapa 81, la cantidad de aire de admisión GA se calcula a partir de la señal de salida del detector 8 de cantidad de aire de admisión. A continuación, en la etapa 82, la cantidad de inyección de combustible Q para la generación de una salida desde el inyector 3 de combustible que se requiere para hacer que la relación aire-combustible de base sea la relación aire-combustible objetivo (A/F)_b se calcula a partir de la relación aire-combustible objetivo (A/F)_b y la cantidad de aire de admisión GA. A continuación, en la etapa 83, el periodo de tiempo de inyección de combustible QT se calcula a partir de esta cantidad de inyección de combustible Q, a continuación, en la etapa 84, se realiza el procesamiento de inyección de combustible para inyectar combustible desde el inyector 3 de combustible según este periodo de tiempo de inyección de combustible QT.

A continuación, en la etapa 85, el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo ΔT se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 21B. A continuación, en la etapa 86, el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo WT se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 21C. A continuación, en la etapa 87, se realiza procesamiento de inyección de hidrocarburos para inyectar hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos según este periodo de inyección de hidrocarburos WT.

A continuación, en la etapa 88, se leen la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. A continuación, en la etapa 89, la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba se reduce mediante la relación aire-combustible AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo para la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR (=AFR1- ΔAFR). A continuación, en la etapa 90, para considerar si la relación aire-combustible AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo es la relación aire-combustible de referencia AFRB, se calcula el cambio dAFR de la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR entre el tiempo de la interrupción previa y el tiempo de la interrupción actual.

A continuación, en la etapa 91, se evalúa si el valor absoluto del cambio dAFR de la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR es más pequeño que un valor pequeño predeterminado dX. Cuando el valor absoluto del cambio dAFR de la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR es mayor que dX, es decir, cuando la relación aire-combustible AFR2 detectada por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cambia rápidamente tal como se muestra en la figura 25A mediante RS, se acaba el ciclo de procesamiento. En contraposición a esto, cuando el valor absoluto del cambio dAFR de la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR es más pequeño que dX, es decir, cuando el cambio de la relación aire-combustible AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo es pequeño, se considera que la relación aire-combustible AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo es la relación aire-combustible de referencia AFRB y la rutina avanza a la etapa 92.

En la etapa 92, la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR se suma al ΣAF para calcular el valor integrado ΣAF de la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR . A continuación, en la etapa 93, el recuento N se aumenta en exactamente 1. A continuación, en la etapa 94, se considera si el recuento N ha alcanzado un n.^o de valor constante. Cuando el recuento N alcanza el n.^o de valor constante, la rutina avanza a la etapa 95 en la que el valor integrado ΣAF está dividido por el n.^o de valor constante para calcular el valor promedio $\Delta AFRM$ de la diferencia de relación

aire-combustible ΔAFR . Puesto que el valor promedio $\Delta AFRM$ de la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR se calcula de esta manera en esta realización, en esta realización, se hace posible calcular la cantidad WS de hidrocarburos que pasan a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape a partir del valor promedio $\Delta AFRM$ de la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR .

5 Si se calcula el valor promedio $\Delta AFRM$ de la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR , la rutina avanza a la etapa 96 en la que se limpian ΣAF y N. A continuación, en la etapa 97, se evalúa si el valor promedio $\Delta AFRM$ de la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR es mayor que un valor límite predeterminado Wo . Cuando el valor promedio $\Delta AFRM$ de la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR es mayor que el valor límite Wo , la rutina avanza a la etapa 98 en la que se emite una alarma que muestra que el catalizador 13 de purificación de gases de escape se ha deteriorado o la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos es anómala.

10 A continuación, se explicará una segunda realización del control 1 de funcionamiento que se realiza en la etapa 70 de la figura 27.

15 Entonces, cuando el primer método de purificación de NO_x según la presente invención se usa para realizar una acción de purificación de NO_x , cuando la relación aire-combustible de los gases de escape que se expulsan desde el motor ha pasado a ser la relación aire-combustible de base óptima $(A/F)_b$ mostrada en la figura 20B y la relación aire-combustible pico de lado rico $(A/F)_p$ de la relación aire-combustible detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo pasa a ser la relación aire-combustible pico objetivo $(A/F)_t$ mostrada en la figura 23, se obtiene la relación de purificación de NO_x máxima. Por tanto, en esta segunda realización, se realiza un control de retroalimentación de la cantidad de inyección de combustible desde el inyector 3 de combustible basándose en la señal de salida del sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape que se expulsan desde el motor pasa a ser la relación aire-combustible de base óptima $(A/F)_b$, y se realiza un control de retroalimentación de la cantidad de alimento de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos basándose en la señal de salida del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo de modo que la relación aire-combustible pico de lado rico $(A/F)_p$ de la relación aire-combustible detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo pase a ser la relación aire-combustible pico objetivo $(A/F)_t$.

20 Hablando de manera específica, la cantidad de inyección de combustible QT calculada a partir de la relación aire-combustible de base óptima $(A/F)_b$ y la cantidad de aire de admisión GA se multiplica por un coeficiente de corrección G para calcular la cantidad de inyección de combustible final QTO ($=G \cdot QT$) desde el inyector 3 de combustible. Se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que se expulsan desde el motor sea la relación aire-combustible de base óptima $(A/F)_b$ mediante control de retroalimentación del valor del coeficiente de corrección G. Es decir, se aprende el valor del coeficiente de corrección G que se requiere para hacer que la relación aire-combustible de los gases de escape expulsados desde el motor sea la relación aire-combustible de base óptima $(A/F)_b$.

25 Además, el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo WT calculado a partir del mapa de la figura 21C se multiplica por un coeficiente de corrección K para calcular el periodo de tiempo de inyección final WTO ($=K \cdot WT$) de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y se hace que la relación aire-combustible pico de lado rico $(A/F)_p$ de la relación aire-combustible detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo sea la relación aire-combustible pico objetivo $(A/F)_t$ mediante control de retroalimentación del valor del coeficiente de corrección K. Es decir, se aprende el valor del coeficiente de corrección K que se requiere para hacer que la relación aire-combustible pico de lado rico $(A/F)_p$ de la relación aire-combustible detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo sea relación aire-combustible pico objetivo $(A/F)_t$.

30 Respecto a esto, cuando se realiza la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x , si la relación aire-combustible de referencia AFRB de la AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se desvía al lado rico desde la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba, la relación aire-combustible pico de lado rico $(A/F)_p$ de la relación aire-combustible detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo también se desvía al lado rico. Por tanto, en este momento, si se hace que la relación aire-combustible pico de lado rico $(A/F)_p$ de la relación aire-combustible detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo sea la relación aire-combustible pico objetivo $(A/F)_t$ mediante control de retroalimentación, la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos terminará desviándose de la cantidad óptima y como resultado la tasa de purificación de NO_x terminará disminuyendo.

35 En este caso, para evitar que disminuya la tasa de purificación de NO_x , cuando la relación aire-combustible de referencia AFRB de la AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se desvíe del lado rico, es decir, cuando la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR entre la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible de referencia AFRB de la AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo supere un valor permisible predeterminado AX, por ejemplo, 0,3, es necesario prohibir el control de

retroalimentación mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

Por tanto, en la realización según la presente invención, en el momento de funcionamiento del motor, se controla el periodo de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos de modo que la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape vibra dentro de un intervalo predeterminado de periodo y se controla la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos de modo que la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a estar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud, cuando la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR es menor que un valor permisible predeterminado AX, la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se controla basándose en la señal de salida del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo de modo que la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a estar dentro del intervalo predeterminado de amplitud, y cuando la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR es mayor que el valor permisible predeterminado AX, se prohíbe el control de la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos basándose en la señal de salida del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

Obsérvese que, en este caso, tal como se explicó anteriormente, cuando la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR es más pequeña que el valor permisible predeterminado AX, el valor del coeficiente de corrección K que se requiere para hacer que la relación aire-combustible pico de lado rico $(A/F)_p$ detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo sea la relación aire-combustible objetivo previamente almacenada $(A/F)_t$, es decir, el valor de corrección, se aprende para la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. En este caso, aunque la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR pase a ser mayor que el valor permisible predeterminado AX y se prohíba el control de la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos basándose en la señal de salida del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, en el momento de calcular la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, se usa el valor de este coeficiente de corrección K, es decir, el valor de corrección. Por tanto, cuando se prohíbe el control de la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos basándose en la señal de salida del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se corrige usando el valor de este coeficiente de corrección K, es decir, el valor de corrección aprendido.

Por otra parte, si el periodo de tiempo durante el cual se prohíbe el control de la cantidad de inyección de hidrocarburos basándose en la señal de salida del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo pasa a ser más largo, se vuelve necesario volver a aprender el valor del coeficiente de corrección K. A continuación se explicará el método de volver a aprender el valor de este coeficiente de corrección K.

La figura 30A muestra el cambio de la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cuando se inicia la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x y cuando se detiene la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x . Tal como se muestra en la figura 30A mediante t1, cuando se inicia la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x , la relación aire-combustible de referencia AFRB de la relación aire-combustible AFR2 que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se desvía de la relación aire-combustible de base $(A/F)_b$ y pasa gradualmente al lado rico. Tal como se muestra en la figura 30A mediante t2, cuando la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x continúa, la relación aire-combustible de referencia AFRB sigue desviándose de la relación aire-combustible de base $(A/F)_b$ hacia el lado rico. Por otra parte, si se detiene la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x , tal como se muestra en la figura 30A mediante t3, la relación aire-combustible de referencia AFRB pasa a ser gradualmente más grande hacia la relación aire-combustible de base $(A/F)_b$ y finalmente pasa a ser la relación aire-combustible de base $(A/F)_b$.

Entonces, para volver a aprender de manera adecuada el valor del coeficiente de corrección K, es necesario hacer que la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR entre la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible de referencia AFRB de la AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo sea más pequeña que el valor permisible AX. Por tanto, en la realización según la presente invención, cuando se prohíbe el control de la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos basándose en la señal de salida del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y cuando se considera que el valor del coeficiente de corrección K, es decir, el valor de corrección, debe volver a aprenderse, la acción de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se controla de modo que la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR pasa a ser más pequeña que el valor permisible predeterminado AX y de ese modo vuelve a aprenderse el valor del coeficiente de corrección K, es decir, el valor de corrección.

Obsérvese que, tal como se entenderá a partir de la figura 30A, si se detiene la acción de purificación de NO_x

mediante el primer método de purificación de NO_x durante el periodo de tiempo t_3 , la relación aire-combustible de referencia AFRB de la AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo pasa a ser la relación aire-combustible de base $(A/F)_b$, por tanto la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR entre la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible de referencia AFRB de la AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo pasa a ser más pequeña que el valor permisible AX. Por tanto, en una realización según la presente invención, cuando debe volver a aprenderse el valor del coeficiente de corrección K, se detiene la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x durante el periodo de tiempo t_3 .

Además, tal como se muestra en la figura 30B, cuando debe volver a aprenderse el valor del coeficiente de corrección K, aunque se haga que el periodo de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos sea más largo, la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR entre la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible de referencia AFRB de la AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo pasa a ser más pequeña que el valor permisible AX. Por tanto, en esta realización según la presente invención, cuando debe volver a aprenderse el valor del coeficiente de corrección K, es decir, el valor de corrección, tal como se muestra en la figura 30B, el intervalo de tiempo de inyecciones de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se hace temporalmente más largo o, tal como se muestra en la figura 30A mediante t_3 , la acción de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se detiene temporalmente.

La figura 31 y la figura 32 muestran la rutina para la ejecución de una segunda realización del control I de funcionamiento. Obsérvese que, en esta segunda realización, se muestra el caso en el que se usa el segundo método que se explicó con referencia a la figura 26B para hallar la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR y, cuando debe volver a aprenderse el valor del coeficiente de corrección K, se detiene temporalmente la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x .

Haciendo referencia a la figura 31, en primer lugar, en la etapa 100, el valor objetivo de la relación aire-combustible de base, es decir, la relación aire-combustible objetivo $(A/F)_b$, se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 20B. A continuación, en la etapa 101, se calcula la cantidad de aire de admisión GA a partir de la señal de salida del detector 8 de cantidad de aire de admisión. A continuación, en la etapa 102, se calcula la cantidad de inyección de combustible Q para la generación de una salida desde el inyector 3 de combustible que se requiere para hacer que la relación aire-combustible de base sea la relación aire-combustible objetivo $(A/F)_b$, a partir de la relación aire-combustible objetivo $(A/F)_b$ y la cantidad de aire de admisión GA. A continuación, en la etapa 103, se calcula el periodo de tiempo de inyección de combustible QT a partir de esta cantidad de inyección de combustible Q.

A continuación, en la etapa 104, se usa la salida del sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba como base para detectar la relación aire-combustible real AFR1 de los gases de escape que se expulsan desde el motor. A continuación, en la etapa 105, se evalúa si la relación aire-combustible real AFR1 es mayor que la relación aire-combustible objetivo $(A/F)_b$ más un pequeño valor constante β . Cuando $\text{AFR1} > (A/F)_b + \beta$, la rutina avanza a la etapa 106 en la que se aumenta el coeficiente de corrección G durante periodo de tiempo de inyección de combustible QT en un valor constante ΔG . A continuación, la rutina avanza a la etapa 106 en la que se hace que el periodo de tiempo de inyección de combustible QT multiplicado por el coeficiente de corrección G ($G \cdot \text{QT}$) sea el periodo de tiempo de inyección de combustible final QTO.

Por otra parte, cuando se considera en la etapa 105 que $\text{AFR1} > (A/F)_b + \beta$ no es cierto, la rutina avanza a la etapa 107 en la que se evalúa si la relación aire-combustible real AFR1 de los gases de escape que se expulsan desde el motor es más pequeña que la relación aire-combustible pico objetivo $(A/F)_b$ menos un valor constante β . Cuando $\text{AFR1} < (A/F)_b - \beta$, la rutina avanza a la etapa 108 en la que se reduce el coeficiente de corrección G en el valor constante ΔG , después la rutina avanza a la etapa 109. A continuación, en la etapa 110, se realiza el procesamiento de inyección de combustible para inyectar combustible desde el inyector 3 de combustible según el periodo de tiempo de inyección de combustible QTO.

De esta manera, en esta realización, cuando $\text{AFR1} > (A/F)_b + \beta$, se aumenta el tiempo de inyección de combustible, mientras que cuando $\text{AFR1} < (A/F)_b - \beta$, se disminuye el periodo de tiempo de inyección de combustible, de modo que se hace que la relación aire-combustible real de los gases de escape que se expulsan desde el motor, es decir, la relación aire-combustible de base real AFR1, coincida con la relación aire-combustible de base objetivo $(A/F)_b$.

A continuación, en la etapa 111, se calcula el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo ΔT a partir del mapa que se muestra en la figura 21B. A continuación, en la etapa 112, se calcula el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo WT a partir del mapa que se muestra en la figura 21C. A continuación, en la etapa 113, se evalúa si se establece el indicador de prohibición del control de retroalimentación. Este indicador de prohibición del control de retroalimentación se reinicia cuando la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR entre la relación aire-

combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible de referencia AFRB de la AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo es más pequeña que el valor permisible AX.

5 Cuando se reinicia el indicador de prohibición del control de retroalimentación, es decir, cuando la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR es más pequeña que el valor permisible AX, la rutina avanza a la etapa 114 en la que se calcula la relación aire-combustible pico objetivo $(A/F)_t$ a partir del mapa que se muestra en la figura 23. A continuación, en la etapa 115, se detecta la relación aire-combustible pico de lado rico real $(A/F)_p$ a partir de la salida del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

10 A continuación, en la etapa 116, se evalúa si la relación aire-combustible pico de lado rico real $(A/F)_p$ es mayor que el valor de la relación aire-combustible pico objetivo $(A/F)_t$ más un pequeño valor constante α . Cuando $(A/F)_p > (A/F)_t + \alpha$, la rutina avanza a la etapa 117 en la que se aumenta el coeficiente de corrección K durante el periodo de inyección de hidrocarburos WT en un valor constante ΔK . A continuación, la rutina avanza a la etapa 120 en la que se hace que el periodo de inyección de hidrocarburos WT multiplicado por el coeficiente de corrección K ($K \cdot WT$) sea el periodo de inyección de hidrocarburos final WTO.

15 Por otra parte, cuando se considera en la etapa 116 que $(A/F)_p > (A/F)_t + \alpha$ no es cierto, la rutina avanza a la etapa 118 en la que se evalúa si la relación aire-combustible pico de lado rico real $(A/F)_p$ es más pequeña que la relación aire-combustible pico objetivo $(A/F)_t$ menos el valor constante α . Cuando $(A/F)_p < (A/F)_t - \alpha$, la rutina avanza a la etapa 119 en la que se disminuye el coeficiente de corrección K en el valor constante ΔK , entonces la rutina avanza a la etapa 120. A continuación, en la etapa 121, se realiza el procesamiento de inyección de hidrocarburos para inyectar hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos según el periodo de inyección de hidrocarburos final WTO.

20 De esta manera, cuando $(A/F)_p > (A/F)_t + \alpha$, se aumenta el periodo de inyección de hidrocarburos, mientras que cuando $(A/F)_p < (A/F)_t - \alpha$, se disminuye el periodo de inyección de hidrocarburos, de modo que se hace que la relación aire-combustible pico de lado rico real $(A/F)_p$ coincida con la relación aire-combustible pico objetivo $(A/F)_t$.

25 Por otra parte, cuando se considera en la etapa 113 que se establece el indicador de prohibición del control de retroalimentación, la rutina pasa a la etapa 120 en la que se calcula el periodo de inyección de hidrocarburos final WTO ($=K \cdot WT$). En este momento, se prohíbe el control de retroalimentación de la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos basándose en la señal de salida del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y se usa el valor aprendido del coeficiente de corrección K para calcular el periodo de inyección de hidrocarburos final WTO.

La figura 33 muestra la rutina para el control del indicador de prohibición del control de retroalimentación. Esta rutina puede ejecutarse mediante interrupción cada cierto intervalo de tiempo.

30 Haciendo referencia a la figura 33, en primer lugar, en la etapa 130, se evalúa si ha transcurrido el periodo de tiempo t_f desde el momento en el que se realizó la acción de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. Obsérvese que este periodo de tiempo t_f se halla a partir de la relación que se muestra en la figura 26B. Cuando no ha transcurrido el periodo de tiempo t_f desde el momento en el que se realizó la acción de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, se termina el ciclo de procesamiento. En contraposición a esto, cuando ha transcurrido el periodo de tiempo t_f desde el momento en el que se realizó la acción de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, la rutina avanza a la etapa 131 en la que se leen la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. A continuación, en la etapa 132, se reduce la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba en la relación aire-combustible AFR2 detectada por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo para calcular la diferencia de relación aire-combustible $\Delta AFR (= AFR1 - AFR2)$. Obsérvese que la relación aire-combustible AFR2 que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo en este momento expresa la relación aire-combustible de referencia AFRB.

35 A continuación, en la etapa 133, se evalúa si la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR entre la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible de referencia AFRB de la AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo es más pequeña que el valor permisible AX. Cuando la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR es más pequeña que el valor permisible AX, la rutina avanza a la etapa 134 en la que se reinicia el indicador de prohibición del control de retroalimentación, después se termina el ciclo de procesamiento. Por tanto, en este momento, la relación aire-combustible AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se usa como base para el control de retroalimentación de la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos.

65

5 En contraposición a esto, cuando se considera en la etapa 133 que la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR es mayor que el valor permisible AX, la rutina avanza a la etapa 135 en la que se establece el indicador de prohibición del control de retroalimentación. Por tanto, en este momento, se detiene el control de retroalimentación de la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. A continuación, la rutina avanza a la etapa 136 en la que se evalúa si es el momento de volver a aprender el valor del coeficiente de corrección K. Por ejemplo, cuando ha transcurrido un determinado periodo de tiempo desde el momento en el que se prohibió el control de retroalimentación y el estado de funcionamiento es adecuado para aprender el valor del coeficiente de corrección K, o cuando el vehículo se ha conducido una determinada distancia o más desde el momento en el que se prohibió el control de retroalimentación y el estado de funcionamiento es adecuado para aprender el valor del coeficiente de corrección K, se considera que es el momento de volver a aprender el valor del coeficiente de corrección K.

15 Cuando se considera en la etapa 136 que no es el momento de volver a aprender el valor del coeficiente de corrección K, se termina el ciclo de procesamiento. En contraposición a esto, cuando se considera en la etapa 136 que es el momento de volver a aprender el valor del coeficiente de corrección K, la rutina avanza a la etapa 137 en la que se detiene la alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos durante el periodo de tiempo que se muestra mediante t_3 en la figura 30A. Si se detiene de esta manera la alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, la diferencia de relación aire-combustible ΔAFR entre la relación aire-combustible AFR1 detectada mediante el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible de referencia AFRB de la AFR2 detectada mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo pasa a ser más pequeña que el valor permisible AX, y se reinicia el indicador de prohibición del control de retroalimentación. Como resultado, vuelve a aprenderse el valor del coeficiente de corrección K. Obsérvese que, cuando vuelve a aprenderse el valor del coeficiente de corrección K, tal como se explicó anteriormente, también es posible alargar temporalmente el periodo de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos tal como se muestra en la figura 30B.

25 Obsérvese que, como otra realización, también es posible disponer un catalizador de oxidación para reformar los hidrocarburos en el interior del conducto de gases de escape de motor aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

30 **Lista de signos de referencia**

- 4... colector de admisión
- 35 5... colector de gases de escape
- 7... turbocompresor de gases de escape
- 12a, 12b... tubo de gases de escape
- 40 13... catalizador de purificación de gases de escape
- 14... filtro de partículas
- 45 15... válvula de alimentación de hidrocarburos
- 23... sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba
- 50 24... sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en el que:

5 una válvula (15) de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos está dispuesta en un conducto (12a, 12b) de gases de escape de motor,

10 un catalizador (13) de purificación de gases de escape para hacer reaccionar el NO_x contenido en los gases de escape e hidrocarburos reformados está dispuesto en el conducto (12b) de gases de escape de motor aguas abajo de la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos,

15 un sensor (24) de relación aire-combustible de lado aguas abajo para detectar la relación aire-combustible de los gases de escape está dispuesto en el conducto (12b) de gases de escape de motor aguas abajo del catalizador (13) de purificación de gases de escape,

20 el sensor (24) de relación aire-combustible de lado aguas abajo es un tipo de sensor que tiene un electrolito sólido, electrodos que cubren respectivamente dos superficies laterales del electrolito sólido, y una capa de resistencia a la difusión que cubre uno de los electrodos y en el que los gases de escape se guían sobre la capa de resistencia a la difusión,

25 catalizadores (51, 52) de metales preciosos se portan sobre una superficie (50) de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape y una parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica se forma alrededor de los catalizadores (51, 52) de metales preciosos,

caracterizado porque

30 un sensor (23) de relación aire-combustible de lado aguas arriba para detectar una relación aire-combustible de gases de escape está dispuesto en el conducto (12a) de gases de escape de motor aguas arriba de la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos,

35 el catalizador (13) de purificación de gases de escape tiene una propiedad de reducir el NO_x que está contenido en los gases de escape si una concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y tiene una propiedad de aumentar la cantidad de almacenamiento de NO_x que está contenido en los gases de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que el intervalo predeterminado,

40 cuando se alimentan los hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos, una relación aire-combustible detectada mediante el sensor (24) de relación aire-combustible de lado aguas abajo cambia a un lado rico desde una relación aire-combustible de referencia que se detecta cuando no se alimentan hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos, y

45 se detecta una cantidad de hidrocarburos que se alimenta desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos y que pasa a través del catalizador (13) de purificación de gases de escape a partir de una diferencia de relación aire-combustible entre una relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor (23) de relación aire-combustible de lado aguas arriba y la relación aire-combustible de referencia que se detecta mediante el sensor (24) de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

50 2. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que la cantidad de hidrocarburos que se alimenta desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos y que pasa a través del catalizador (13) de purificación de gases de escape pasa a ser mayor cuanto mayor es dicha diferencia de relación aire-combustible.

55 3. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 2, en el que, en el momento de funcionamiento del motor, se controla el periodo de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos de modo que la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape vibra dentro de dicho intervalo predeterminado de periodo y se controla una cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos de modo que la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape pasa a estar dentro de dicho intervalo predeterminado de amplitud, cuando dicha diferencia de relación aire-combustible es menor que un valor permisible predeterminado, la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos se controla basándose en una señal de salida del sensor (24) de relación aire-combustible de lado aguas abajo de modo que la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape pasa a estar dentro del intervalo predeterminado de amplitud y, cuando dicha diferencia de relación aire-combustible es

mayor que el valor permisible predeterminado, se prohíbe el control de la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos basándose en la señal de salida del sensor (24) de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

- 5 4. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 3, en el que cuando dicha diferencia de relación aire-combustible es menor que un valor permisible predeterminado, un valor de corrección requerido para hacer que una relación aire-combustible pico de lado rico detectada mediante el sensor (24) de relación aire-combustible de lado aguas abajo sea una relación aire-combustible objetivo previamente almacenada se aprende para la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos y, cuando dicha diferencia de relación aire-combustible pasa a ser mayor que el valor permisible predeterminado y se prohíbe el control de la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos basándose en la señal de salida del sensor (24) de relación aire-combustible de lado aguas abajo, la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos se corrige usando el valor de corrección aprendido.
- 10
- 15
5. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 4, en el que cuando se prohíbe el control de la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos basándose en la señal de salida del sensor (24) de relación aire-combustible de lado aguas abajo, si se considera que dicho valor de corrección debe volverse a aprender, se controla una acción de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos de modo que dicha diferencia de relación aire-combustible pasa a ser más pequeña que el valor permisible predeterminado y, de ese modo, se vuelve a aprender dicho valor de corrección.
- 20
- 25 6. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 5, en el que, cuando dicho valor de corrección debe volverse a aprender, un intervalo de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos se hace temporalmente más largo o la acción de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos se detiene temporalmente.
- 30
7. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 3, en el que una cantidad de combustible que se alimenta a una cámara de combustión de motor se controla basándose en la señal de salida de dicho sensor (23) de relación aire-combustible de lado aguas arriba de modo que una relación aire-combustible de los gases de escape que se expulsan desde el motor pasa a ser una relación aire-combustible predeterminada.
- 35
8. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 3, en el que en dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape, el NO_x contenido en gases de escape y los hidrocarburos reformados reaccionan mediante lo cual se produce un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos y en el que el periodo de inyección de los hidrocarburos es un periodo necesario para la producción continuada del producto intermedio reductor.
- 40
9. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 8, en el que el periodo de inyección de los hidrocarburos es de 0,3 segundos a 5 segundos.
- 45
10. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 2, en el que cuando la cantidad de hidrocarburos que se alimentan desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos y que pasan a través del catalizador (13) de purificación de gases de escape supera un valor límite predeterminado, se considera que el catalizador (13) de purificación de gases de escape se ha degradado o existe una anomalía en la cantidad de inyección desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos.
- 50
11. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicho catalizador de metales preciosos está compuesto por platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.
- 55
12. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que una capa básica que contiene un metal alcalino, un metal alcalinotérreo, una tierra rara, o un metal que puede donar electrones al NO_x está formada sobre la superficie (50) de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape y en el que una superficie de dicha capa básica forma dicha parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica.
- 60

Fig.1

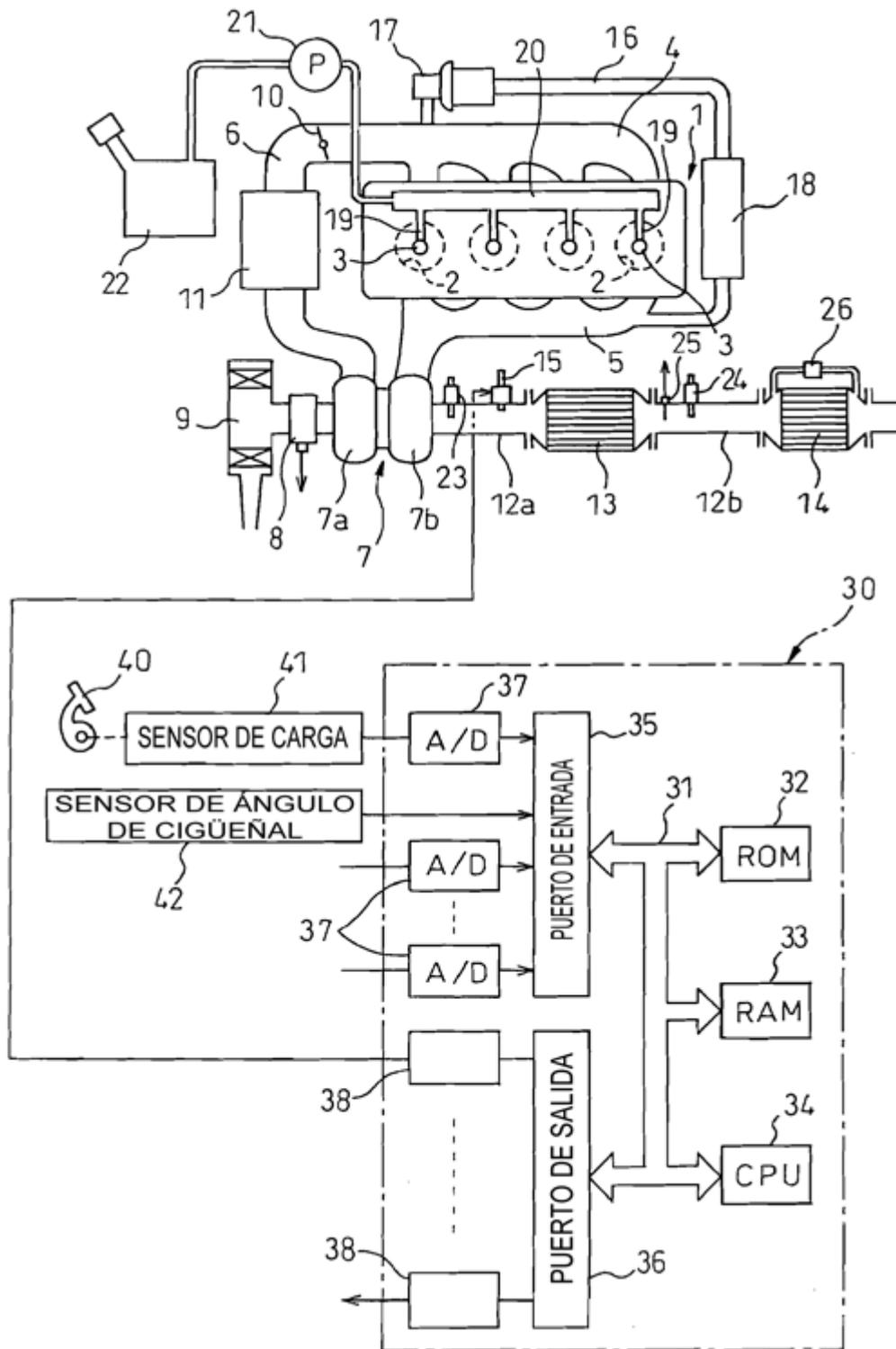


Fig.2

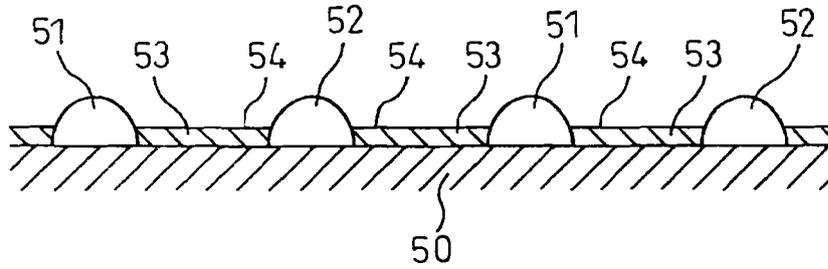


Fig.3

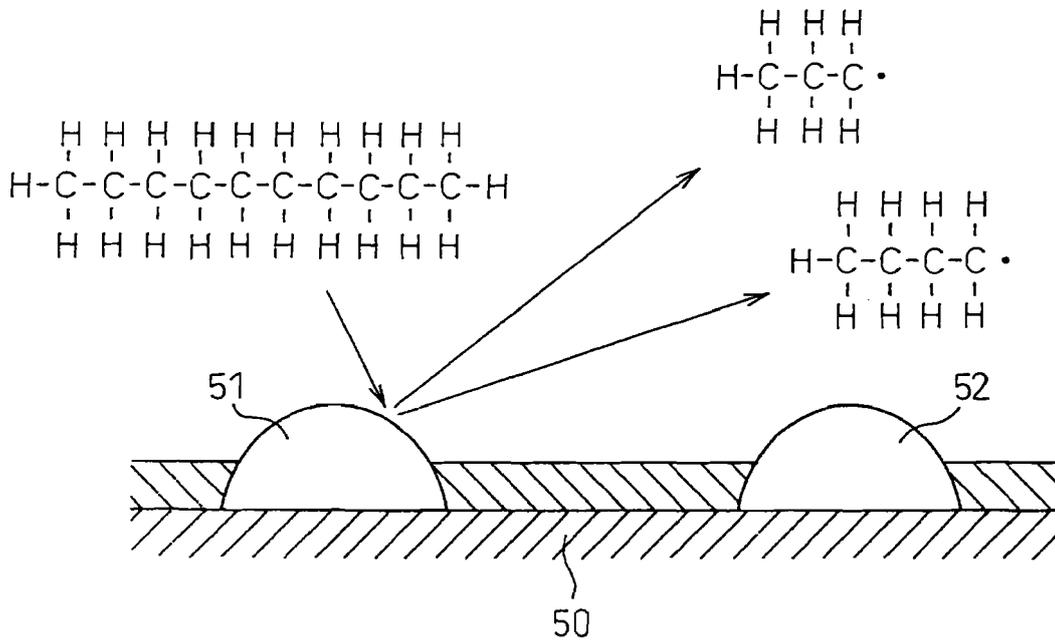


Fig.4

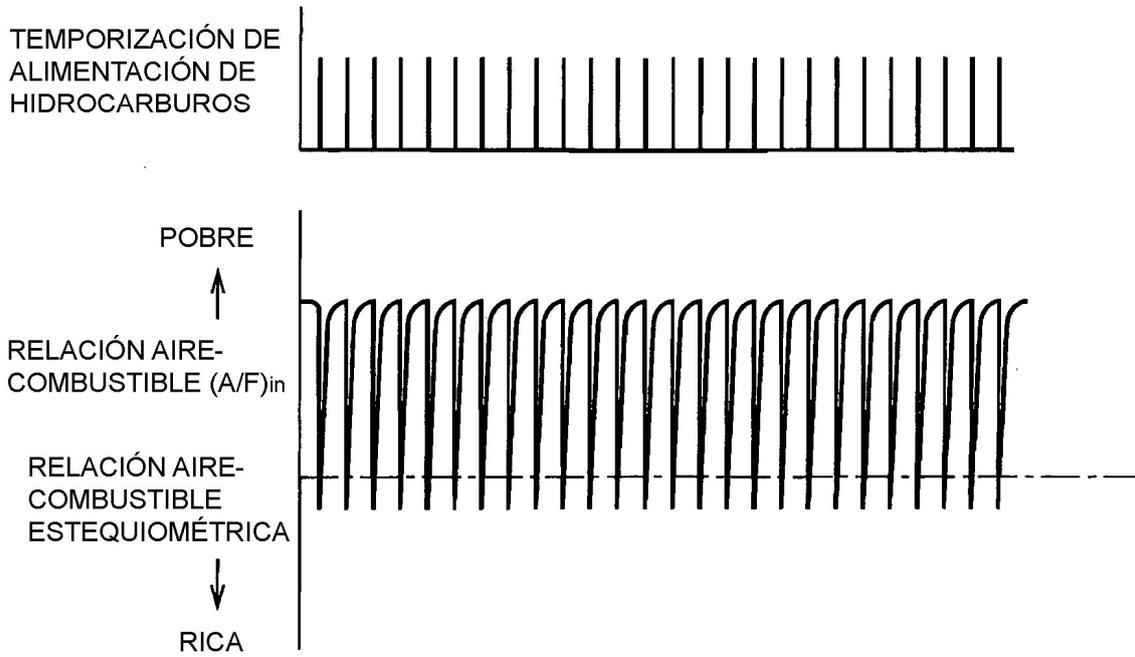


Fig.5

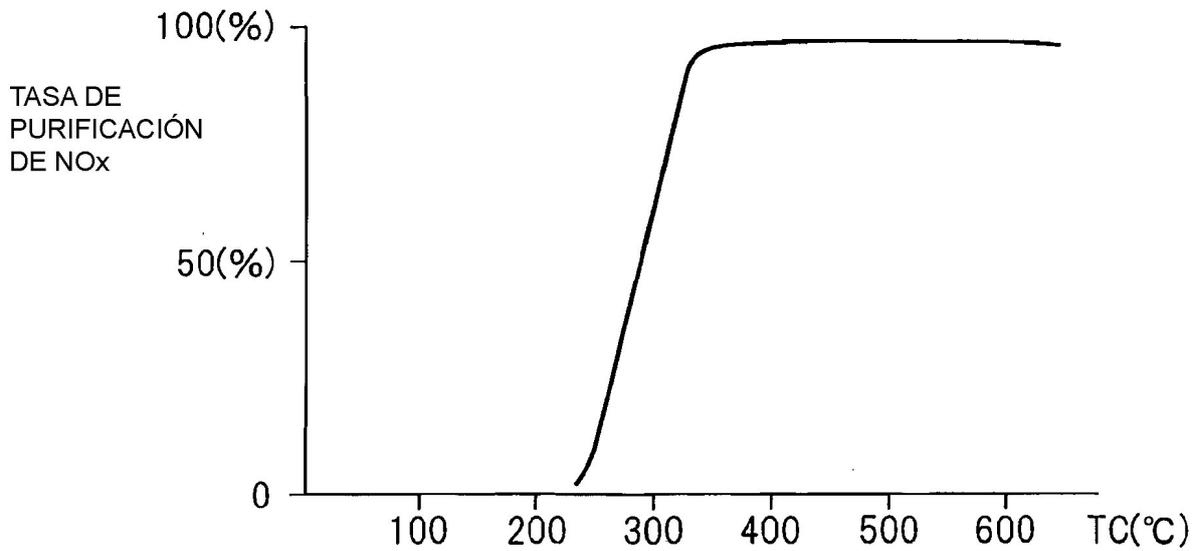


Fig.6A

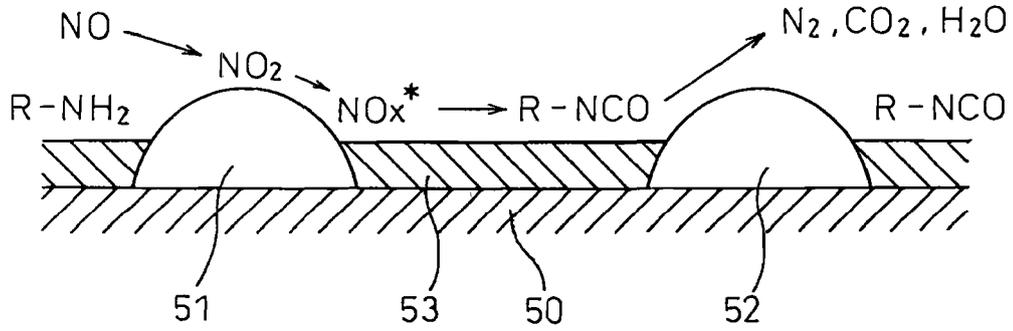


Fig.6B

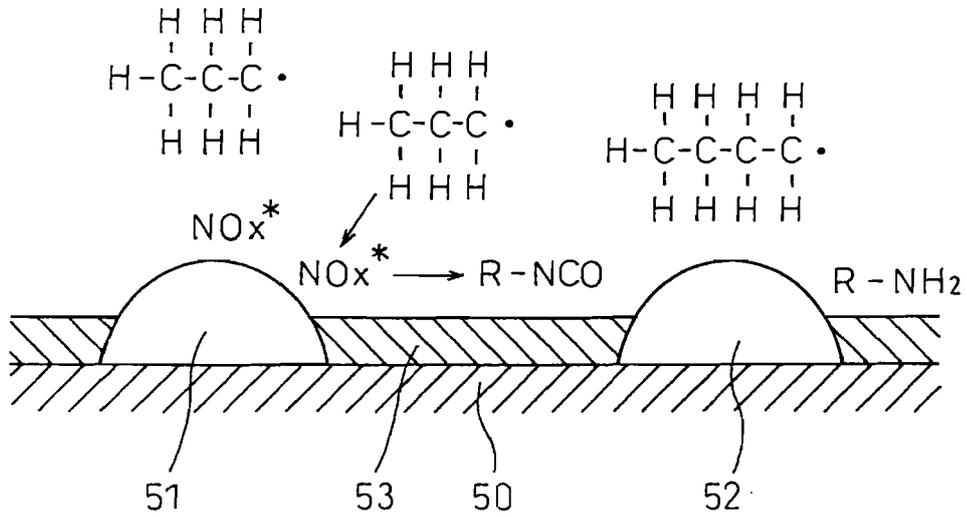


Fig.7A

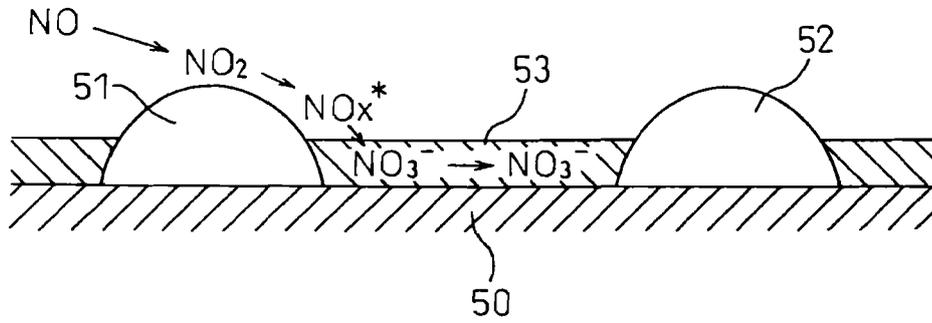


Fig.7B

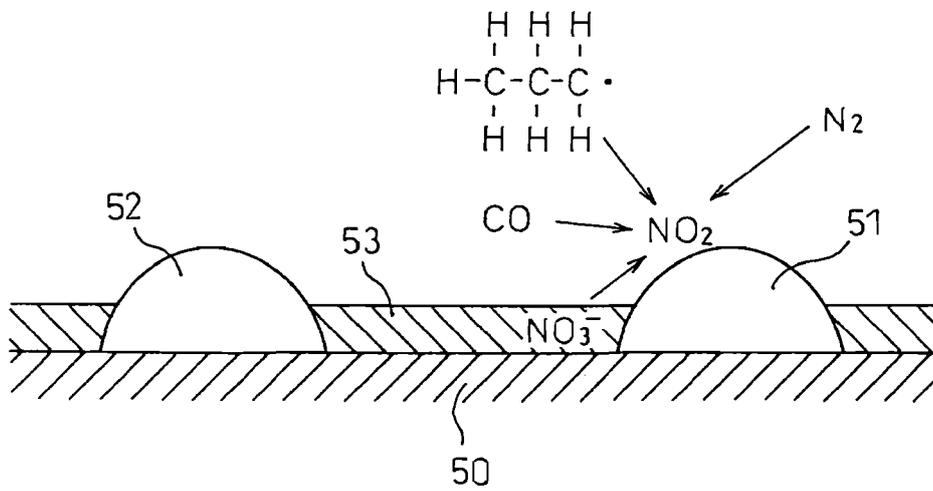


Fig.8

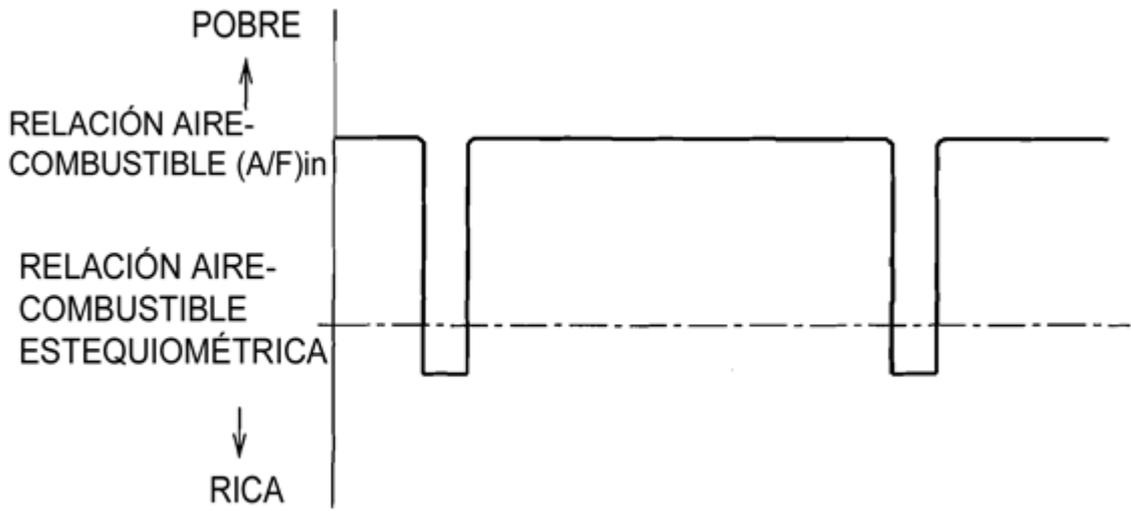


Fig.9

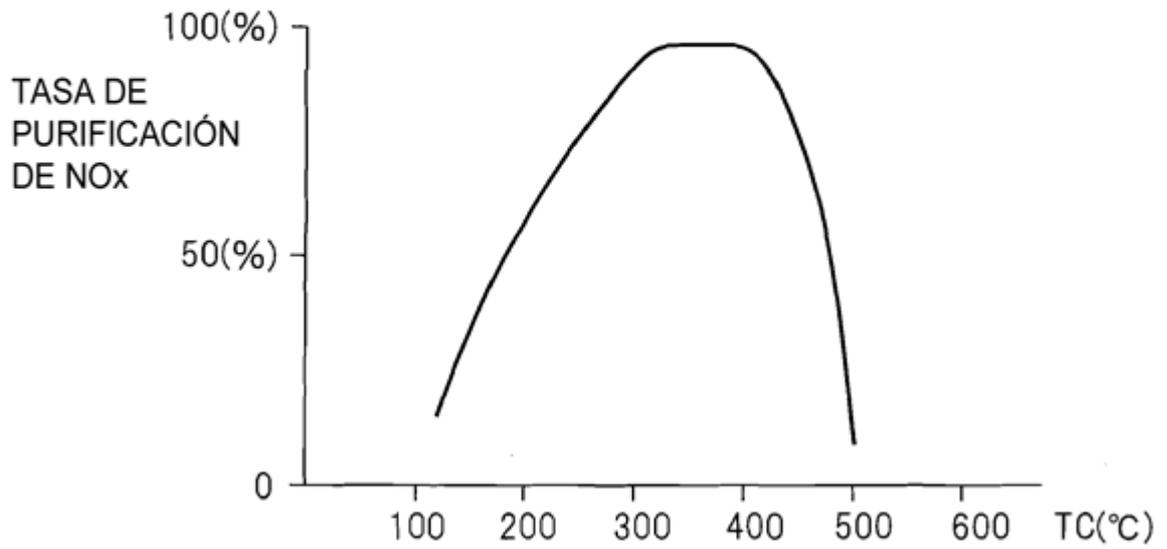


Fig.10

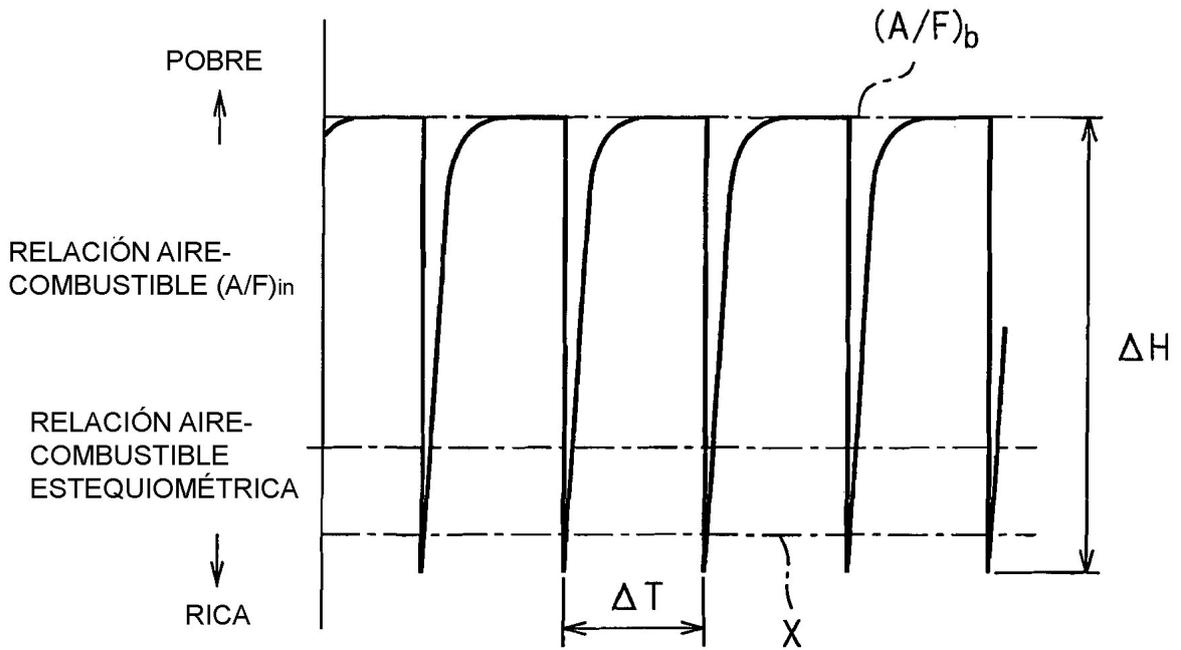


Fig.11

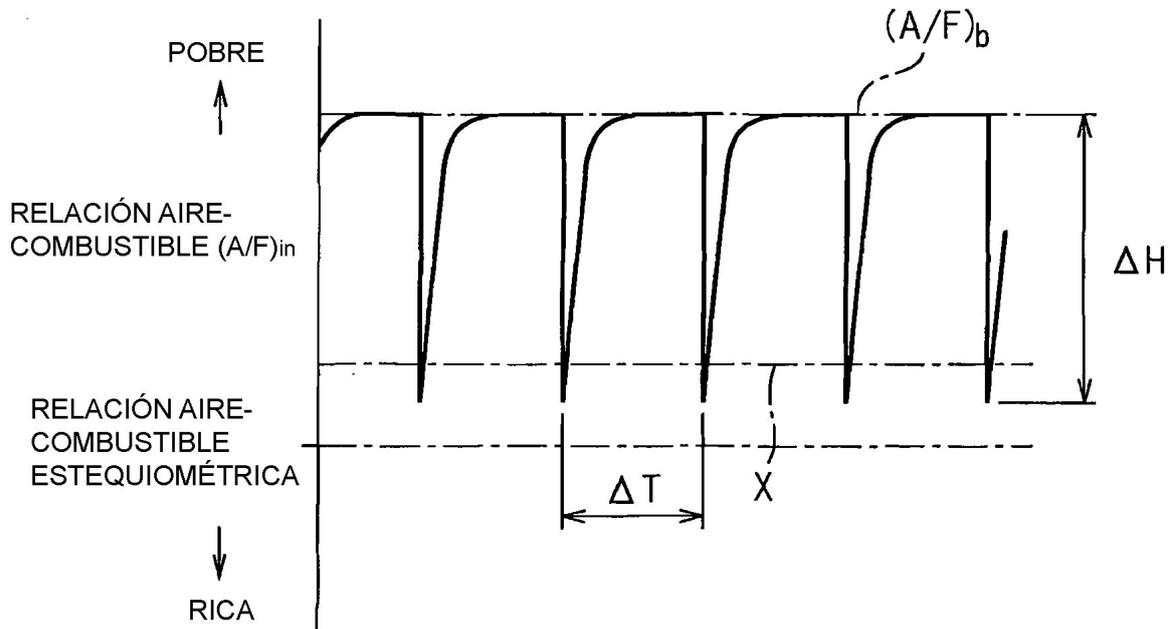


Fig.12

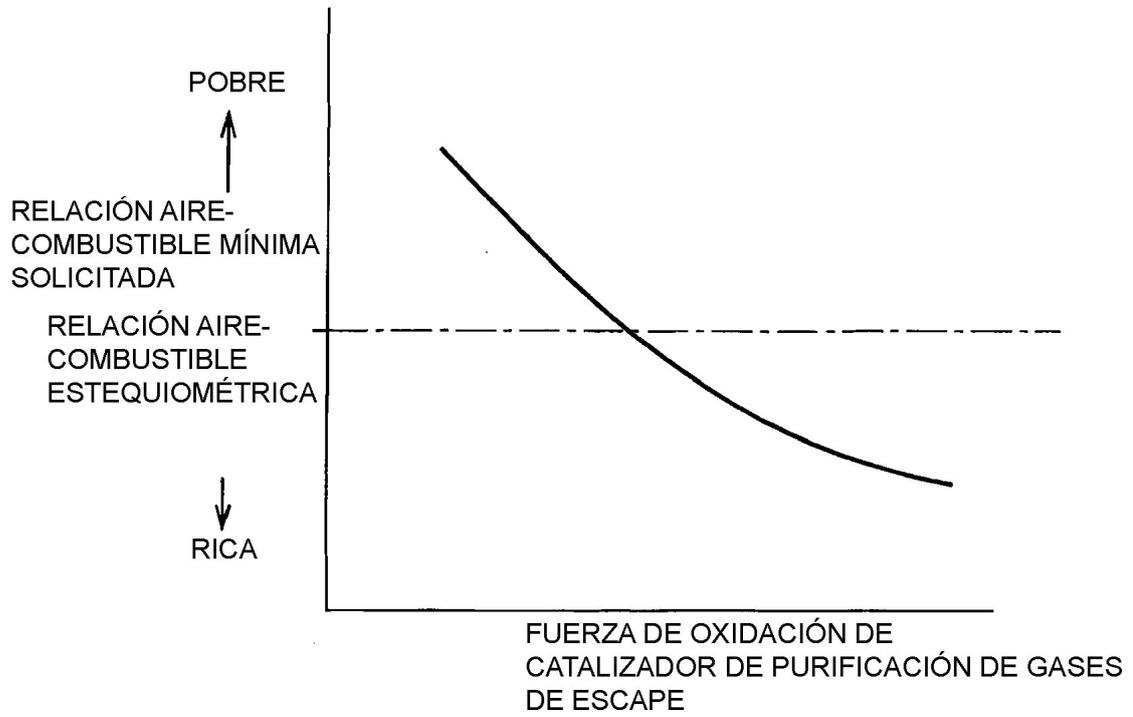


Fig.13

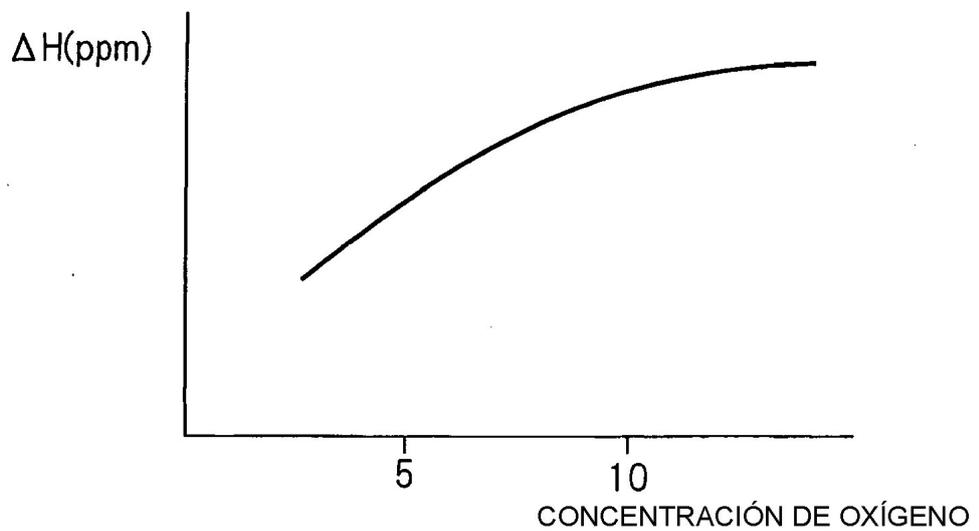


Fig.14

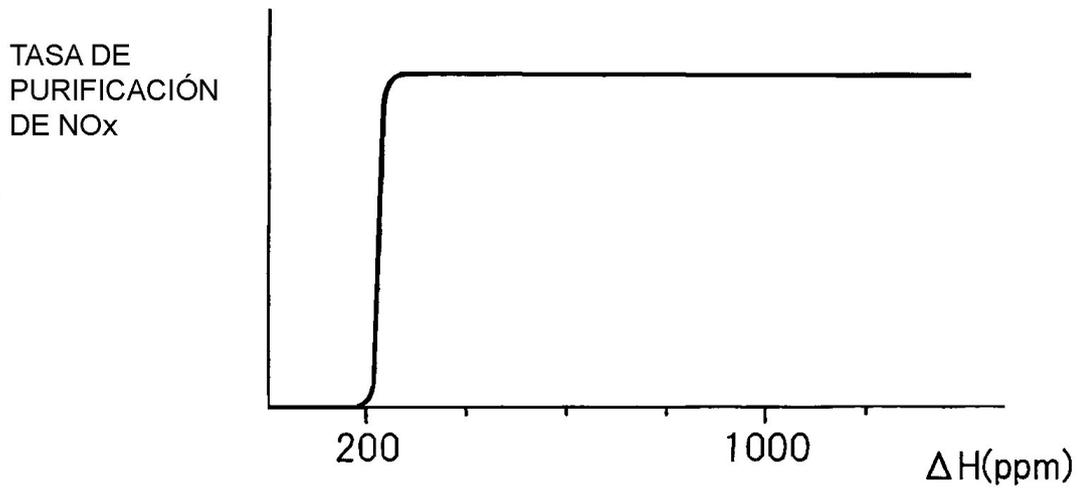


Fig.15

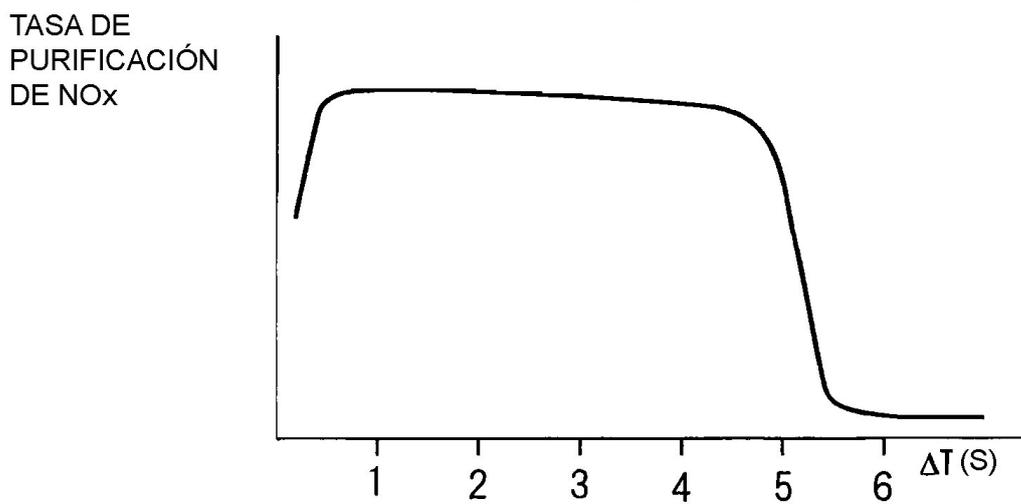


Fig.16

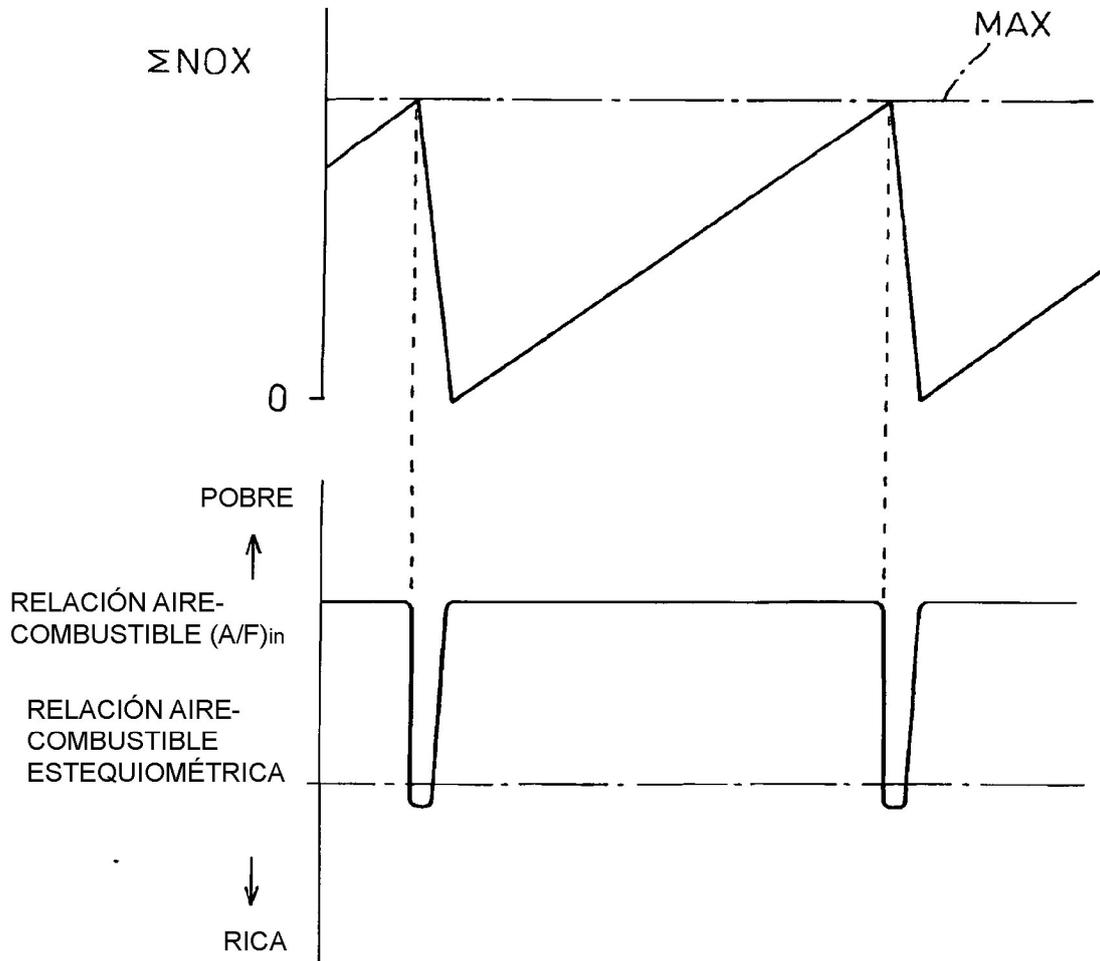


Fig.17

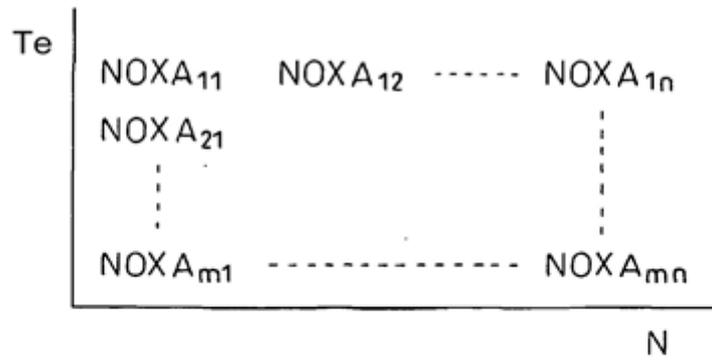


Fig. 18

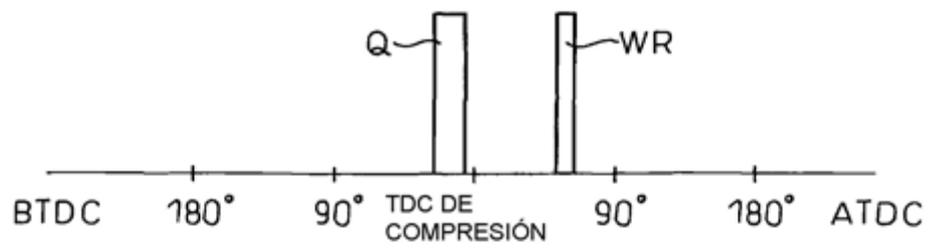


Fig. 19

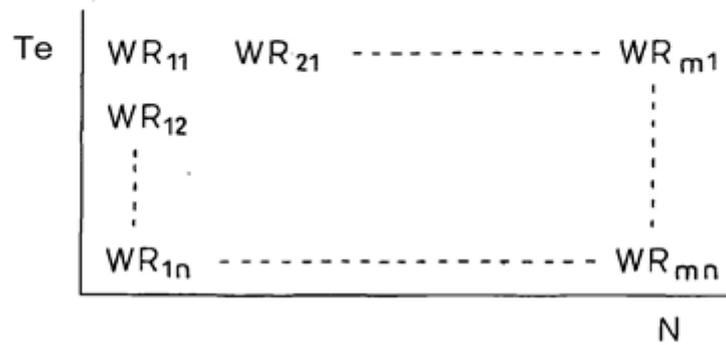


Fig.20A

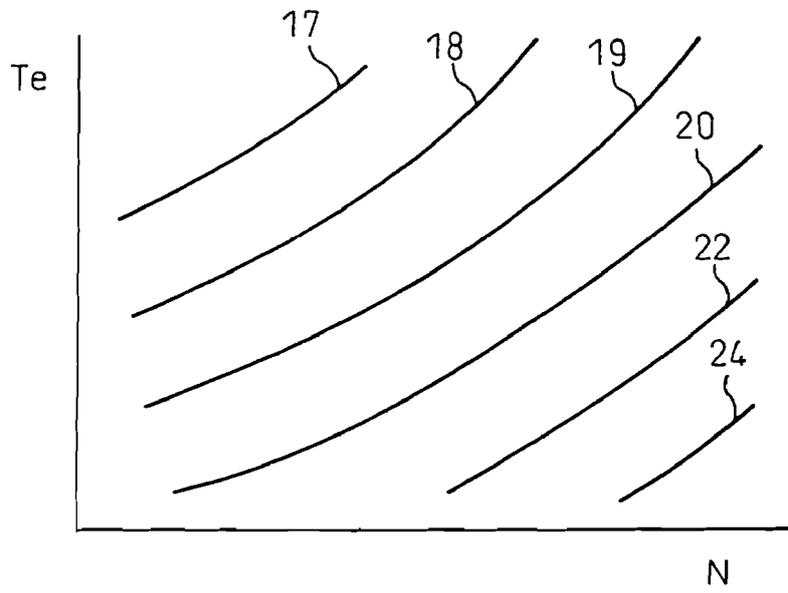


Fig.20B

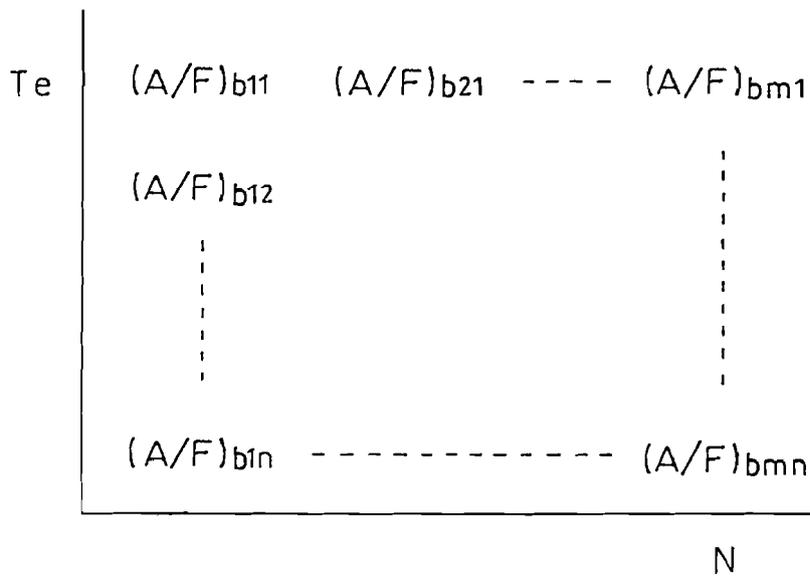


Fig.21A

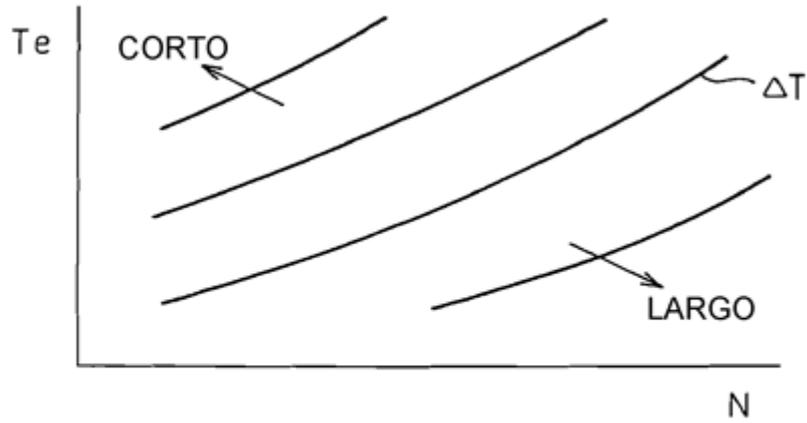


Fig.21B

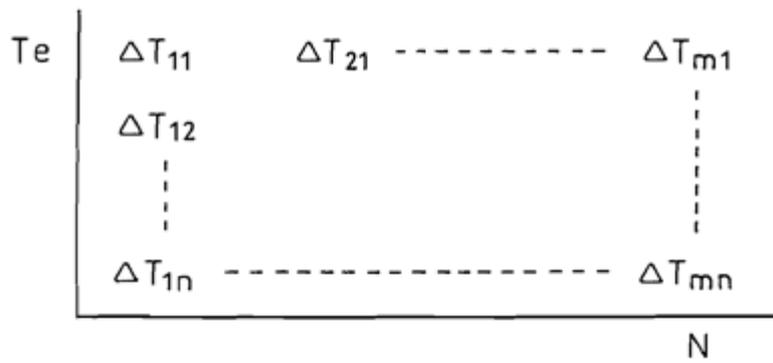


Fig.21C

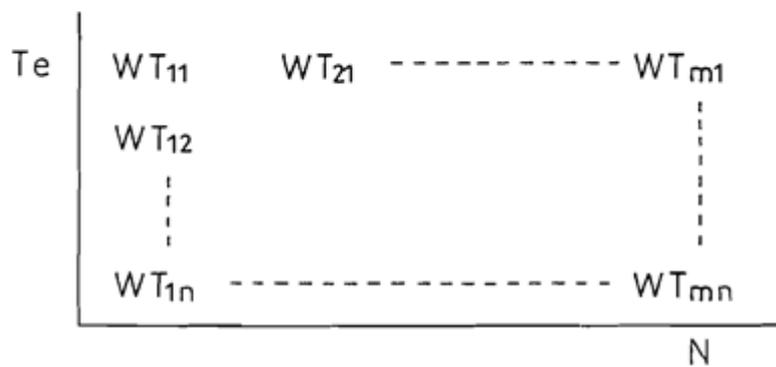


Fig.22A

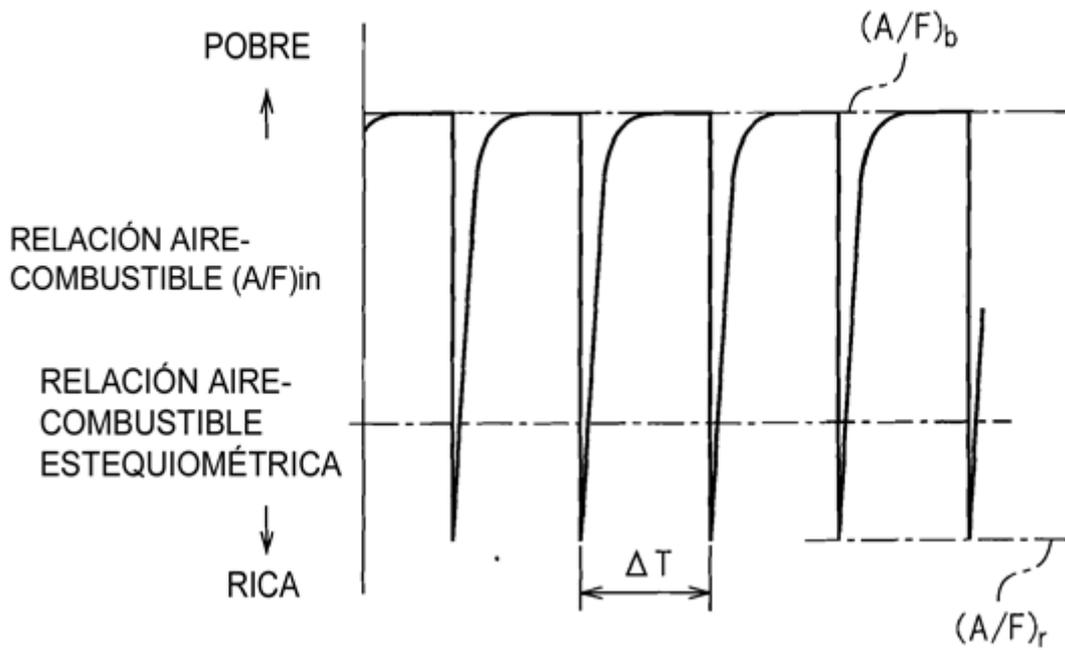


Fig.22B

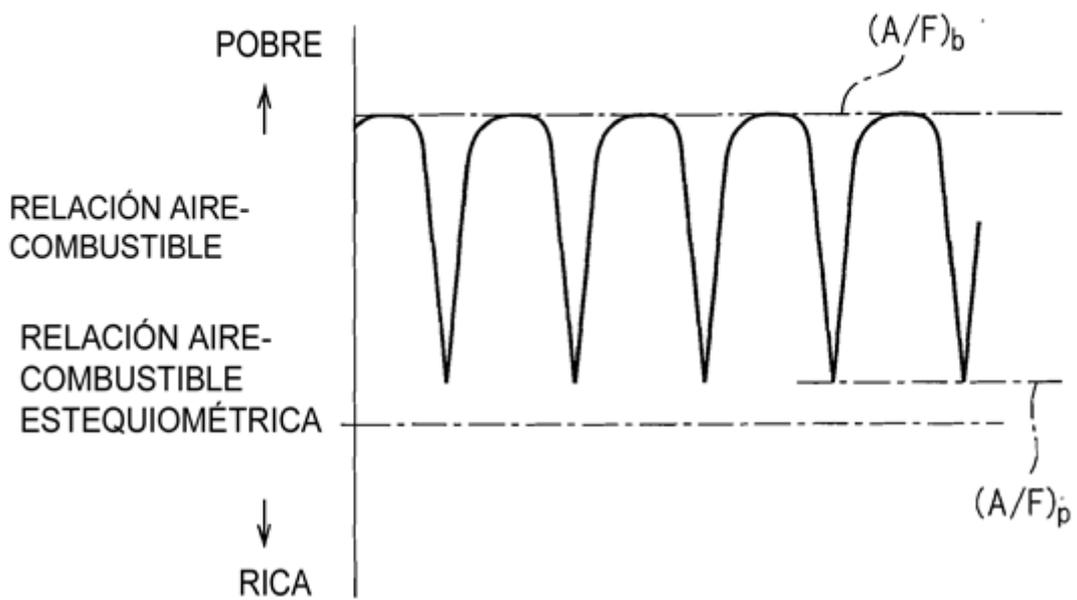


Fig.23

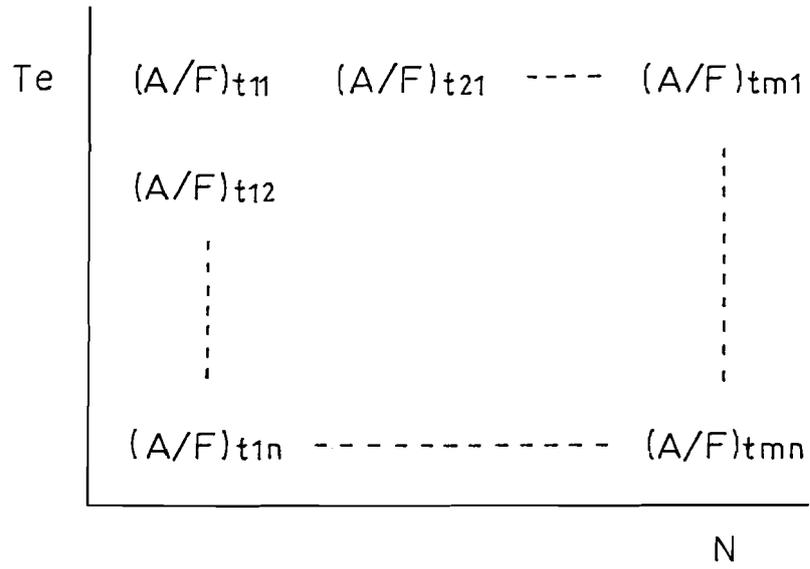


Fig.24A

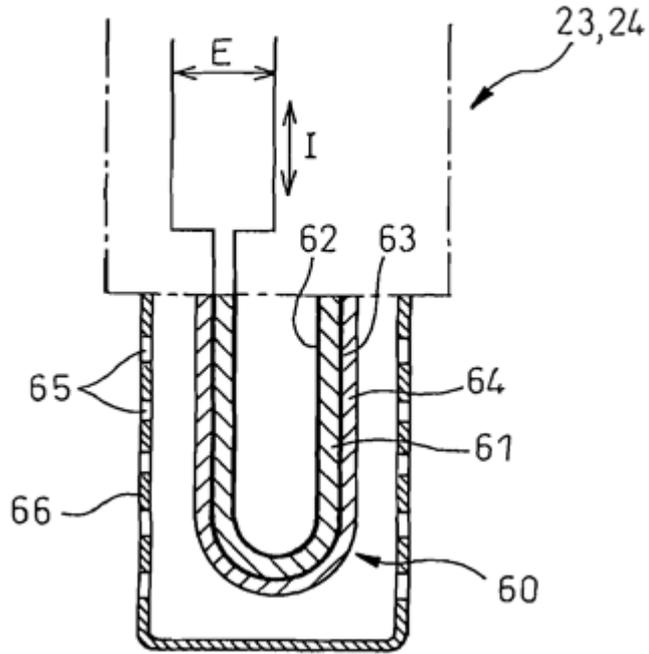


Fig.24B

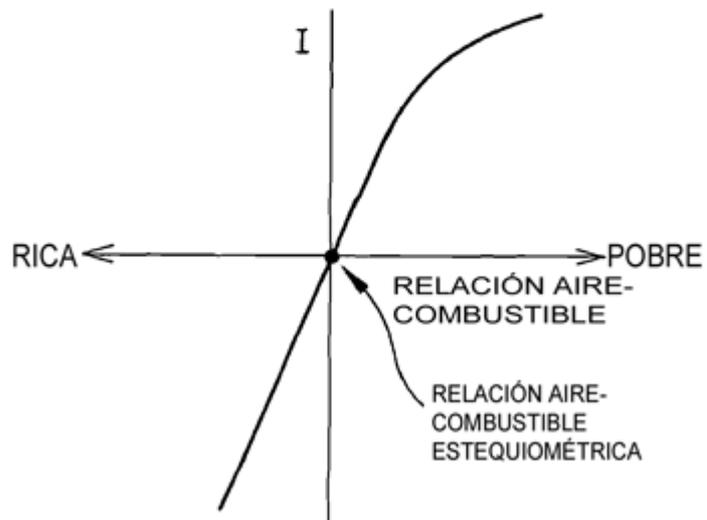


Fig.25A

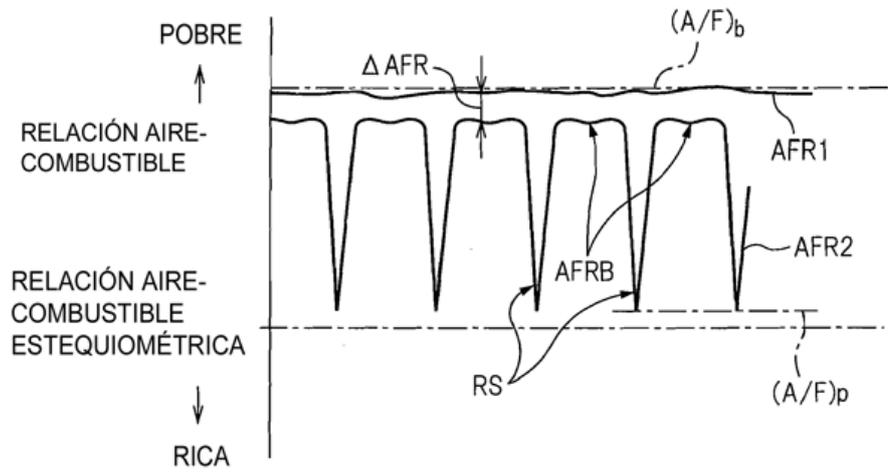


Fig.25B

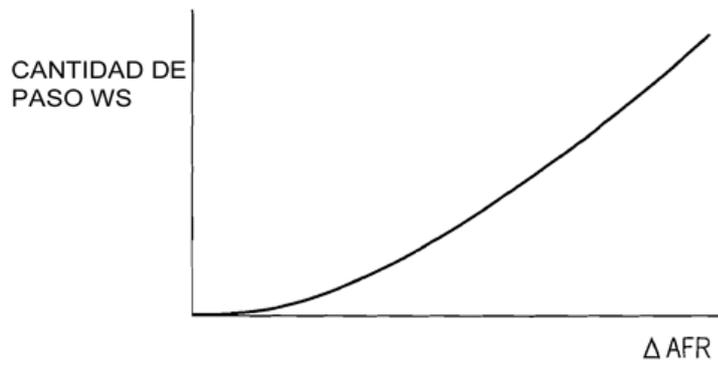


Fig.26A

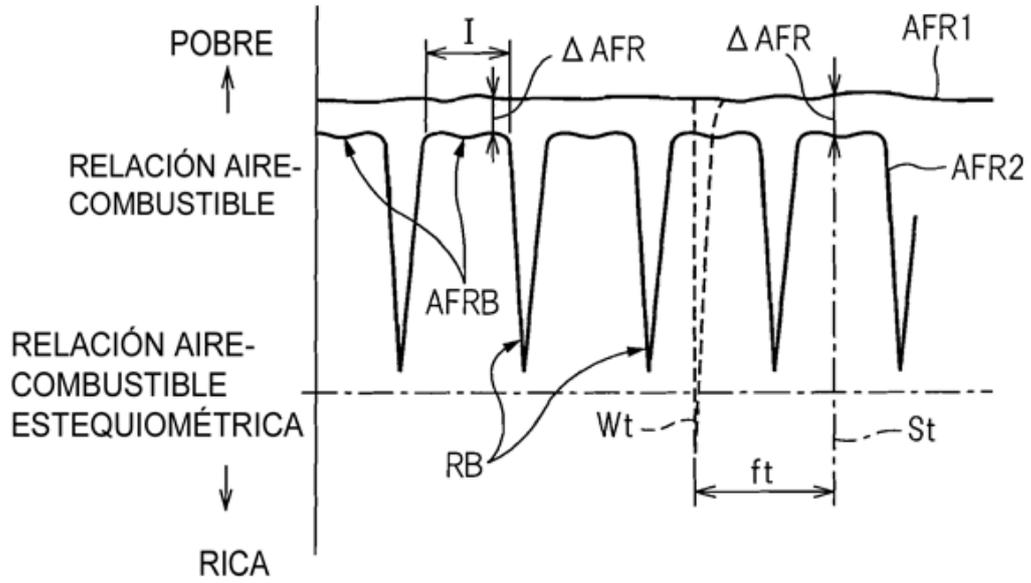


Fig.26B

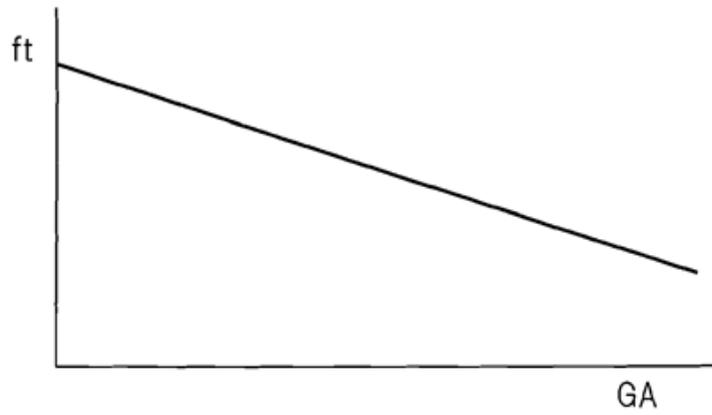


Fig.27

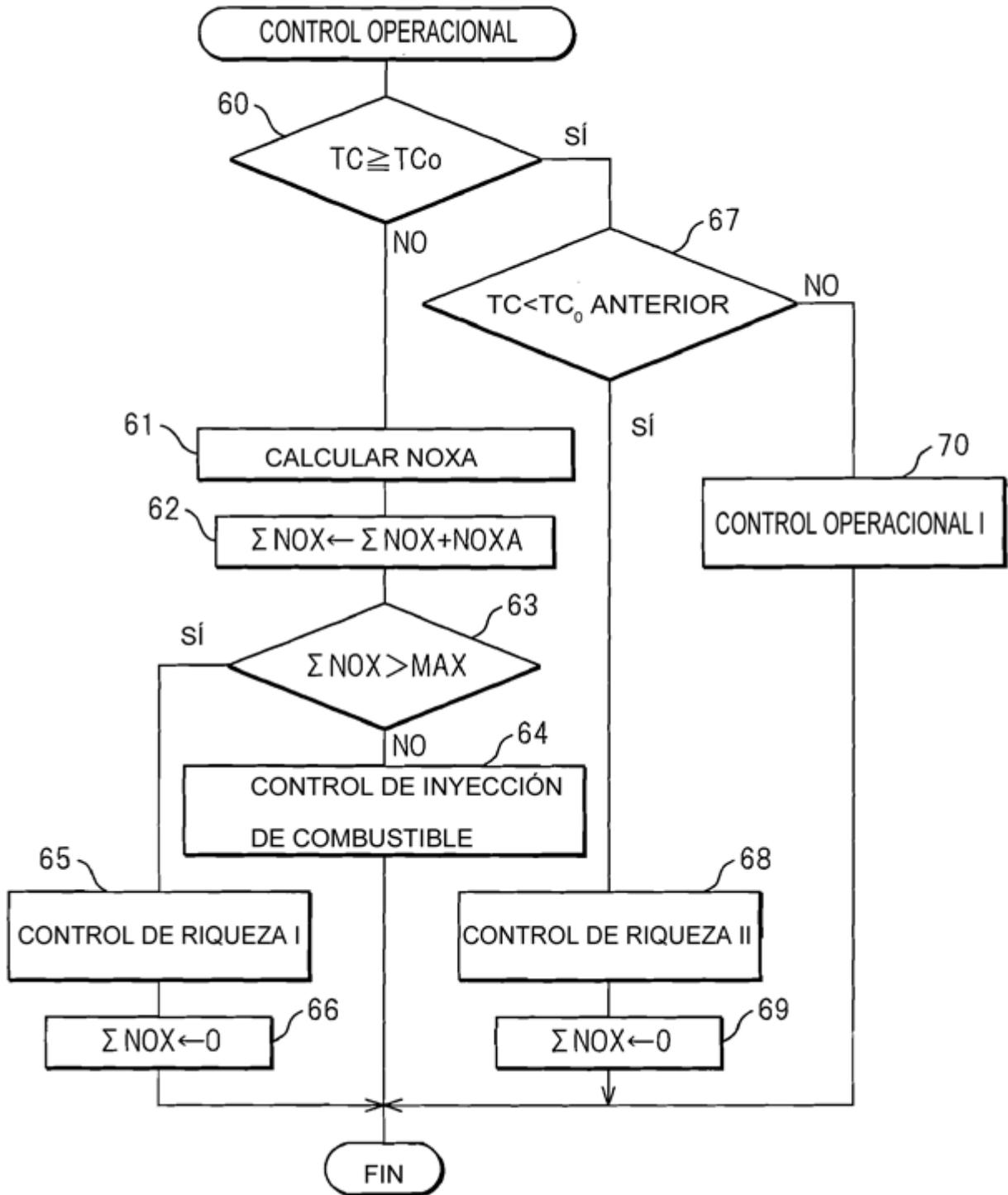


Fig.28

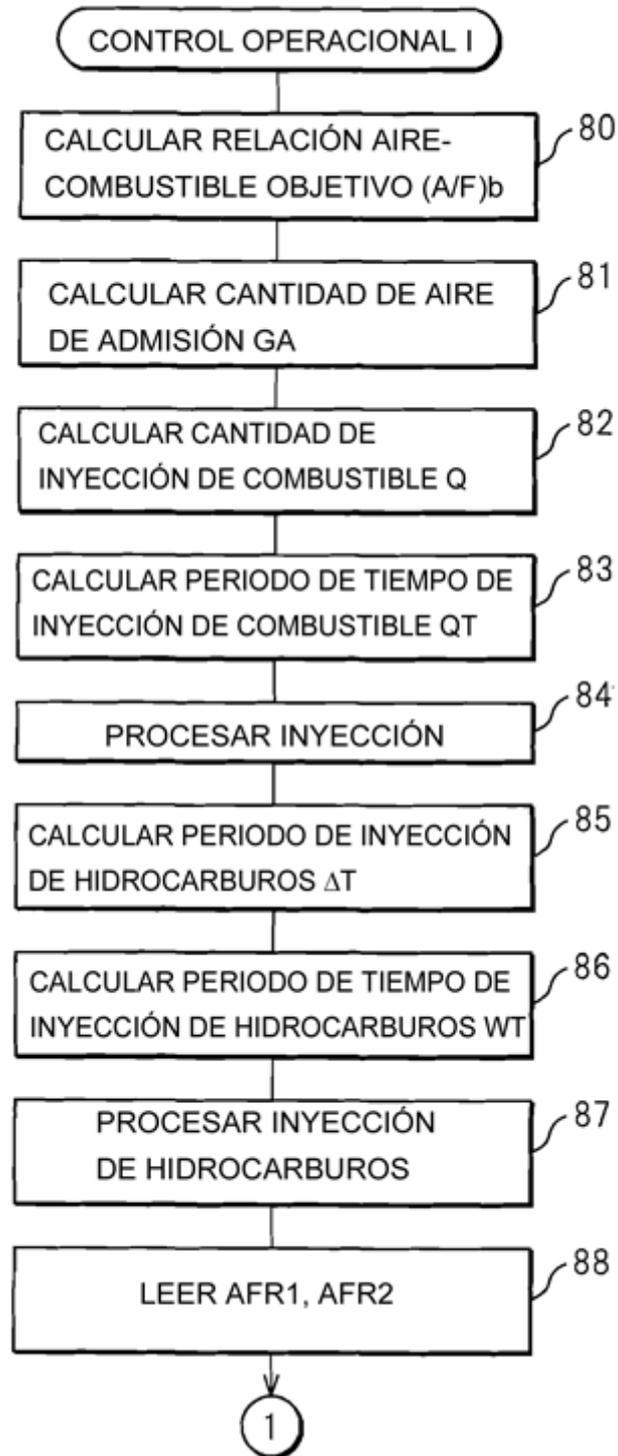


Fig.29

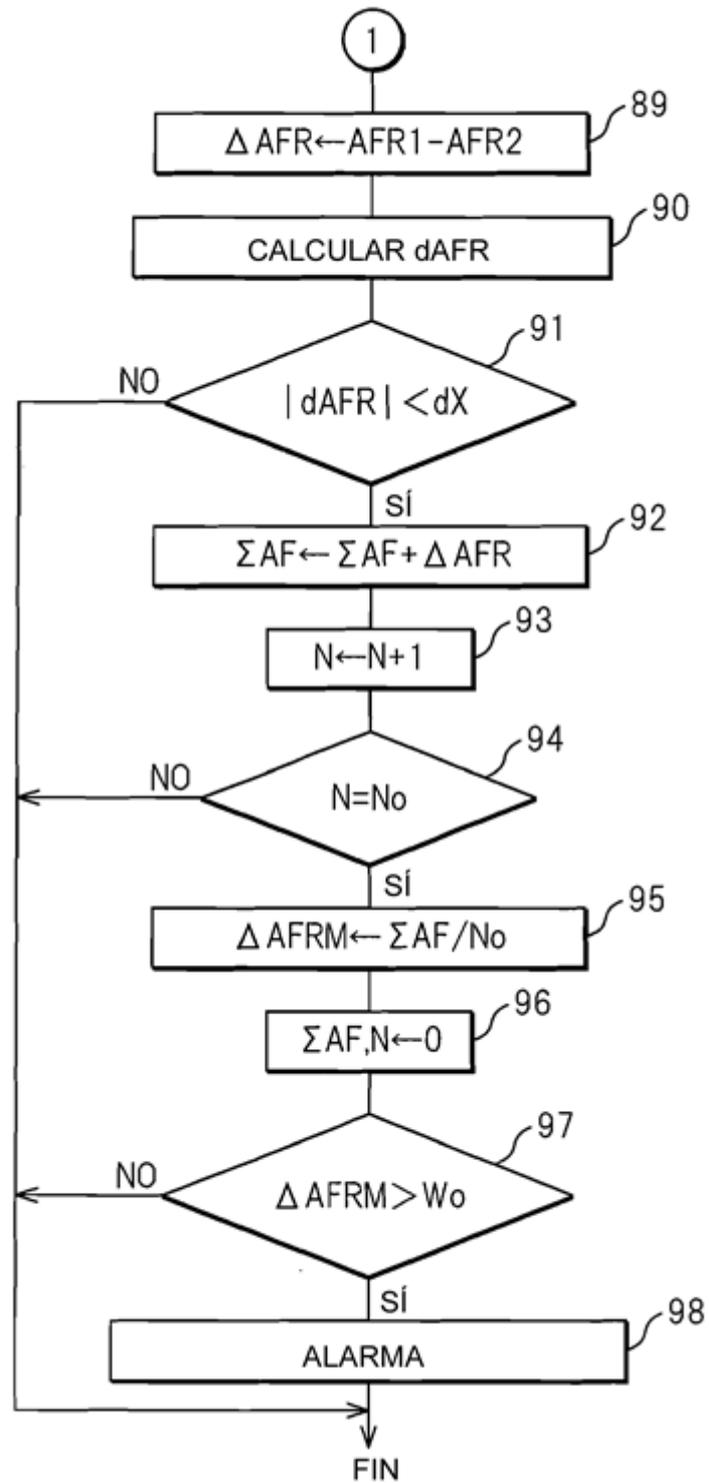


Fig.30A

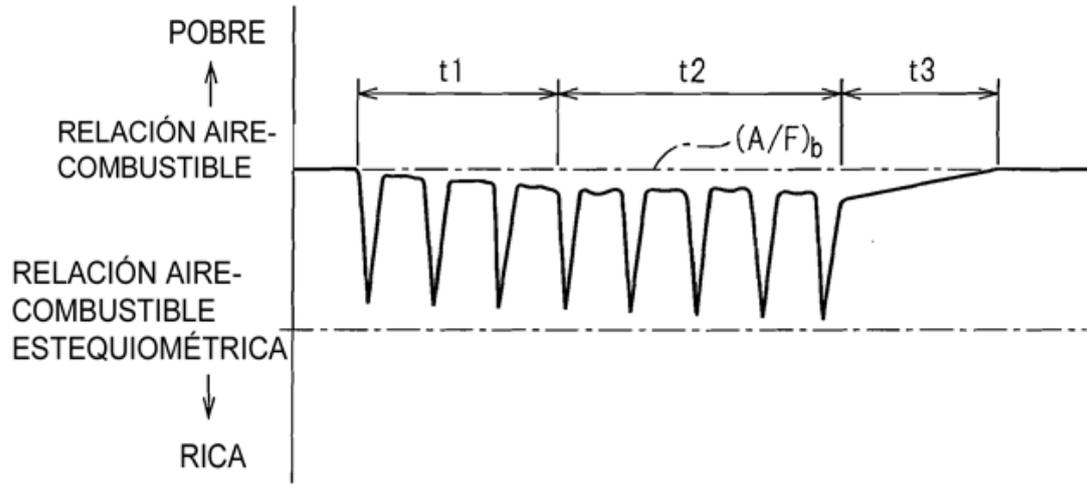


Fig.30B

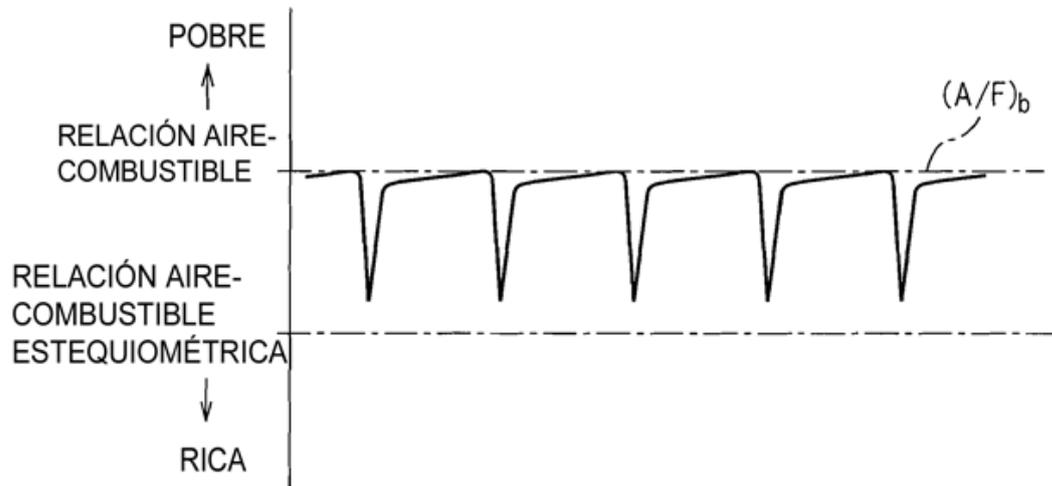


Fig.31

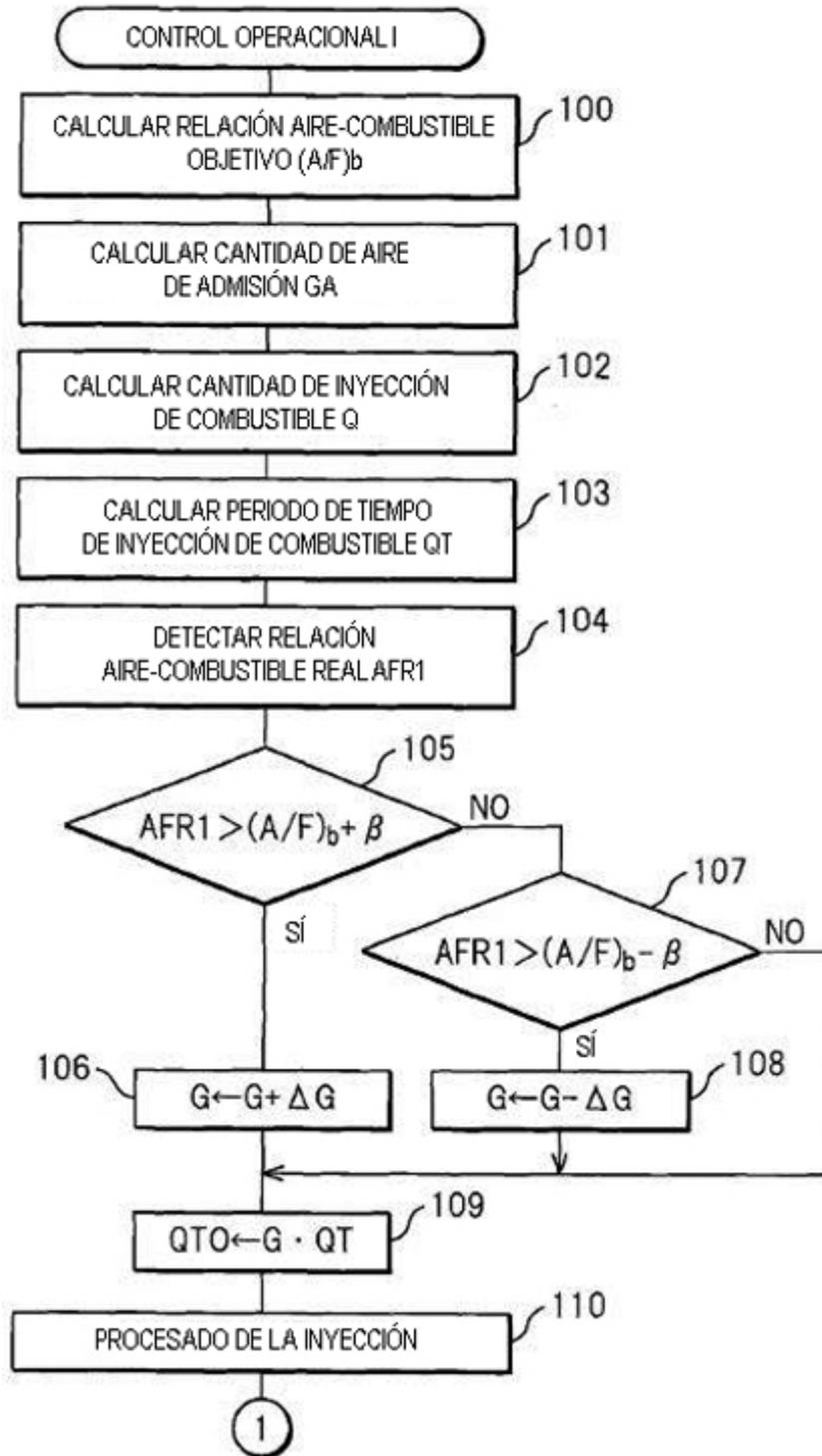


Fig.32

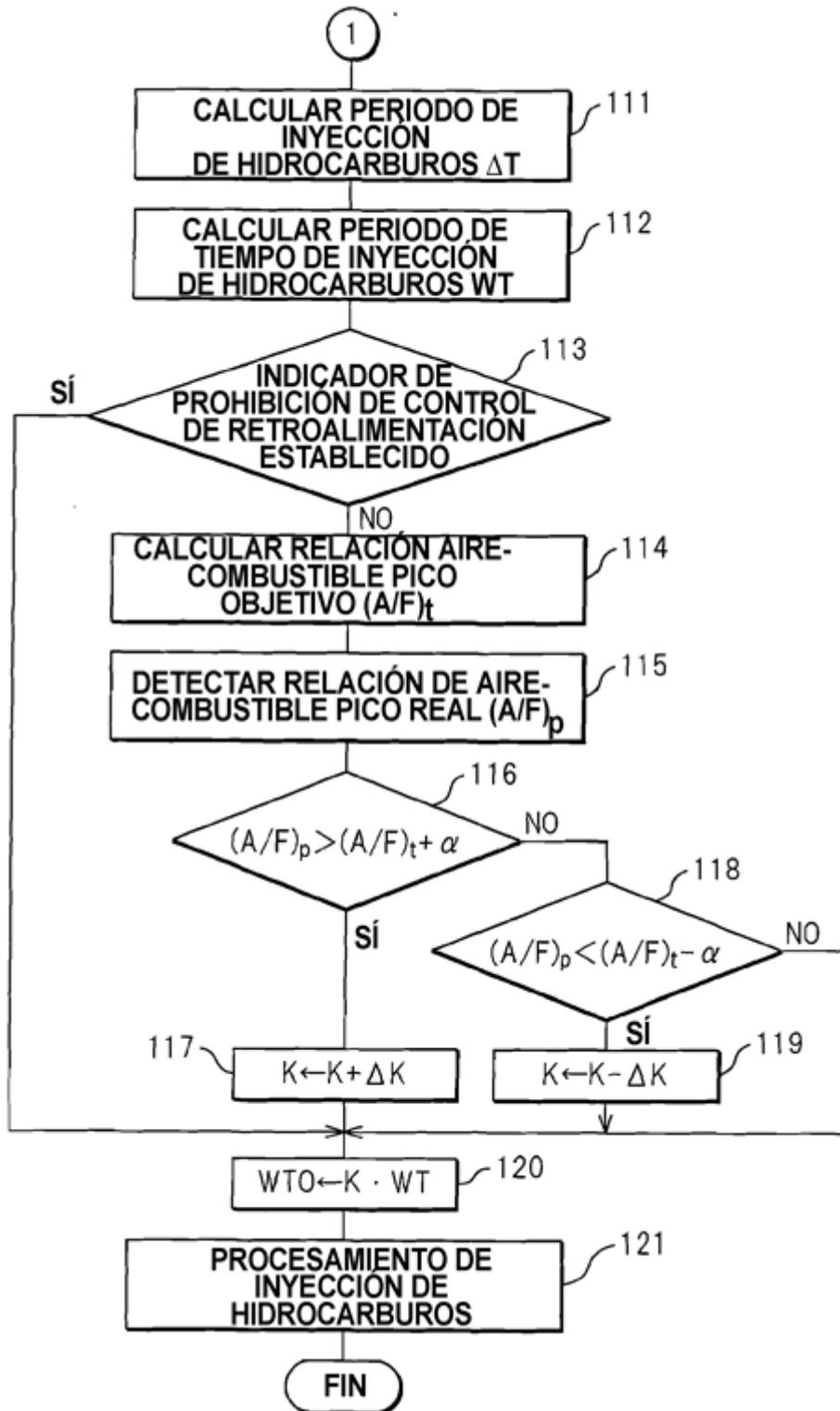


Fig.33

